

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

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

**Tezi Hazırlayan
Rıfat AKPANCAR**

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

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Mayıs 2019
NEVŞEHİR**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN danışmanlığında Rifat AKPANCAR tarafından hazırlanan “Nevşehir İl Merkezi Kuzey Bölümünün Jeoteknik Değerlendirmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Modellenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

10/05/2019

JÜRİ

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Üye : Doç. Dr. İsmail DİNÇER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 15./05/2019 tarih ve 2019.28.237 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Rifat AKPANCAR

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans tez çalışmamın en başından itibaren tez konusunun belirlenmesi ve yürütülmesi aşamasında bana yardımcı olan, bu süreç boyunca bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ORHAN'a, sonsuz teşekkür ederim.

Tezimin yönlendirilmesinde önerileriyle bana yol gösteren özellikle jeofizik verilerin değerlendirilmesi, yorumlanması ve sunulması sırasında her türlü desteği sağlayan Sayın Doç. Dr. Mutluhan AKIN'a,

Tezin bölümlerini gözden geçirerek çeşitli görüş ve önerileriyle destek veren Sayın Doç. Dr. İsmail DİNÇER'e,

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN'a, Doç. Dr. Feyza 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 ulaşmam da büyük yardımlarını gördüğüm Yer-Su Mühendislik firmasına ve Umut ERGÜL'e, Öges Mühendislik firmasına ve R. Özer SAVRAN'a,

ve hayatım boyunca yanımda olan, her zaman beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

NEVŞEHİR İL MERKEZİ KUZEY BÖLÜMÜNÜN JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Rıfat AKPANCAR

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

ÖZET

Ülkemiz gerek coğrafi gerek jeomorfolojik konumu nedeniyle doğal afetlerle yüz yüzedir. Doğal afetlerin, büyük can ve mal kayıplarına neden olduğu ülkemizde yerleşim alanlarının planlanmasında, zemin özellikleri açısından güvenli ve riskli olan bölgelerin tespit edilmesi oldukça önem arz etmektedir. Zeminlerin mühendislik açısından değerlendirilip bölgedeki değişimin gösterilmesinde değişik teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında Coğrafi Bilgi Sistemi sağladığı zaman, maliyet, görsellik, işlem kolaylığı gibi imkânları sayesinde diğerlerine göre üstünlük sağlamaktadır.

Nevşehir bölgesinin jeolojik açıdan temelini Kırşehir masifine ait Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Ortaköy Granitoidleri oluşturur. Bölgede Orta-Üst Miyosen'de başlayarak Kuvaterner sürecinde devam etmiş yoğun karasal volkanizma ürünleri olan Tuzköy, Yüksekli ve Ürgüp Formasyonları yer almaktadır. Bu birimlerin dışında volkanoklastik kayalar tüm bu birimleri örterek bölgede geniş yüzeylenme sunarlar.

Bu çalışma ile Nevşehir yerleşim alanında bulunan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hazırlanması amaçlanmaktadır. Çalışma Nevşehir yerleşim alanının kuzeyinde, yaklaşık 10 km²'lik bir alanda uygulanmış olup, 1/100.000 - 1/25.000'lik jeoloji haritası, 1/1.000 - 1/2.000 - 1/25.000'lik sayısallaştırılmış topografik haritalar, önceki çalışmalar, saha ve laboratuvar verilerinden yararlanılmıştır. Bu tez çalışmasında, sondaj verileri ile jeofizik çalışmalardan elde edilen veriler ışığında zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri altında bir veri tabanı oluşturmak suretiyle 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 ileriki yıllarda kullanılmak üzere yerel yönetim ve uygulayıcılara altlık oluşturması amacıyla farklı türde zon haritaları üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeoteknik Özellikler, Coğrafi Bilgi Sistemi, Zon Haritaları, Nevşehir

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN

Sayfa Numarası:73



GEOTECHNICAL EVALUATION OF NORTHERN PART OF NEVŞEHİR CITY CENTER AND MODELING WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Rıfat AKPANCAR

**NEVSEHİR HACI BEKTAS VELI UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

May 2019

ABSTRACT

Our country is prone to natural disasters due to its geographical and geomorphological position. It is very important to determine the regions that are safe and risky in terms of soil characteristics during the planning of settlements in our country where natural disasters cause loss of life and property. Various techniques are used to evaluate the variations in the region from the point of engineering. Among these techniques, Geographic Information System is advantageous over other techniques with respect to cost, visuality and ease of operation.

The geological basement of the Nevşehir region is the Paleozoic-Mesozoic aged Ortaköy granitoids of the Kırşehir massif. Tuzköy, Yüksekli and Ürgüp Formations, which are the products of intense terrestrial volcanism that erupted in Middle-Upper Miocene and continued in Quaternary, are located in the region. Beside these units, volcanoclastic rocks overlay all these units and present a wide exposure in the region.

The aim of this study is to determine the engineering properties of soils in the Nevşehir residential area and to prepare the geotechnical maps using Geographical Information Systems. The study was carried out in an area of approximately 10 km² in the north of the settlement area of Nevşehir. Geological maps of 1/100.000-1/25.000 scale as well as 1/1.000-1/2.000-1/25.000 scale digitized topographical maps, previous studies, field and laboratory data were employed as study material. In this thesis, the engineering properties of soils were determined in accordance with the data obtained from boreholes and geophysical studies and different types of geotechnical maps were prepared by creating a database under Geographical Information Systems. In this context; different types of zonation maps were produced such as Digital Elevation Model, Slope, Standard

Penetration Test (SPT), Shear Wave Velocity (V_{s30}), Ground Vibration Period (T_0), Soil Amplification and Soil Classification for the local authorities and practitioners to be used in the future.

Key Words: Geotechnical Properties, Geographic Information System, Zonation Maps, Nevşehir

Thesis Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN

Page Number:73



İÇİNDEKİLER

SAYFA

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
HARİTALAR DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xv
1. BÖLÜM.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Genel Bilgiler	2
1.2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Coğrafi Konumu	2
2. BÖLÜM.....	5
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Bölgede Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. Çalışma Konusu ile ilgili Yapılan Çalışmalar	9
3. BÖLÜM.....	11
MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Metot	11
4. BÖLÜM.....	13

ARAŞTIRMA BULGULARI	13
4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Özellikleri	13
4.2. Çalışma Alanının Stratigrafisi	14
4.2.1. Ortaköy Granitoyidi	16
4.2.2. Tuzköy Formasyonu.....	17
4.2.3. Ürgüp Formasyonu.....	17
4.2.3.1. Tahar Üyesi.....	18
4.2.3.2. Karadağ Üyesi.....	18
4.2.3.3. Kışladağ Üyesi	18
4.2.4. Çaltepe Bazaltı	18
4.2.5. Kızılırmak Çakıltası	20
4.2.6. Alacaşar Tüfü	20
4.2.7. Yamaç Molozu ve Alüvyon	21
4.3. Yapısal Jeoloji ve Depremsellik.....	22
5. BÖLÜM.....	26
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)	26
5.1. Veri Tabanının Oluşturulması	27
5.2. Topoğrafik Veriler.....	27
5.3. Arazi Deneyleri	27
5.3.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT).....	27
5.3.2. Jeofizik Çalışmalar	28
5.4. Laboratuvar Çalışmaları	28
6. BÖLÜM.....	30
ÇALIŞMA ALANININ CBS İLE MODELLENMESİ.....	30
6.1. Topoğrafya ve Eğim	31
6.2. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Haritaları	35

6.3.	Kayma Dalga Hız (Vs30) Haritası	44
6.4.	Çalışma Alanı Zemin Hakim Periyodu (T ₀) Haritası	47
6.5.	Zemin Büyütmesi Haritası.....	51
7.	BÖLÜM.....	56
	JEOFİZİK ÇALIŞMALAR GÖRE ZEMİN SINIFLAMASI.....	56
7.1.	Yerel Zemin Sınıfı Haritası	56
7.2.	NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Programme) Zemin sınıflaması Haritası	59
8.	BÖLÜM.....	62
	SONUÇ VE ÖNERİLER	62
	KAYNAKLAR	66
	ÖZGEÇMİŞ	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1	Nevşehir ve çevresinde oluşan depremlerin yıllara göre en büyük yüzey dalgası (Ms) magnitüdüleri (1900-2005; $M \geq 4.0$)	23
Tablo 6.1.	Eğim haritalarında kullanılabilecek eğim kategorileri [41].	32
Tablo 6.2.	Kritik şev değerleri [42].	32
Tablo 6.3.	Standart penetrasyon direnci ve izafi sıkılık arasındaki ilişkiler [45] (Sivrikaya ve Toğrol 2009"dan alınmıştır)	35
Tablo 6.4.	Dalga hızları zemin tanımlamaları [57]	45
Tablo 6.5.	Zemin sınıflandırması ve zemin hâkim periyodu (Türkiye deprem şartnamesi, 1975)	48
Tablo 6.6.	(a) Zemin hakim titreşim periyotları ölçütleri (b) spektral büyütme ölçütleri [60]	48
Tablo 6.7.	Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme ilişkileri [61-63]	52
Tablo 6.8.	Çeşitli jeolojik birimlere göre Borchardt & Gibbs (1976), Shima (1978) ve Midorikawa (1987) tarafından verilen bağıl büyütme katsayıları [61-63] ...	52
Tablo 7.1.	Türkiye afet yönetmenliğine göre zemin grupları [67]	57
Tablo 7.2.	Türkiye afet yönetmenliğine göre yerel zemin sınıfları [68]	57
Tablo 7.3.	NEHRP'e göre zemin sınıflama kriterleri [69]	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait harita katman görüntüleri.....	12
Şekil 4.1. Nevşehir civarı deprem magnitüdlerin yıllara göre dağılımı	24
Şekil 5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri işleyiş şeması	26
Şekil 5.2. Çalışma alanı içerisindeki ölçüm noktaları	29
Şekil 6.1. Bölgenin morfolojik yapısını gösteren üç boyutlu arazi modeli	33
Şekil 6.2. İnceleme alanı eğim haritası.....	34
Şekil 6.3. Çalışma alanının sondaj lokasyonları ve SPT profil kesit hatları	36
Şekil 6.4. Yüzeyden 3 m derinlik için SPT Zon haritası	39
Şekil 6.5. Yüzeyden 6 m derinlik için SPT Zon haritası	40
Şekil 6.6. Yüzeyden 9 m derinlik için SPT Zon haritası	41
Şekil 6.7. Çalışma alanından alınan A-A' SPT kesitleri	42
Şekil 6.8. Çalışma alanından alınan B-B' C-C' D-D' SPT kesitleri	43
Şekil 6.9. Çalışma alanı kayma dalga hız (Vs30) haritası.....	46
Şekil 6.10. Çalışma alanı zemin hakim periyodu (T_0) haritası.....	50
Şekil 6.11. Kayma dalgası hızına bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü [62-64].....	53
Şekil 6.12. Çalışma alanı zemin büyütmesi haritası.....	55
Şekil 7.1 Çalışma alanının yerel zemin sınıfı haritası	58
Şekil 7.2. Çalışma alanının NEHRP hükümlerine göre zemin sınıfı haritası.....	61

RESİMLER DİZİNİ

Resim 4.1. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Ortaköy Granitoyidi	16
Resim 4.2. Çalışma alanından Çaltepe Bazaltlarına ait bir görünüm.....	19
Resim 4.3. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Alacaşar Tüfü'ne ait bir görünüm	20
Resim 4.4. Çalışma alanı içerisindeki temel kazısında gözlenen Alüvyon birim	21



HARİTALAR DİZİNİ

Harita 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	4
Harita 4.1. Çalışma alanının ayrıntılı jeoloji haritası (Atabey, 1989'den değiştirilerek alınmıştır)	15
Harita 4.2. Bölgenin yapısal jeoloji haritası: (1) Temel Kayaçlar, (2) Ana Volkanik Kompleksler, (3) İgnimbirit ve Sediman Çökeller, (4) Monogenetik Kuvaterner Volkanizma, (5) Büyük Volkanik Kompleksler, (6) Alüvyal Çökeller, (7) Fay (Pasquare ve diğerleri.1988; Le Pennec ve diğerleri, 1994'den değiştirilerek alınmıştır).....	22
Harita 4.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).....	25

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
B	: Maksimum Büyütme
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Dr	: Rölatif Sıklık
F1, Fs	: Yerel Zemin Etki Katsayıları
GIS	: Geographic Information System
h₁	: En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı
kPa	: Kilopaskal
KVB	: Kapadokya Volkanik Bölgesi
M	: Deprem Büyüklüğü (Magnitüd)
Ms	: Deprem Yüzey Dalgası Büyüklüğü
n	: Zemin Büyütmesi
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Programme
N₆₀	: %60 Enerji Oranında Düzeltilmiş SPT Değeri
PGA	: En Büyük Yer İvmesi
PGV	: En Büyük Yer Hızı
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

S_s	: Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı
S₁	: 1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı
S_{DS}	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_{D1}	: 1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
T₀	: 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
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
Z1-Z4	: Yerel Zemin Sınıfları

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tüm dünyada yerleşim alanlarının planlanmasında, zemin özellikleri açısından güvenli ve riskli olan bölgelerin tespit edilmesinin gerekliliği, özellikle deprem, heyelan vb. doğal afetler göz önüne alındığında oldukça önem arz etmektedir. Ülkemiz gerek jeolojik gerekse jeomorfolojik konumu ile birçok doğal afetler ile yüz yüzedir. Özellikle, 1999-Marmara Depreminden sonra, yapılaşma öncesinde, yapı-zemin-çevre analizlerinin yapıldığı, ağırlıklı olarak yerel ölçekli mühendislik çalışmalarının önemi ve gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Yapılaşma alanlarında meydana gelebilecek deprem gibi bir doğal afetin oluşturacağı etkileri önceden tahmin edebilmek ve doğal afetler sonucu oluşabilecek zararları en aza indirebilmek veya ortadan kaldırmak, o bölgenin jeolojik ve tektonik özelliklerini iyi tanımlamaktan ve iyi değerlendirmekten geçmektedir. Bu da yapılaşma öncesinde, gerekli zemin araştırmaları yapılarak, zeminin mühendislik özelliklerinin yanı sıra, dinamik, yerel ve çevresel afetlerin, olası tehlike ve risklerinin analiz edilmesiyle sağlanabilir. Ayrıca bu özelliklerin bilinmesi ile yeni yerleşim alanları için imar planlarının oluşturulup yanlış arazi kullanımı önlenir. Bu amaçla yapılan çalışmalar, kentte uygulanacak imar planlarının önemli bir altlığını da oluşturmaktadır.

Arazi planlamasına yönelik zemin araştırmalarında; zemin koşullarını açıklayan parametrelerin bölgedeki değişiminin belirlenmesi ve bu parametrelerin analiz edilip aralarındaki ilişkilerin anlaşılması gerekmektedir. Bütün bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi ve uygulanabilmesi için kullanılan en iyi araçlardan birisi de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür [1].

Çalışma alanının, gerek yerleşime uygunluğunun gerekse doğal afet riskinin değerlendirilmesi amacı ile mühendislik açısından önem arz eden temel zemin mühendislik özellikleri ortaya konularak, toplam 71 adet sondaj verileri ile 40 adet

sismik kırılma çalışmasına ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, bölgede zemin etüd vb. faaliyetler gösteren çeşitli firmalardan temin edilmiştir. Arazide, laboratuvarda ve büroda yapılan çalışmaların ürünü olan bu veriler, çalışmamızın veri tabanını oluşturmuştur.

Çalışmada, elde edilen veriler ve araştırma bulgularının sonuçları kullanılarak;

- Bölgenin üç boyutlu morfolojik yapısı,
- Çalışma alanının eğim haritası,
- Bölgenin jeoloji haritası,
- Çalışma alanının arazi uygulamaları (sondaj, sismik ölçümler) lokasyon haritaları,
- Çalışma alanının 3-6-9 m'lerdeki standart penetrasyon testi (SPT) zon haritaları,
- Çalışma alanının 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hız (V_{s30}) haritası,
- Çalışma alanının zemin hakim titreşim periyodu (T_0) haritası,
- Çalışma alanının zemin büyütme haritası,
- Çalışma alanının yerel zemin sınıfı haritası,
- Çalışma alanının NEHRP zemin sınıfı haritası oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında “MapInfo Professional” ve “Vertical Mapper” modülü kullanılmıştır. Ayrıca gereken yerlerde Netcad, Autocad, Coreldraw ve GeoCAD programlarından da yardım alınmıştır.

1.2. Genel Bilgiler

1.2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Coğrafi Konumu

Nevşehir, İç Anadolu Bölgesi'nde, Erciyes, Melendiz ve Hasan dağları gibi eski yanardağların kül ve lavlarının birikmesiyle oluşmuş çok geniş bir plato üzerinde yer almaktadır. Bu platoyu, ülkenin en uzun akarsuyu olan Kızılırmak, doğu-batı doğrultusunda derinlemesine oymuştur. Ayrıca bu alan, Kızılırmak nehrine kuzeyden ve güneyden karışan yan suların açtığı derin vadilerle de parçalanmıştır.

İl merkezi, Kızılırmak platosu adıyla anılan bu geniş ve yüksek düzlüklerin güney yamaçlarında kurulmuştur. İlin yüzölçümü 5.467 km²dir. İl merkezinin rakımı 1.259 m dir [2].

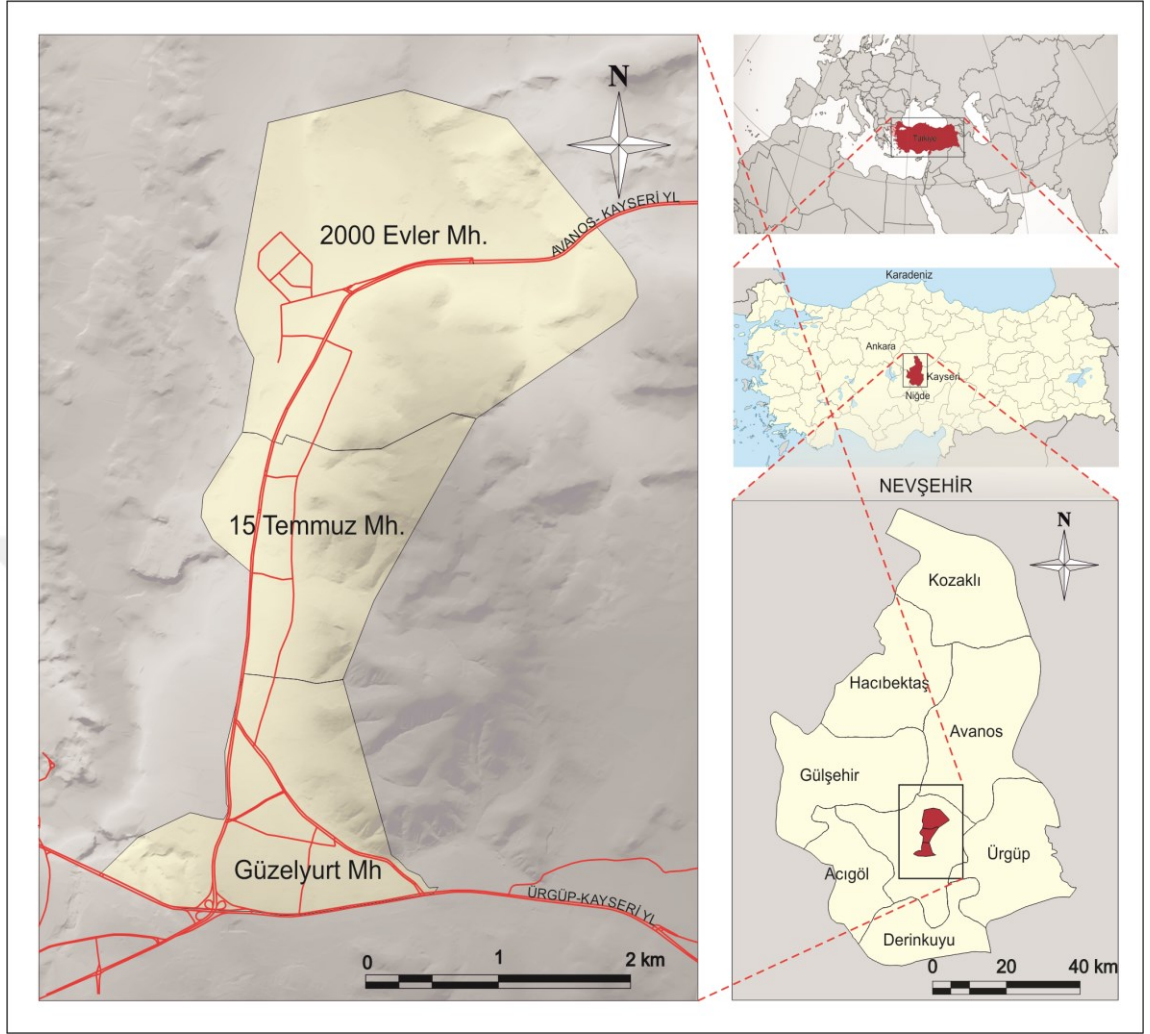
Yöre halkı genel olarak, ticaret ve turizm ile uğraştığından nüfus yoğunluğu itibarıyla göç almayan, kırsal kesimden başka illere göç veren ancak tarım ve turizm işlerinde çalışmak amacıyla mevsimlik işçilerin yoğun olarak bulunduğu bir İl konumundadır.

Nevşehir ekonomisi tarım ve turizme dayalıdır. Nüfusun çoğunluğu tarım ve hizmet sektöründe çalışmaktadır. İl Merkezinde ticaret; Ürgüp, Avanos, Göreme yörelerinde turizm önde gelen istihdam alanını oluşturmaktadır. İl merkezinde gıda ve içecek sektörü ön plana çıkarken bunu inşaat, tekstil ve metal sanayi izlemektedir. Gıda sektöründe Nevşehir'de patates üretimine bağlı olarak patates cipsi üretimi alanında yeni firmalar yatırım yapmaya başlamışlardır. İl, antik çağa dayanan üzüm yetiştiriciliği ve buna bağlı içki ve gıda sanayinde her zaman farklı bir yere sahip olmuştur [3].

İl jeolojisi nedeniyle endüstriyel hammaddeler açısından zenginliğe sahiptir. İlin önemli maden rezervlerini pomza, perlit, kaolin, mermer, kaya tuzu ve kum çakıl oluşturmaktadır [3].

Nevşehir iline ulaşım, Ankara-Kayseri karayolu Nevşehir ilinin ortasında doğu-batı yönünde kat eder. Nevşehir'den Konya'ya, Niğde-Adana yönüne, Kırşehir-Ankara yönüne giden karayolu vardır[3].

Çalışma, yaklaşık 10 km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, Türkiye topoğrafik haritalarından 1/25000 ölçekli K33d2 paftasında, 38° 37' 48''- 38° 40' 12'' kuzey enlemleri ile 34° 43' 48''- 34° 44' 21'' doğu boylamları arasında kalır ve Nevşehir il merkezinin kuzeyinde Güzel Yurt, 15 Temmuz ve 2000 Evler Mahalleleriyle sınırlandırılmıştır (Harita 1.1.).



Harita 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

2. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnceleme alanı ve yakın çevresi ilginç morfolojik, jeolojik ve kültürel özelliklerinden dolayı birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve jeolojik çalışmaya konu olmuştur. Bölgede günümüze kadar ağırlıklı olarak volkanoloji, jeokimya, mineraloji, tektonik vb. konularda çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayar sistemli zeminin mühendislik özelliklerine yönelik çalışmaların çok az sayıda ve yakın geçmişe ait olduğunu söyleyebiliriz. Araştırma konusuna ilişkin doğrudan veya dolaylı yapılan çalışmalar değerlendirilerek aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Bölgede Yapılan Çalışmalar

Toprak, Kapadokya volkanik bölgesinin tektonizma ve volkanizma ilişkisini ortaya koymuştur. Çalışmada iki fay sistemi olduğunu belirtmiştir. Birinci sistem KVB'nin uzun eksenini belli açılar ile kestiğini, ikinci sistemin ise KVB'nin uzun eksenine paralel uzandığını belirtmiştir [4].

Temel, bölgedeki çalışmasında volkanik ve volkanosedimanter birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koymuş, ayrıca ignimbiritik birimlerin kökenine yönelik görüşler ileri sürmüştür [5].

Beekman, İncesu (Kayseri) çevresinde jeolojik ve volkanolojik amaçlı çalışma yapmıştır. Çalışma alanında yüzeylenme gösteren volkanik kayaçların baskın olarak bazaltik bileşimde olduklarını, bazaltik lavların çıkış merkezlerinin Erciyes volkanını çevreleyen ana fay hattına paralel kırık hatlar üzerinde olduğunu ileri sürmüştür [6].

Pasquare ve diğerleri, İç Anadolu bölgesindeki ignimbiritik birimleri haritalamış ve stratigrafilerini ortaya koymuştur. Bölgedeki volkanik faaliyetlerin Orta – Geç Miyosen'de başlayarak DKD - BGB uzanımlı yapısal unsurlar boyunca dağılım gösterdiğini ifade etmiştir. Araştırmacılar volkanik faaliyetlerin üç ana dönemde oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Birinci dönemin 8.5 my öncesi başladığını ve lav akıntı ürünlerinden oluştuğunu, ikinci dönemin 8.5 – 2.7 my arası zaman dilimini kapsadığını ve karakteristik proklastik akma çökeltilerinden meydana gelen yedi ayrı ignimbirit seviyelerinden oluştuğunu, üçüncü dönemin ise 2.7 my'dan günümüze kadar olan

zaman dilimini kapsadığını ve andezitik – bazaltik bileşimli stratovolkanları ile asidik bileşimli monojenik volkanların bu dönemlerde oluştuğunu ileri sürmüşlerdir [7].

Le Penec ve diğerleri, Kapadokya bölgesindeki Neojen yaşlı, ignimbiritik birimlerinin arazi dağılımları ve kaynak alanlarının tespitine yönelik inceleme yapmışlardır. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda ignimbiritik birimlerin stratigrafileri revize edilmiş ve hacimleri tekrar hesaplamışlardır [8].

Innocenti ve diğerleri, yaptıkları çalışmada Kayseri ve Niğde arasında kalan bölgenin volkanik evrimini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda bölgede görülen volkanizmanın Erken Miyosen döneminde başlayıp tarih öncesi devirlere kadar sürdüğünü ve gelişim süreci boyunca tipik kalkalkalen karakterini koruduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte tüm Toros kuşağı boyunca oluşan volkanizmanın Arap – Afrika plakasının Avrasya plakasının altına dalması sonucu oluştuğunu ileri sürmüşlerdir [9].

Erdoğan yapmış olduğu çalışmada, Orta Anadolu’da geniş yayılım gösteren volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak kullanımını ele alarak incelemiştir. Yapılan çalışmada, inceleme alanının coğrafik konumu ve yerel özellikleri, tüflerin yayılımını, oluşumunu, litolojisini ve yapısal özelliklerini belirlemek amacıyla jeolojik çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışma sonucunda bölgede beş farklı türden volkanik tüf saptamış ardından fiziko-mekanik testlere tabi tutmuştur. Elde edilen sonuçlar neticesinde üretilen hafif yapı malzemeleri karşılaştırılarak tüflerin bu malzeme grubu içindeki yerleri ve uygun kullanım alanları belirlemiştir [10].

Ercan yapmış olduğu çalışmada, Orta Anadolu’da yer alan ve Paleosen tarihsel zamanlara kadar çeşitli evrelerle etkin olan volkanizmaları incelenmiş ve yaşlarına göre altı farklı gruba ayırmıştır. Paleosen-Eosen yaşlı volkanitler, yitme zonlarında dalma-batma olayları sonucu oluşan kalkalkalen nitelikli yay volkanizmalarıdır. Oligosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşta olan diğer dört grup ise, bölgede levhalar arası yakınsama hareketinin uzun süre devamı sonucunda okyanusal kabuğun tüketilmesi ve kıtasal kabukların çarpışmalarından sonra meydana gelen ve esas olarak kıtasal kabuk kökenli ve kalkalkalen nitelikli volkanitler olduğunu belirtmiştir [11].

Korkanç, ignimbiritlerin jeomekanik özelliklerinin yapı taşı olarak kullanımına etkisi çalışmasında, ignimbiritleri bölgede bulunan birimler üzerinden değerlendirmiştir. Bu çalışmayı yaparken Kavak ignimbiritlerine ait altı farklı renk ve dokudaki piroklastik örnekler seçmiştir. Elde ettiği verilere göre, incelenen piroklastiklerin iyi kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde olduğunu, bunların jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdiklerini belirtmiştir [12].

Doğan, Cemilköy İgnimbiritinin petrografisi ve jeokimyası konulu yüksek lisans çalışmasında Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'nde yer alan Kapadokya bölgesindeki Cemilköy ignimbiritinin, petrolojik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koymuştur. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmasına göre Cemilköy ignimbiritleri, kül boyutundaki volkanik malzemenin ters derecelenen pomzalardan ve normal derecelen litik parçalardan oluştuğunu, pomzaların lifsi, gözenekli ve plaketimsi dokuya sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Mineralojik-Petrografik incelemeler sonucunda pomzaların plajioklas, biyotit, kuvars, amfibol ve opak minerallerden oluştuğunu saptamıştır [13].

Mues-Schumacher ve diğerleri, kaynaşmış incesu ignimbiritinin yayılımını ve kayaç yoğunluğu değişimlerini ortaya koymuşlardır. İncesu ignimbiritinin kaynağının Erciyes Dağı-Koçdağı kompozit volkanının kuzeydoğu kanadının altında yer aldığını ve bölgedeki diğer ignimbiritlere göre daha iyi kaynaşmış olduğunu belirtmişlerdir. İncesu ignimbiritinin kayaç yoğunluğu taban kesimlerinde 2.34 g/cm^3 değerlerine kadar yükselirken, yoğunluk üst kesimlere doğru 1.77 g/cm^3 değerlerine kadar düştüğünü ölçmüşlerdir. İstifin dikey yöndeki yoğunluk değişimlerini, birbirlerinden belli bir zaman aralığı ile oluşan çok sayıdaki akıntının varlığı ile açıklarken, İncesu ignimbiritinin kaynaşmasının akıntının durağan hale gelmesini takip eden dönemde sıkışmaya-yoğunlaşmaya bağlı olarak geliştiğini ileri sürmüşlerdir [14].

Sayın, Kapadokya bölgesindeki ignimbiritlerin sistematik peribacası oluşumunu değerlendirmiştir. Çalışmaya peribacasını oluşturan ignimbiritlerin tanımlamasıyla başlamış ardından peribacaların boyutlarını tanımlamak için arazide ölçümler yapmıştır.

Çalışmasında peribacalarının iki safhada oluştuğunu belirtmiştir. İlk safha peribacalarının oluşması için uygun topografyanın üretilmesi olduğunu ve bu safhanın üç önemli faktörü olarak ignimbiritlerin kalınlığı, eğimi ve kaynaşma derecesinden olduğunu ifade eder. İkinci safha ise peribacasının şekillenmesine katkıda bulunan pek çok yerel özellikten söz etmiştir. Kapadokya bölgesinde peribacalarının oluşması için en uygun topografyayı belirlemek amacıyla yükseklik ve eğim haritaları oluşturmuştur. Ayrıca yapı malzemesi olarak kullanılan ignimbiritlerin önceleri düşük katlı binalarda kullanılırken günümüzde ise daha çok dekoratif özelliklerinden dolayı kullanımı durumlarını incelemiş ve sahadan alınan örnekler üzerinde petrografik ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir [15].

Ayhan, Kapadokya bölgesinde bulunan yeraltı şehirlerinin kaya türü ve morfoloji etkisini araştırmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için yeraltı şehirleri, güncel yerleşimler, kaya türleri ve morfoloji sınıflarına ait bilgilerden veri tabanı oluşturularak çeşitli analizler yürütmüştür. Yeraltı şehirleri ve güncel yerleşimlerin aralarındaki ilişkileri belirlemek için mesafe analizi, yoğunluk analizi, kaya türleri ve morfolojiye göre dağılım analizi, kaya türleri ve morfoloji sınıfları içindeki yerlerini araştırmak için yakınlık analizleri yapmıştır. Analizler sonunda; iki yeraltı şehri arasındaki ortalama uzaklığın 4 km olduğu, yeraltı şehrinin en yakın yerleşime olan uzaklığı 700 m olduğu, yeraltı şehirlerinin Derinkuyu-Nevşehir-Özkonak kuşağında yoğunlaştığı ve yeraltı şehirlerinin piroklastikçe zengin Neojen yaşlı litolojik birimlerin tercih edildiği gibi sonuçlara ulaşmıştır [16].

Ançel, Göllüdağ-Acıgöl bölgesinde yer alan Güneydağ Tüf Halkasının ve Karnıyarık Tepe cüruf konisinin patlama ve yerleşme dinamiklerinin saptanması çalışması gerçekleştirmiştir. Farklı seviyelerinden alınan örnekler üzerinde yapılan mineralojik, kimyasal ve dokusal analizler sonucu su/magma kütleli oranları, tanelerin gözenekliliği, patlama seviyelerinin altpopülasyon oranları gibi parametreler incelenerek patlama dinamiklerini ortaya koymuş ve patlama tipi değişimlerini belirlemiştir [17].

2.2. Çalışma Konusu ile ilgili Yapılan Çalışmalar

Karaca, Fethiye yerleşim alanı zeminlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak hazırlanmasına yönelik çalışmada, Fethiye yerleşim alanında bulunan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hazırlanmasını amaçlamaktadır. Çalışmada, zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemiş ve CBS ile bölgenin mühendislik haritalarını çıkartmıştır. Eğim, sıvılaşma potansiyeli, yeraltı suyunun yüzeyden derinliğini, zemin hakim titreşim periyodu, zemin deprem büyütmesi gibi çalışma kapsamında üretilen haritalar ile Fethiye yerleşim alanını yerleşime uygunluk açısından değerlendirmiştir [18].

Orhan, Eskişehir il merkezi güney bölümü temel zemin birimlerinin jeo-mühendislik özellikleri ve coğrafi bilgi sisteminin uygulanması çalışmada, temel zeminin özelliklerini belirlemek amacıyla jeo-mühendislik haritalar oluşturmuştur. Bu çalışmada, SPT, serbest basınç dayanımı, zemin sınıfı gibi zon haritalarla birlikte sayısal arazi modeli, kontur ve eğim haritaları da üretilmiştir. Yapılan çalışmada SPT değerlerinin Porsuk Çayı'na yakın kesimlerde düşük olduğu (2-30 arasında), serbest basınç dayanımının 29-517 kN/m² arasında değiştiği, likit limit değerleri 29- 92, plastisite indisi değerleri ise 3-53 arasında değiştiği sonucuna ulaşmıştır [19].

Kıncal ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, Armutalanı belediyesinin yerleşim için uygun ve uygun olmayan alanların belirlenmesi amacı güdülmüştür. Armutalanı beldesi yerleşim alanının jeoloji haritaları arazide hazırlandıktan sonra sondaj verilerini, jeofizik verilerini, laboratuvar deney sonuçlarını, taşıma gücü değerlerini ve zemin sıvılaşma analiz sonuçlarını sayısal harita formatında veri tabanına eklemiştirler. Bu veriler, CBS ortamında birbirleriyle ilişkilendirilerek arazi kullanım haritalarını oluşturmuşlardır [20].

Elmasdere, Isparta Mavikent yerleşim bölgesinin sismik mikrobölgelemesi ve değerlendirilmesi çalışmada söz konusu alanı jeoteknik açıdan değerlendirmiş ve mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Mikrobölgeleme çalışmaları için kayma dalga hız haritaları, zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütme haritalarını oluşturmuştur [21].

Beliceli, Eskişehir yerleşim yeri zemin büyütme etkisinin makaslama dalga hızına bağlı olarak belirlenmesi isimli çalışmasında, değişken yerel zemin koşullarının zemin büyütme üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yerleşim alanı içerisindeki farklı noktada elde edilen SPT-N, SCPT ve sismik kırılma verilerini toparlayarak değerlendirmiştir. Her sondaj noktasında SPT-N sayılarından 30 m derinlik için ortalama makaslama dalgası hızları ve Midorikawa (1987), Joyner & Fumal (1984), Borcherdt vd. (1991) bağıntıları ile de göreceli zemin büyütme hesaplamıştır. Bununla birlikte zemin büyütme parametrelerinin bölgedeki değişimini 3 Boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi kullanılarak modellenmiş, araziden elde edilen veya darbe sayılarından dönüştürülen makaslama dalgası hızı (V_s) değerleri kullanılarak çalışma alanının National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP)'ye göre zemin sınıflaması yapmış ve bu sınıflama büyütme karşı zemin davranışı gösterebilecek alanlarla karşılaştırarak zemin hakim titreşim periyodunu hesaplamıştır [22].

Güzel, Kuzey Adana'da belirli bir bölgenin jeolojik, jeofizik, jeoteknik verilerinin bütünlük olarak kullanılarak mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Çalışma alanı için ilk olarak olasılıksal deprem tehlike analizi, ikinci aşamasında deterministik deprem tehlike analizi yapılarak Adana bölgesinin deprem büyüklüklerini kestirmiştir. Çalışmanın diğer aşamasında zemin büyütme ve zemin hakim periyotları jeofizik ölçümlerle kestirmiştir. Kayma ve sıkışma dalgası hızından çeşitli zemin özelliklerini belirlemiş ve sunmuştur. Sondajlardan ve laboratuvardan elde ettiği jeoteknik verileri jeolojik ve jeofizik verilerle birlikte değerlendirmiştir. Zemin büyütme değerleri kayma dalgası hızından amprik ilişkilerle kestirmiş ve daha sonra depresel yamaç stabilite analizi yapılmıştır. Bu yapılan çalışmaların etkili bir şekilde anlaşılıp analiz edilebilmesi için mikrobölgeleme ölçütlerinden zemin büyütme, yamaç stabilitesi ve sıvılaşma tehlikesi haritaları oluşturmuş, tehlike düzeylerini sınıflandırmıştır [23].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

Çalışma amacı doğrultusunda; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışma, Nevşehir'in kent merkezinin kuzeyinde yapılaşmış ve halen yapılaşma sürecindeki bölgeyle sınırlandırılmıştır. Nevşehir yerleşim alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada daha önceden elde edilmiş jeoteknik ve jeofizik verileri kullanılmıştır. Alan dışında kalan ve gerçek değerleri temsil etmeyen veriler elenerek farklı noktalardan elde edilmiş toplam 71 sondaj verisi ve aynı şekilde seçilmiş 40 adet sismik ham veri kullanılmıştır.

3.2. Metot

Çalışmanın amacına ulaşmak için öncelikle bölgede yapılan araştırma ve çalışmalara yönelik literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra CBS modelleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan ham veriler temin edilip veri tabanı oluşturulmuştur, bunlar;

- Sayısallaştırılmış (yol, akarsu, göl, yerleşim yeri) veriler
- Bölgenin Jeolojik Haritası (1/100.0000-1/25.000)
- Jeoteknik arazi ve laboratuvar deney verileri
- Jeofizik veriler
- Topoğrafik veriler temin edilmiştir.

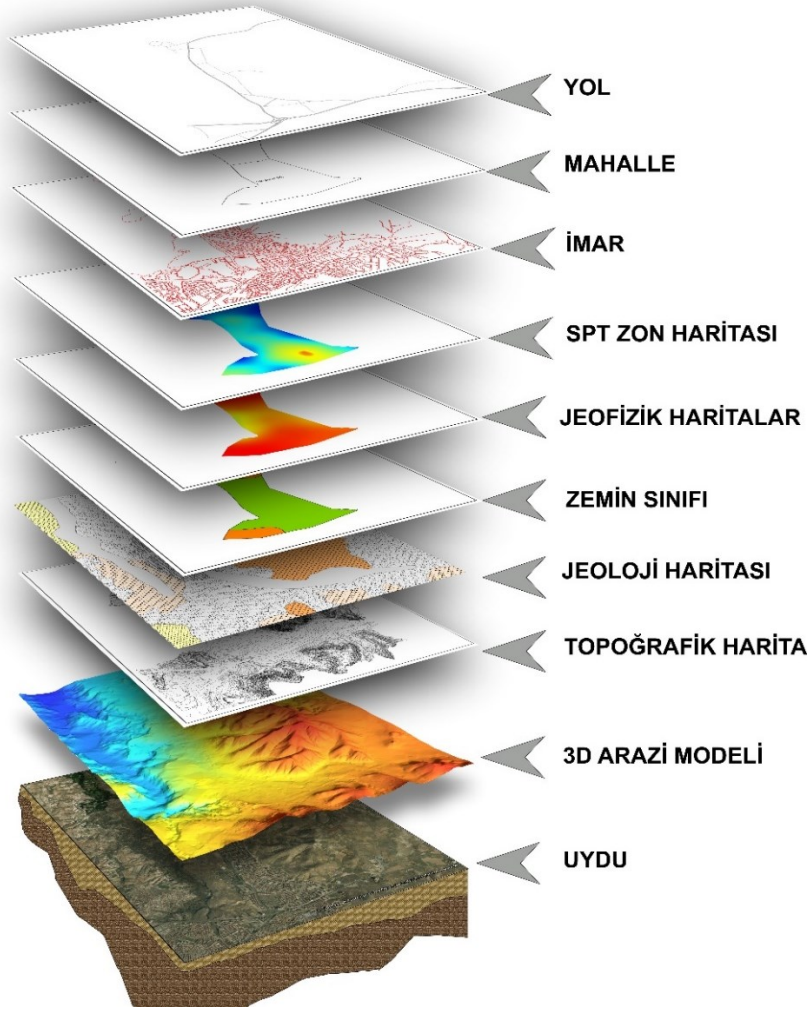
Gerek duyulan bilgilerin toplanmasının ardından;

- Lokasyon haritası
- Topoğrafik haritalar
- Eğim haritası
- Genel Jeoloji Haritası
- Standart Penetrasyon Testi (SPT) zon haritaları
- Kayma dalgası hız haritaları
- Zemin hakim periyot haritası
- Zemin büyütme haritası
- Zemin sınıfı haritaları oluşturulmuştur.

Hazırlanan haritalar CBS ortamında birer veri katmanını oluşturmaktadır. Bu veri katmanları birbirleriyle üst üste çakıştırılarak bölgenin mühendislik özellikleri ortaya konulmuştur (Şekil 3.1.).

Arazi kullanımına yönelik yapılan analizlerin coğrafi bilgi sistemi tabanlı yaklaşımları 19. yy'ın sonları ile 20. yy'ın başlarında Amerikalı dış mekân mimarlarının kullandığı "el yapımı üst üste veri çakıştırma (örtüşürme) tekniğine" dayanmaktadır [24].

Arazide yapılan mekanik sondajlar, jeofizik araştırmalar, sayısal ve sözel bilgilerle bir bütünlük içerisinde korelasyonun sağlanması amacıyla bir araya toplanmıştır. Böylelikle bütün haritalar aynı koordinat sisteminde, birbirine uyumlu bir şekilde aynı programda depolanmıştır. Bu sayede, tek tek hazırlanan haritalar, çalışmanın sonraki aşamalarında birbirleriyle karşılıklı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait harita katman görüntüleri

4. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Özellikleri

Topoğrafik yüksekliği 1400-1500 metre arasında değişerek yüksek bir platoyu oluşturan Kapadokya bölgesi, Miyosenden üst Holosene kadar birçok volkanik aktiviteye sahiptir. Uluslararası literatürde “Central Anatolian Volcanic Province” olarak adlandırılan bölge, güneyi Toros sıradağları, batısı Tuz gölü fay zonu doğusu ise Ecemiş Fay zonu ile sınırlanmıştır. Ayrıca bölgenin doğusunda ve batısında sırasıyla Kuvaterner yaşlı Hasan dağ ve Erciyes stratovolkanları yer almaktadır [25].

Çalışma bölgesinin jeolojik oluşumu; Orta Miyosen’de Arap ve Avrasya levhalarının birbirlerine yaklaşmalarıyla başlamış, Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde çarpışma ve çarpışma sonrası faaliyetlerle gelişimini devam ettirmiştir. Böylece çalışma bölgesinde farklı türde ve kökende birçok volkanik kayaç oluşmuştur [26].

Temel kayaçlar Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik kayaçlardan oluşmaktadır. Tersiyer öncesi yüzeylenen kayaçlar temel kayaçlar olarak düşünülür. Bu kayaçlar üstüne Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu ofiyolitleri bindirir ve tüm bunları plütonik kayaçlar keser. Eosen dönemi denizel kireçtaşlarıyla karakterize edilen bu birim, Oligo-Miyosen yaşlı karasal kırıntılılar tarafından uyumsuz olarak üzerlenir [27]. Orta-Üst Miyosen’de başlamış ve Kuvaterner sürecinde devam etmiş yoğun karasal volkanizma ürünleri tüm bu birimleri örtmüştür.

Nevşehir ili civarında hâkim olan jeolojik yapı Neojen birimleridir. Bunun dışında Kızılırmak'ın güney bölgesini bazalt ve Mesozoyik yaşlı tabakalar oluştururken, kuzey bölgesini Oligo-Miyosen jipsli birimler ve Eosen filizi, metamorfik seri oluşturur [28].

Nevşehir ili ve çevresinde magmatik, metamorfik, sedimanter ve volkanik kökenli olmak üzere 4 kaya grubu yüzeylenir. Bölgenin jeolojik açıdan temelini Kırşehir masifine ait metamorfik kayaçlar oluşturur.

Metamorfik kayalar; şist, kuvarsit, mermer, fillat türü olan mermer kayaları ile temsil edilir. Plütonik (derinlik) kayalar; granitoyit, gabro, monzonit ve granit kayalarından oluşur. Metamorfik ve plütonik kayalar Avanos ile Gülşehir'in kuzeyinde Kayseri karayolu ile Kızılırmak Nehri çevresindeki tepelerde ve Acıgöl'ün batısında bulunur [29].

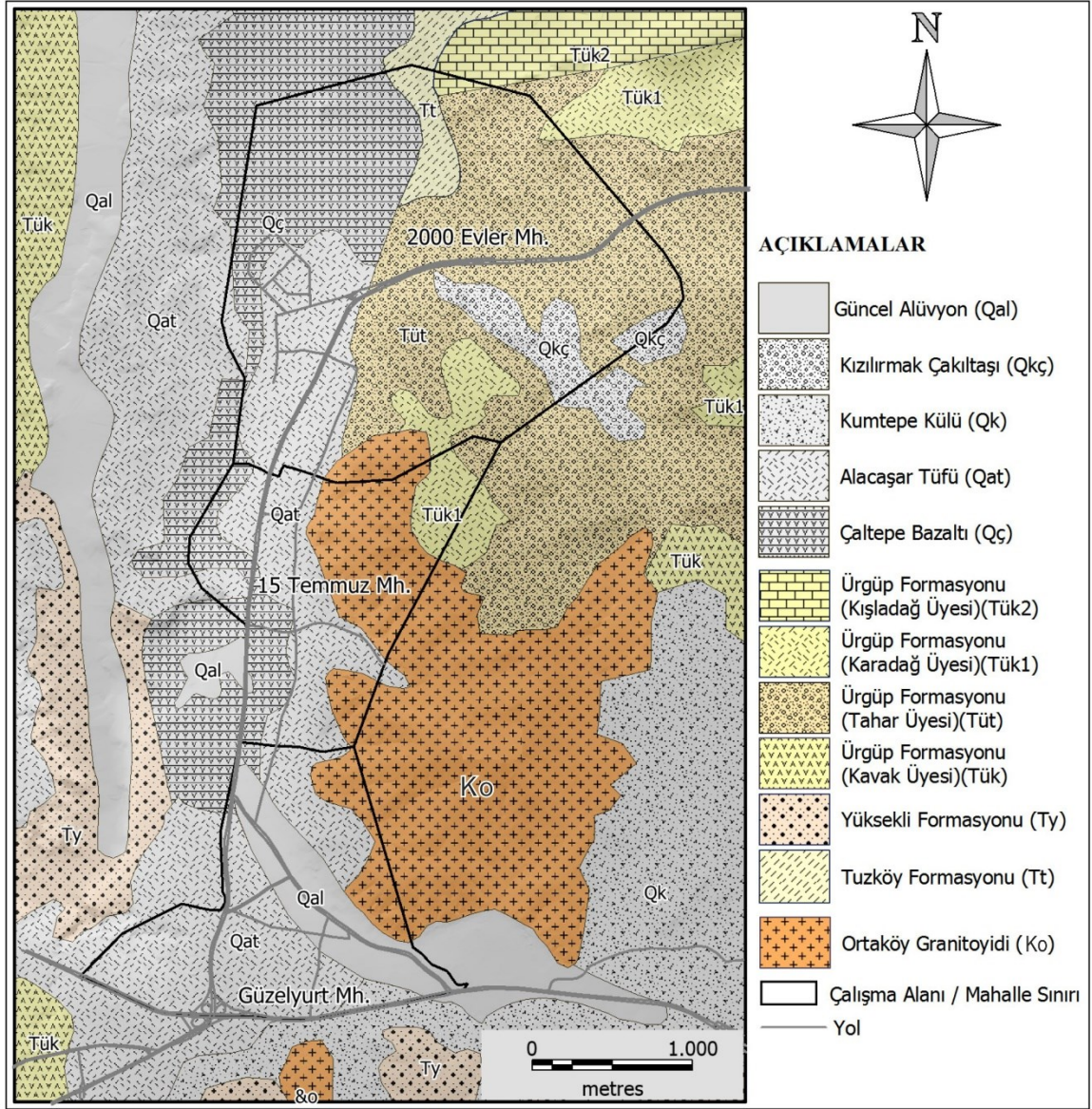
Sedimanter kayalar, farklı yaşta denizel ve karasal çökellerle temsil edilir. Bunların bir bölümü Alt-Orta Eosen yaşında, bir bölümü Oligosen-Alt Miyosen yaşında, bir bölümü Üst Miyosen-Pliyosen yaşında, diğer bir bölümü ise Pliyosen yaşındadır. Kızılırmak nehri kıyısında, Derinkuyu ovasında ve derelerde Kuvaterner yaşında eski alüvyonun çakıltası ve kumtaşları ile birçok yerde traverten ve yamaç molozu yer alır.

Volkanik kayalar ise geniş alanları kaplayan farklı türdeki kayalardır. Bunlar; Üst Kretase yaşından Kuvaterner yaş aralığında değişen; bazaltlar, piroklastikler, andezit, dasit ve riyodasit kayalardır.

Genel olarak 4 kayaç grubunun dağılımına bakıldığında ilin orta kısmında metamorfik ve plütonik (magmatik), kuzey bölümü ile batı bölümünde sedimanter, güney kısımlarında ise volkanik kayaların yaygın olduğu görülür [29].

4.2. Çalışma Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanı Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde yoğun bir volkanik etkinliğe maruz kalmıştır. Bölge çoğunlukla piroklastik akıntılardan pümsice zengin geri düşme çökellerinden, piroklastik yayılma ürünlerinden, ayrıca çok sayıda polijenetik ve monojenetik volkandan oluşmaktadır. Geniş yayılım alanına sahip bu birimler renk, kalınlık, sıkılaştırma derecesi ve dağılıma göre farklılıklar göstermektedir. Bu birimlerin dışında volkaniklastik kayalar bölgede geniş yüzeyleme sunarlar ve volkanik kompleksi çevrelerler [4-8-9]. Çalışma alanını kapsayan ayrıntılı jeoloji haritası Harita 4.1.'de verilmiştir.



Harita 4.1. Çalışma alanının ayrıntılı jeoloji haritası (Atabey, 1989'den değiştirilerek alınmıştır)

4.2.1. Ortaköy Granitoyidi

Atabey ve diğeri (1987) tarafından Ortaköy çevresindeki yüzeylenmeleri dikkate alınarak adlandırılmıştır. Genel olarak birim; granit, granit porfir, kuvars porfir, granadiyorit, granadiyorit porfirit, kuvars diyorit, kuvars diyorit – porfirit, gabro, monzonit porfirit, mikrogranodiyorit – porfirit, lökogradit, siyenit porfir, riyodasit ve şistli kayalardan oluşmuştur [30]. Ayrıca içinde gabro, gnays, mermer anklavları vardır. Yer yer iri ortoklas kristalleri içerir. Gabro türü kayalar, koyu yeşil – siyah renkli, iri kristalli, sert ve parlaktır. Riyolitik ve aplitik damarlar tarafından yer yer kesilmiştir. Çalışma alanı içerisinde Güzelyurt ve 15 Temmuz Mahallelerinin doğusunda gözlenir ve bölgenin en yüksek kesimlerini oluşturur. Haritada Ko simgesi ile gösterilmiştir.



Resim 4.1. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Ortaköy Granitoyidi

4.2.2. Tuzköy Formasyonu

Atabey ve Diğerleri (1987) tarafından isimlendirilmiştir. Tuzköy çevresinde görülen sarı renkte, ince tabakalı ve laminalı, bol biyoturbasyonlu (canlı eşeleme izli) silttaşı, laminalı silisli kiltası, ince tabakalı ve laminalı kumtaşı ve tüfit aralanmasından oluşur. Silttaşları sarı – boz renkli, kırıklıdır. Karbonat oranının artması ile killi kireçtaşı özelliğinde olabilmektedir. Kiltaları boz – yeşilimsi renkli, som ve yer yer laminalıdır. Kiltaları içinde jips kristalleri ve tabakalanmaya uygun tüfit seviyeleri vardır. Haritada Tt simgesi ile gösterilmiştir. Birim, çalışma alanının kuzey sınırlarında çok dar bir alanda gözlenmektedir.

4.2.3. Ürgüp Formasyonu

Geniş bir alanda yüzeyleyen volkanik çökeller, Pasquare (1968) tarafından Ürgüp Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Üst Miyosen döneminde yoğun volkanik aktivite sonucu farklı türde birçok ignimbiritik birimler oluşmuştur. Ürgüp Formasyonu adı altında toplanan bu birimler yaşlıdan gence doğru; Kavak Üyesi, Hatlarpınar Üyesi, Sarımaden tepe Üyesi, Cemilköy Üyesi, Tahar Üyesi, Karadağ Üyesi, İncesu Üyesi ve Kışladağ Üyesi (Kışladağ Kireçtaşı) olarak tanımlanır [30]. Burada İncesu Üyesi bazı çalışmalarda Kızılkaya İgnimbiriti ile karıştırılmaktadır. Ayrıca, formasyon içinde Damsa Bazaltı, Topuzdağı Bazaltı ve Cataltepe Bazaltı ayrılanmıştır. Çalışma alanı içerisinde gözlenen birimler aşağıda ayrıca açıklanmıştır. Araştırmacılar tarafından bu formasyon içerisinde farklı sayılarda ignimbiritik seviyeler tespit edilmiştir. Ayrıca aynı birimler farklı isimlerle de tanımlanmıştır. Temel, (1992) 'e göre; Kavak İgnimbiriti, Zelve İgnimbiriti, Sarımaden Tepe İgnimbiriti, Damsa lavı, Cemilköy İgnimbiriti, Tahar İgnimbiriti, Gördeles İgnimbiriti, Topuzdağı lavı, Kızılkaya İgnimbiriti, Kışladağ Kireçtaşı ve Valibaba Tepe İgnimbiritleri olarak 11 farklı seviyeye ayrılmıştır [31]. Bir başka araştırmacı Erdoğan, (1986) Ürgüp formasyonunu harita ölçeği göz önüne alınarak yeterli bir yayılımı, litolojik farklılığı ve sürekliliği olan başlıca 9 üyeye ayırmıştır. Bunlar; Bayramhacılı, Kavak, Üçhisar Dağ, Sarımaden Tepe, Çavuşin, Tahar, Akdağ, Karadağ ve Kışladağ üyeleridir [10]. Güncel çalışmalardan biri olan Aydar ve diğ.(2012) tarafından 9 farklı ignimbirit seviyesi ayırt edilmiştir. Bunlar; Akkoy, Kavak, Sarımaden Tepe, Cemilköy, Tahar, Gördeles, İncesu Üyesi, Sofular, ve Valibaba ignimbiritleridir [25].

4.2.3.1. Tahar Üyesi

Pasquare (1968) tarafından adlandırılmıştır. Tahar Köyü'nden (Yeşilöz) adını alır. Birim, alttan üste doğru kumlu matriks içinde yer alan pomza ve lav parçalarından oluşur. Pomzalar yuvarlak bir şekle sahip olup, esas olarak feldispat ve kuvars, az miktarda da biyotit ve piroksen mineralleri içerir [31]. Birim, orta – kalın tabakalı olup, kalınlığı ortalama 80 metre civarındadır [29]. Genel olarak çalışma alanının kuzey doğusunda gözlenen birim yaklaşık 3km² lik bir yayılım göstermektedir.

4.2.3.2. Karadağ Üyesi

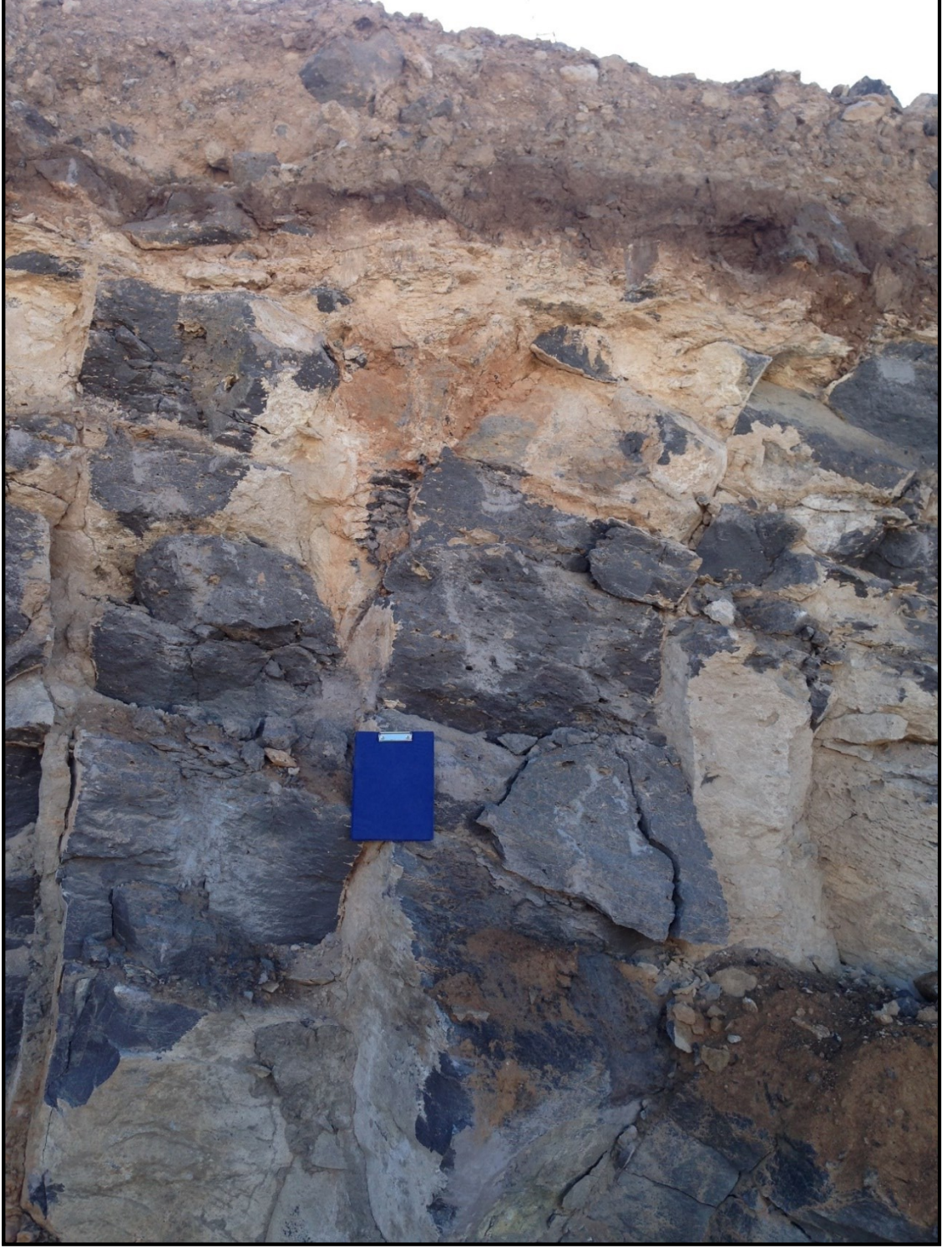
Genelde tüfitik karakterli olup, karışık lahar tipinin kaolitik akıntıları şeklinde çökelmiştir [32]. Beyaz, gri ve sarı renkli, kalın tabakalıdır. Nevşehir yapı taşı olarak tanınır ve kolayca işlenebilir niteliktedir. Kalınlığı 150 metreye yaklaşır. 15 Temmuz Mahallesi'nin doğusunda, 2000 Evler mahallesi'nin ise güney doğusundaki yüksek kotlarda gözlenir.

4.2.3.3. Kışladağ Üyesi

Birim, ismini Kışladağ'dan almıştır. Pasquare (1968) tarafından Kışladağ üyesi olarak adlandırılmıştır. Ürgüp formasyonunun üst düzeylerini oluşturur. Kaya birimi, ince tabakalı, gri-boz renkte, sert kireçtaşıdır. Marnlarla başlar ve üste doğru görsel killi kireçtaşlarına geçer. Marnlar arasında tüfit düzeyleri, kireçtaşı tabakaları içinde gastropoda fosilleri görülür. Kalınlığı 1-3 m'dir [30]. Çalışma alanının kuzey sınırında çok dar bir alanda gözlenmektedir.

4.2.4. Çaltepe Bazaltı

Bu birim gri renkli, gözenekli ve toleyitik bazalt lavlarıdır. Hamur içine gömülmüş lablodorit, ojit fenokristalleri ve olivin fenokristalleri izlenir. Genelde hipersten ojit bazalttır. Lavlar gri, siyah renkli, akma yapılıdır. Volkanizmanın en büyük ve en önemli çıkış merkezini ise Çatal Tepe oluşturur [29]. Çalışma alanında genellikle gri ve siyah renkli gözlenen birimin kırık ve çatlaklarında ayrışma zonları görülürken yer yer akma yapıları da gözlenir. Çıkış noktasından güneydoğuya doğru akmıştır. Çaltepe Bazaltları kuzeyden güneye çalışma alanının batı kesimlerinde gözlenir (Resim 4.2.).



Resim 4.2. Çalışma alanından Çaltepe Bazaltlarına ait bir görünüm

4.2.5. Kızılırmak Çakıltası

Birim Atabey (1989b) tarafından Kızılırmak Çakıltası olarak adlandırılmıştır. Kızılırmak Nehri yatağının her iki yamacında eski nehir taraçalarında yer alır. Genellikle 2-15 cm boyutunda çakıl malzemesi egemen olup, ince, orta kum tane boyutlu gevşek tutturulmuş kumtaşı ile miltaşından oluşur. Teknesel çapraz tabakalanma sık görülür. Tabanda kil çökelleri izlenir [30].

4.2.6. Alacaşar Tüfü

Pasquare (1968) tarafından adlandırılan Alacaşar Tüfü; Nevşehir, Alacaşar, Gülşehir ve Çat arasında geniş alanlarda yayılım gösterir. Opsidiyence zengin, pembe renkte, gri külle karışmış, camsı ve pomzalı tüflerden oluşur. Siyah obsidiyen bol miktarda görülmekte olup karakteristiktir. Bazen breşli tüfle kum ara düzeyleri gözlenir. Boğazköy Obsidiyeni ve Taşkesik Tepe, Viğla tepe ve Tepeköy riyolitleri Alacaşar tüfünün tefraları tarafından örtülür [33].



Resim 4.3. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Alacaşar Tüfü'ne ait bir görünüm

4.2.7. Yamaç Molozu ve Alüvyon

Yamaç molozları yüksek topoğrafyalı dağ ve tepe yamaçlarında görülür. Güncel alüvyon ise genel olarak Kızılırmak Nehri boyunca ve nehre kavuşan derelerde görülürken, çalışma alanında Güzelyurt Mahallesi'ne de Kocaçay boyunca görülür.

Alüvyon birim; açık kahve renkli, organik madde içermeyen, volkano - volkanosedimanter kökenli, nem içeriği nispeten yüksek, geçirimli, orta – ince kum, pekleşmiş kum, kum – çakıl – blok içeren bitkisel topraktır. Alan içerisinde genel kalınlığı maksimum 1.50 - 2 metre seviyelerindedir.



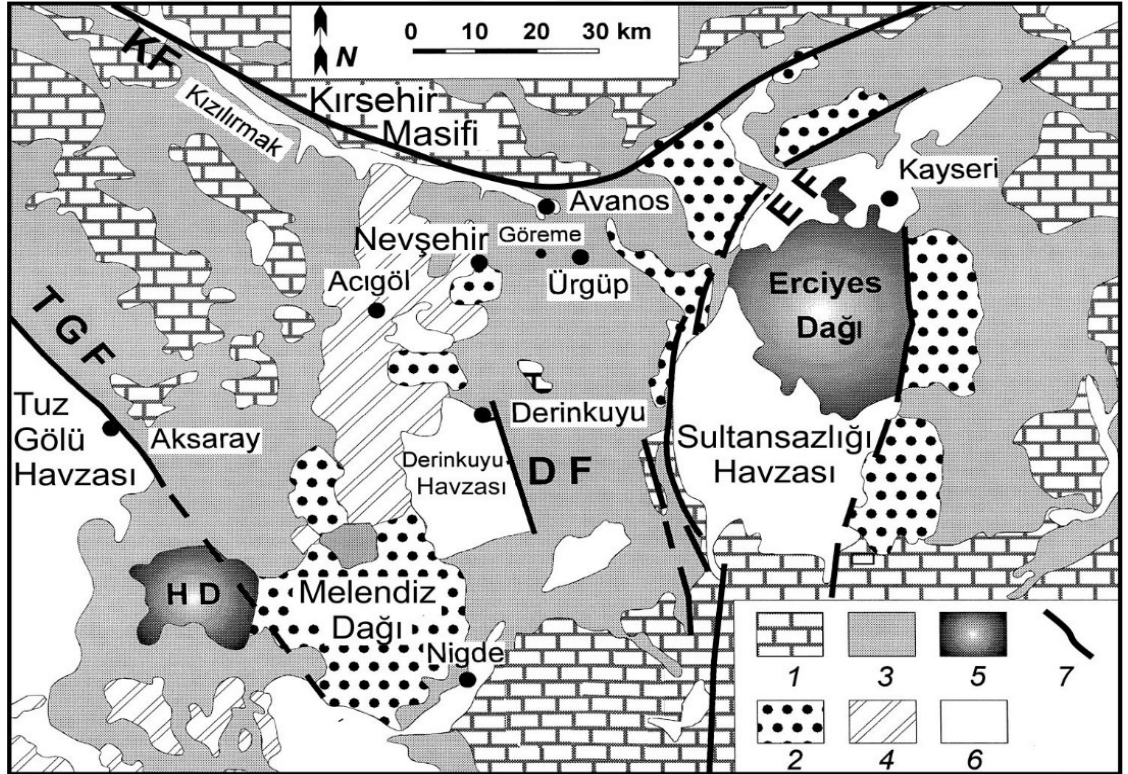
Resim 4.4. Çalışma alanı içerisindeki temel kazısında gözlenen Alüvyon birim

4.3. Yapısal Jeoloji ve Depremsellik

Nevşehir ve civarı, Hersiniyen ve Alp orojenezleri etkisinde kalmıştır. Aktif tektonizmanın etkisi altında kalan bölgede birçok kıvrımlar ve faylar oluşmuştur. Bölgedeki volkanik faaliyetleri kontrol eden faylar genellikle kuzeybatı-güneydoğu ve kuzey-güney yönünde gelişmiştir.

Çalışma bölgesine en yakın, ilin ortasından geçen, Kızılırmak vadisi boyunca doğu-batı yönünde uzanan aktif bir Kızılırmak fayı (KF) bulunur. Kızılırmak fayı 40 m düşey atımlı ve 60 km uzunluğunda deprem oluşturabilecek diri bir faydır.

Çalışma alanının çevresine bakacak olursak; ilin güney batısında yaklaşık 200-300 km uzunluğunda kuzeybatı-güneydoğu yönde uzanımlı Tuz gölü fayı (TGF), doğusunda, kuzeydoğu güneybatı yönde uzanımlı yaklaşık 160 km uzunluğunda Ecemiş fayı (EF) ile yaklaşık 200 km uzunluğunda Erciyes fayı, Derinkuyu civarında ise düşey yönlü Derinkuyu fayı yer alır (DF) (Harita 4.2.).



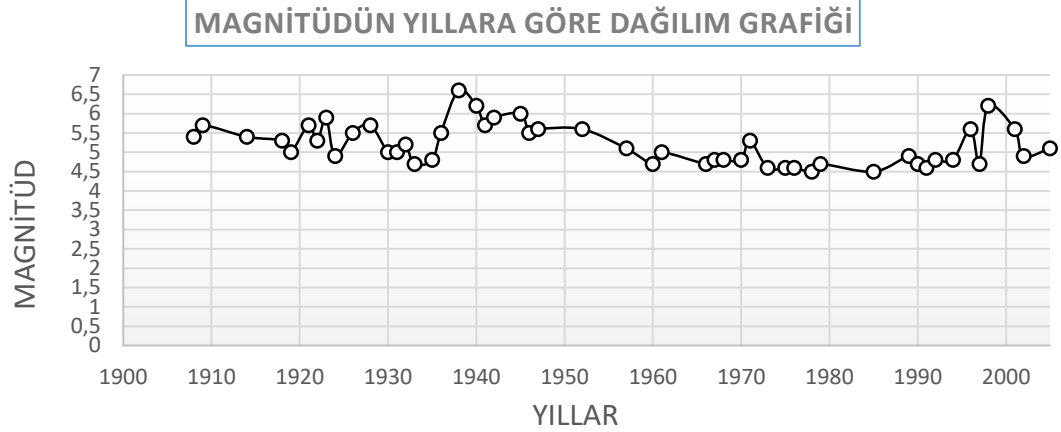
Harita 4.2. Bölgenin yapısal jeoloji haritası: (1) Temel Kayaçlar, (2) Ana Volkanik Kompleksler, (3) İgnimbirit ve Sediman Çökeller, (4) Monogenetik Kuvaterner Volkanizma, (5) Büyük Volkanik Kompleksler, (6) Alüvyal Çökeller, (7) Fay (Pasquare ve diğerleri.1988; Le Pennec ve diğerleri, 1994'den değiştirilerek alınmıştır).

Bunların dışında, Gümüşkent'in kuzeyinde Gümüşkent fayı, Çökek ve Ulaşlı köylerinin batı kısmında, Acıgöl civarında, Gümüşyazı ile Küçükayhan-Büyükayhan köyü kuzeyinde ve aktif kırıklar üzerinde oluşmuş Kozaklı jeotermal kaynaklarının oluşumuna neden olan Kozaklı fayı gibi birçok fay bulunmaktadır. Bu fay sistemleri üzerinde meydana gelen depremler bu sistemlerin günümüzde de aktif olduğunun önemli bir kanıtıdır. Nevşehir çevresinde tarihsel olarak hasar yapıcı deprem kayıt edilmemiştir. İl merkezine 250 km yarıçapındaki daire içerisinde 1900–2005 yılları arasında oluşan depremlerin yıllara göre en büyük yüzey dalgası (M_s) magnitüdüleri (en düşük $M = 4.0$ ' dır) tablo 4.1'de sunulmuştur [34].

Tablo 4.1. Nevşehir ve çevresinde oluşan depremlerin yıllara göre en büyük yüzey dalgası (M_s) magnitüdüleri (1900-2005; $M \geq 4.0$)

YIL	M_s Max	YIL	M_s Max	YIL	M_s Max	YIL	M_s Max	YIL	M_s Max
1908	5.4	1928	5.7	1942	5.9	1968	4.8	1990	4.7
1909	5.7	1930	5	1945	6	1970	4.8	1991	4.6
1914	5.4	1931	5	1946	5.5	1971	5.3	1992	4.8
1918	5.3	1932	5.2	1947	5.6	1973	4.6	1994	4.8
1919	5	1933	4.7	1952	5.6	1975	4.6	1996	5.6
1921	5.7	1935	4.8	1957	5.1	1976	4.6	1997	4.7
1922	5.3	1936	5.5	1960	4.7	1978	4.5	1998	6.2
1923	5.9	1938	6.6	1961	5	1979	4.7	2001	5.6
1924	4.9	1940	6.2	1966	4.7	1985	4.5	2002	4.9
1926	5.5	1941	5.7	1967	4.8	1989	4.9	2005	5.1

1900 – 2005 yılları arasında 4, 0 – 5, 0 magnitüdündeki depremlerin daha yoğunlukta olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Bu da Nevşehir ve çevresinde sık sık enerji dönüşümü oluştuğunu gösterir bir ifadedir. Bir başka deyişle magnitüdü 6,0' dan daha küçük depremlerin sürekli ve fazlaca oluşması bölgenin yaygın deprenselliğini ifade eder. Sonuç olarak geçmişte oluşan depremler ve buna bağlı gelecekte oluşması öngörülen depremler neticesinde çalışma alanının, çevresindeki tektonik olaylardan kısmen etkilenebilecek konumda olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 4.1. Nevşehir civarı deprem magnitüdlerin yıllara göre dağılımı

En son 1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yenilenerek 1 Ocak 2019 tarihinde Türkiye Deprem Tehlike Haritası olarak yürürlüğe girmiştir (Harita 4.3). Yeni haritanın oluşturulmasında, depremlerin bölgesel tehlikenin tespit edilmesi ile başta yapılacak binaların deprem tehlikesine karşı tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesi olmak üzere deprem riskinin azaltılması için etkin parametrelerin kullanılması amacı güdülmüştür.

Yeni haritada, “deprem bölgeleri” yerine “en büyük yer ivmesi” değerleri gösterilmiştir. Ayrıca her coğrafi noktada tasarlanacak yapı için zemin cinsi ve faya yakınlık mesafesine bağlı olarak S_s kısa periyot (0.1 sn) S_1 uzun periyot (1.0 sn) için ivme kullanılarak tasarım spektrumu verilmektedir. Deprem tehlike haritaları 4 farklı düzeyde oluşturulmuştur. Bu düzeylerden spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi seçilmiştir. İnceleme alanında standart tasarım deprem yer hareketi ne göre otomatik olarak hesaplanan bu değerler aşağıda belirtilmiştir. [35]

$$PGA = 0.090 \text{ (En büyük yer ivmesi)(g)}$$

$$PGV = 5.900 - 6.000 \text{ (En büyük yer hızı) (cm/sn)}$$

$$S_s = 0.209 \text{ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)}$$

$$S_1 = 0.068 \text{ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)}$$

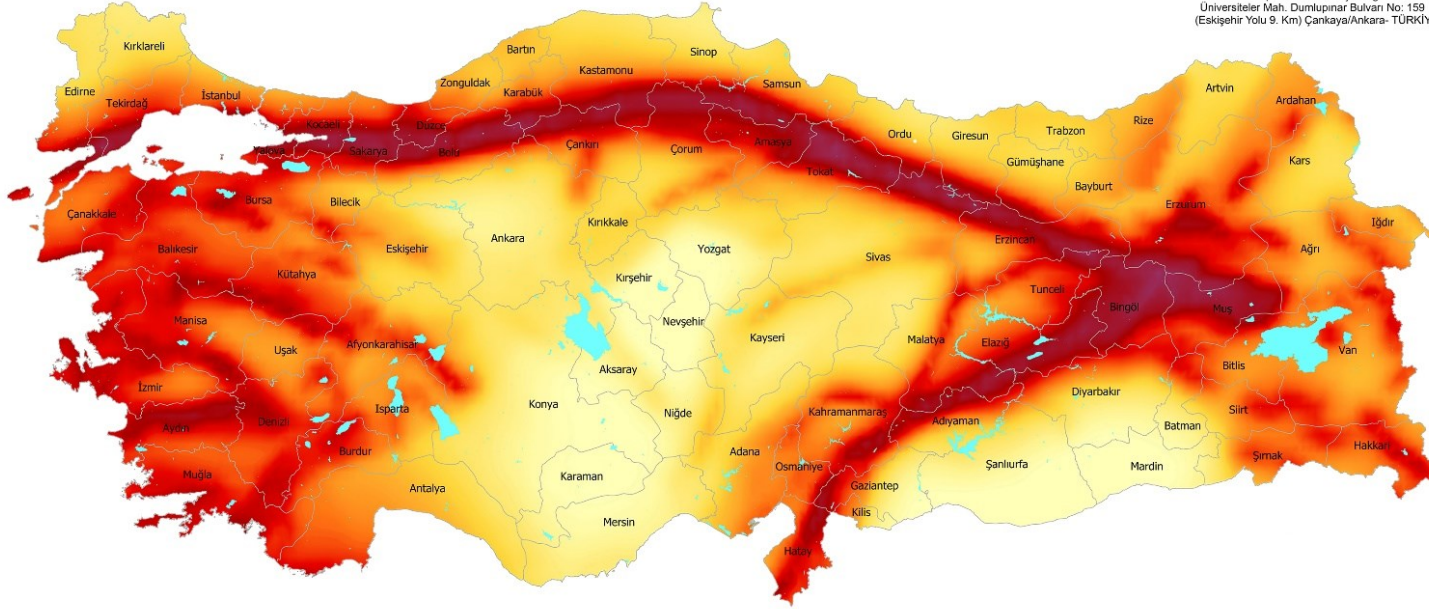
$$S_{DS} = S_s F_s = 0.209 \times 1.300 = 0.271 \text{ (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.068 \times 1.500 = 0.102 \text{ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)}$$

TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI



afadbaskanlik
AFET VE ACIL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI
Deprem Dairesi Başkanlığı
Universiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı No: 159
(Eskişehir Yolu 9. Km) Çankaya/Ankara- TÜRKİYE



Bu harita, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) kapsamında desteklenen UDAP-Ç-13-06 kod no'lu "Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Güncellenmesi" başlıklı projenin sonuçları kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu harita, zemin koşulu (V_s)₀ = 760 m/s esas alınarak hazırlanmıştır. Yerel zemin koşullarının neden olabileceği sivilaşma, büyüme, farklı oturma gibi tehlikeleri içermemektedir.

Kaynak Gösterme; Bu haritanın kullanılmasında "AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası" şeklinde kaynak belirtilmesi gerekmektedir.

2018© Haritanın telif ve iktibas hakkı AFAD Başkanlığına aittir. AFAD'ın yazılı izni alınmadan elektronik, optik, mekanik veya diğer yollarla çoğaltılması, dağıtılması, basılması, yayımlanması durumunda gerekli hukuki yollara başvurulacaktır.

AÇIKLAMALAR

DÜŞÜK TEHLİKE 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 EN BÜYÜK YER İVMESİ (g) YÜKSEK TEHLİKE

50 YILDA AŞILMA OLASILIĞI %10
(TEKRARLANMA PERİYODU 475 YIL)

Göl

İl Sınırı

0 100 200 400 KM



Harita 4.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018)

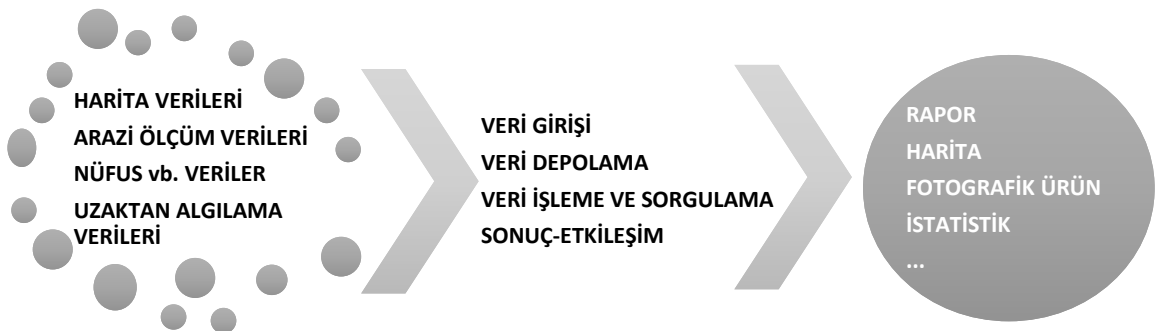
5. BÖLÜM

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri toplamaya, bunları bilgisayar ortamında depolamaya, sorgulama yapmaya, istenilen format ve ölçekte haritalamaya ve amaca uygun analizler yapmaya yarayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür [19]. Başka bir tanımla CBS, coğrafi veriler üzerinde aşağıda belirtilen işlemleri yapan bilgisayara dayalı bir sayısal sistemdir [36].

- Birçok kaynaktan veri toplama
- Etkili kullanıma sahip dijital formda verilerin depolanması ortak bir veri tabanında toplanan çeşitli verilerin yönetilmesi
- Verilerin çeşitli şekillerde seçilmesi ve görüntülenmesi
- Verilerin bir formattan başka bir formata, bir geometrik projeksiyondan başka bir projeksiyona, bir ölçekten başka bir ölçeye dönüştürülmesi
- Verilerin coğrafik analizi
- Verilerin istenilen düzlemde (1D, 2D, 3D) modellenmesi
- Verilerin rapor veya haritalar şeklinde gösterilmesidir.

Bu sistemin işleyiş şeması Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri işleyiş şeması

5.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Bu bölümde çalışma alanı mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesi için CBS proje veri tabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Her coğrafi bilgi sistemi projesinin amacına göre kendine özgü bir veri tabanı tasarımı gereksinimi vardır. Bu proje, çalışma alanı mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesine yönelik bir çalışma olduğu için amaca uygun veriler seçilerek veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma sınırları içerisinde çalışmanın temel verilerini, topoğrafik yapı, jeolojik yapı ve litolojik birimlerin mühendislik özellikleri oluşturmaktadır. Bu materyallerin incelenmesinde ise literatür araştırmaları, inceleme alanına ilişkin yapılmış arazi çalışmaları, mevcut haritalar ve uzman görüşleri kaynaklık etmiştir. Aşağıda bu materyallerin oluşturulması ve kullanılması hakkında bilgilere yer verilmiştir.

5.2. Topoğrafik Veriler

Çalışma alanının topoğrafik yapısı, alanın eğim durumunu ve yükseklik gibi özelliklerin belirlenmesi açısından önemli bir parametredir. Topoğrafik veriler elde edilirken 1/2.000-1/25.000 ölçekli halihazır haritalardan yararlanılmıştır. Tek bir veri tabanında birleştirilen veriler CBS Mapinfo programının Vertical Mapper 3.7 modülü ile çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuş ve çalışmanın ileriki aşamalarında yapılacak olan analizler için kullanılacak olan eğim ve yükseklik verileri üretilmiştir.

5.3. Arazi Deneyleri

Bu bölümde arazide gerçekleştirilen çalışmalar alt başlıklar halinde bahsedilecektir. Proje için en temel veriyi oluşturan bu deneyler projeye harcanan sürenin ve maliyetin büyük bir kısmını oluşturur. Yapılmış olan bu deneyler projenin doğruluğ u açısından son derece önemlidir.

5.3.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Günümüzde yaygın olarak kullanılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), ilk defa ABD'de kullanılmaya başlamış olup çapı 60-100 mm arasında değışen sondaj deliklerinde uygulanabilen basit ve ekonomik bir deneydir. Bu deney, dikkatli yapıldığı zaman zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında faydalı bilgiler sağlamaktadır [19]. Deney; 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın, 76 cm'lik bir yükseklikten tij

üzerindeki örsün üzerine serbest halde bırakılarak, standart bir örnek alıcının zemine 30 cm girmesi için gereken darbe sayısının belirlenmesi şeklinde yapılır. Aslında kumlu zeminler için kullanılan bu deney, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişiklik malzemelerde farklı amaçlar için uygulanabilmektedir. Elde edilen veriler çeşitli düzeltmelerden sonra temel zemininin sıvılaşma potansiyeli ve taşıma gücü hakkında yaklaşımda bulunulur [37].

Çalışma alanında, temel zeminine yönelik mühendislik özelliklerinin tanımlanması amacı ile derinlikleri 10-15 metre arasında değişen 71 adet zemin araştırma sondajı açılmıştır. Çalışma alanındaki zeminin litolojik, ve indeks özelliklerinin belirlenmesi amacıyla açılan bu sondajların, inceleme alanı içerisindeki yerleri Şekil 5.2.'de verilmiştir. Zemin etüt raporları içindeki sondaj loğlarında belirtilen kuyuların koordinatları ve SPT-N darbe sayıları veri tabanına öncelikli olarak kaydedilmiştir.

5.3.2. Jeofizik Çalışmalar

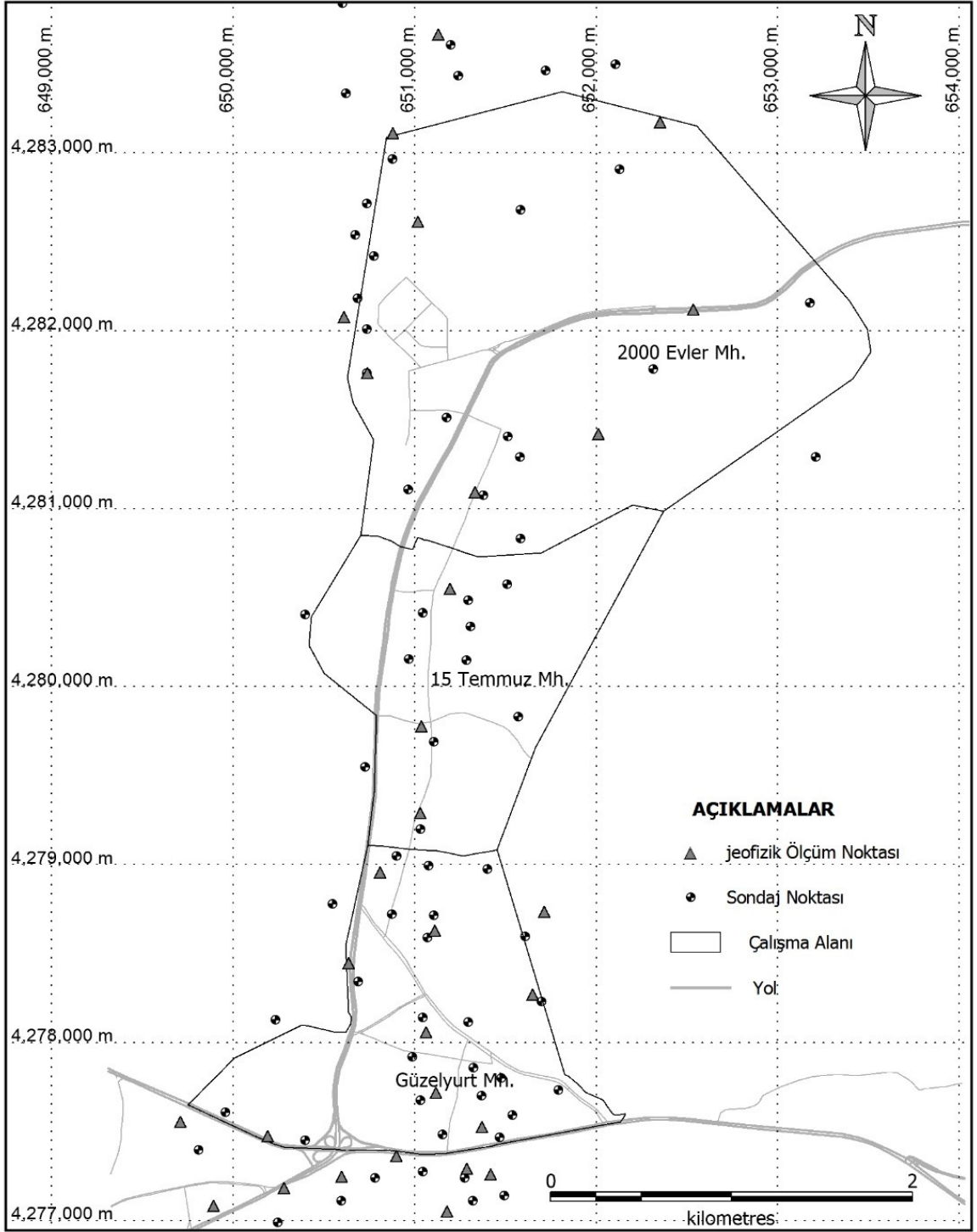
Sismik araştırmalar, zeminde çeşitli enerji kaynaklarıyla yapay olarak oluşturulan sarsıntuların yer içerisinde yayılırken kırılarak veya yansiyarak geçtikleri ortamların fiziksel ve mekanik özelliklerini taşıyan sismik sinyal olarak yeryüzüne gelişlerinin kaydından bu kayıtların kendine özgü yöntemlerle değerlendirilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanır [23].

Sismik ölçümler yer içinde yayılan enine boyuna ve sismik dalga türlerinin hızlarının (sırasıyla V_s ve V_p) ölçülmesi şeklinde arazide yapılmaktadır. P dalgası için gerekli enerji, çelik plaka üzerine 10.0 kg'lık balyozun düşey yönde; S dalgası için gerekli enerji ise zeminde açılan 30 cm'lik çukur içine konulan plakaya yatay yönde vurulan balyoz darbeleri ile elde edilmektedir [38].

Çalışmada yukarıda bahsedilen V_s , V_p değerleri ve bunların zemin içerisindeki kalınlıkları, ivme spektrumu karakteristik periyot değerleri veri tabanında bulunmaktadır. Çalışma alanı içerisindeki ölçüm noktaları şekil 5.2.'de gösterilmiştir.

5.4. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmada zemin etüt raporları içerisinde bulunan laboratuvar deney sonuçları incelenmiştir. Belirli derinliklerde yapılmış olan SPT testinden elde edilen numuneler, laboratuvarda çeşitli mühendislik deneylerine tabi tutulmuştur. Bu deney sonucu çalışmamızın veri tabanında bulunmaktadır.



Şekil 5.2. Çalışma alanı içerisindeki ölçüm noktaları

6. BÖLÜM

ÇALIŞMA ALANININ CBS İLE MODELLENMESİ

Jeo-mühendislik haritalar, kentsel gelişim planlarının hazırlanmasında, arazi kullanım planı ve depreme dayanıklı bina tasarımı için ayrıntılı bir şekilde çalışılması gerekir. Jeo-mühendislik haritalar özellikle uygun yerleşim yerlerinin seçiminde kullanılmakla birlikte zeminde olası problemleri ortaya çıkarmak, zemin ile bina ilişkisini irdeleyebilmek, zamanında önlem alabilmek ve hem zaman hem de ekonomik açıdan tasarruf sağlamak için kullanılmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmada, belirtilen alan içerisinde yer alan birimler arazide tanımlanmasıyla başlanmış, alanının jeolojik haritası çıkartılmış, elde edilen bulgular ışığında jeo-mühendislik özellikleri açısından değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda;

- Öncelikle litolojik birimlerin yatay ve düşey dağılımlarını ve zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla temel sondajları ve jeofizik ölçümler yapılmış,
- Çalışma kapsamında CBS ortamında ayrıntılı mühendislik jeoloji haritaları hazırlanmış ve değişik veri katmanları oluşturulmuştur,
- Yerleşim alanlarının planlanmasında ve mevcut yerleşim alanlarında, arazi kullanımını konusunda belirleyici bir faktör olan eğim haritası yapılmıştır,
- Mekanik sondajlar sırasında yapılan SPT'den elde edilen verilerle SPT-N zon haritaları yapılmıştır,
- Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma ve yer elektrik özdirenç (Rezistivite) yöntemleri çalışma alanına uygulanarak buradan elde edilen verilerle, kayma dalgası hızı (V_s), zemin hakim titreşim periyodu (T_0), zemin büyütmesi (A) haritaları yapılmıştır,
- Daha sonra veriler, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik ve NEHRP sınıflama kriterleri çerçevesinde değerlendirilerek Zemin sınıflaması Haritası hazırlanmıştır.

6.1. Topoğrafya ve Eğim

Yerleşim alanlarının planlanması ve imar planı revizyon çalışmaları gibi arazi kullanımına yönelik çalışmalarda jeomorfolojik özellikler, yer şekilleri, yükselti, eğim, eğim şekli ve bakı durumu belirleyici bir faktördür. Arazinin morfolojik özellikleri, öncelikli olarak kentlerin büyüme doğrultusu üzerinde belirleyici olmaktadır. Çünkü kentsel gelişim, morfolojinin uygun olduğu yönde gelişim gösterir [39].

Arazinin morfolojik özelliklerinin kent alanlarında etkili olabilecek doğal afet risk potansiyeli de unutulmamalıdır. Çünkü kentleşme olgusu, doğanın hızlı biçimde değiştirilmesi ve hızlı nüfus artışı gibi nedenlerle özellikle jeomorfolojik kökenli değişik afet olaylarının oluşumuna kaynaklık etmektedir [40].

Çalışma alanı ve yakın çevresine ilişkin 1/2.000 ve 1/25.000 ölçekli haritalar sayısallaştırılarak bölgenin Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Böylece ileriki aşamalarda yapılacak analizler için bölgenin eğim ve yükseklik verileri üretilmiştir. Bu bilgiler ışığında inceleme alanının en düşük topoğrafik kotu, kuzey sınırlarında 1100 metrelerdeyken, güneydoğuya doğru genel bir yükseliş gösteren topoğrafya 1270 metre kota kadar ulaşmaktadır. Alanın genel morfolojik yapısının gözlenebildiği üç boyutlu arazi modeli Şekil 6.1.'de verilmiştir. Bu haritalardan yararlanılarak hazırlanan eğim haritası Kuddusi Karakuş 2009'a göre sınıflandırılmış ve dört bölgeye ayrılmıştır (Şekil 6.2.). Hazırlanan eğim haritasına göre bölgenin büyük bir çoğunluğu düşük eğimli (%1 – 10) alanlardan oluşmaktadır. Alanın doğusunda yer alan ve Ortaköy Granitoidinin hakim olduğu bölgeler yüksek eğimli (>%30) bir topografya sergilemektedir. Ayrıca alan, kısa mesafelerde değişken eğim derecelerine sahiptir. Bununla birlikte çalışma alanı hakim eğimler batıya doğrudur.

İmar planı çalışmalarında kullanılan eğim haritalarının hazırlanmasında, kabul edilmiş belirli bir standart bulunmamaktadır. Kullanılan eğim kategorileri yapılan çalışmanın amacına uygun olarak tamamen araştırmacının kendi tercihinine bağlıdır. Ancak ülkemizde yürütülen imar planı çalışmalarında planın sentezi yapılırken genellikle Tablo 6.1.'de verilen eğim yüzdeleri kullanılmaktadır [41].

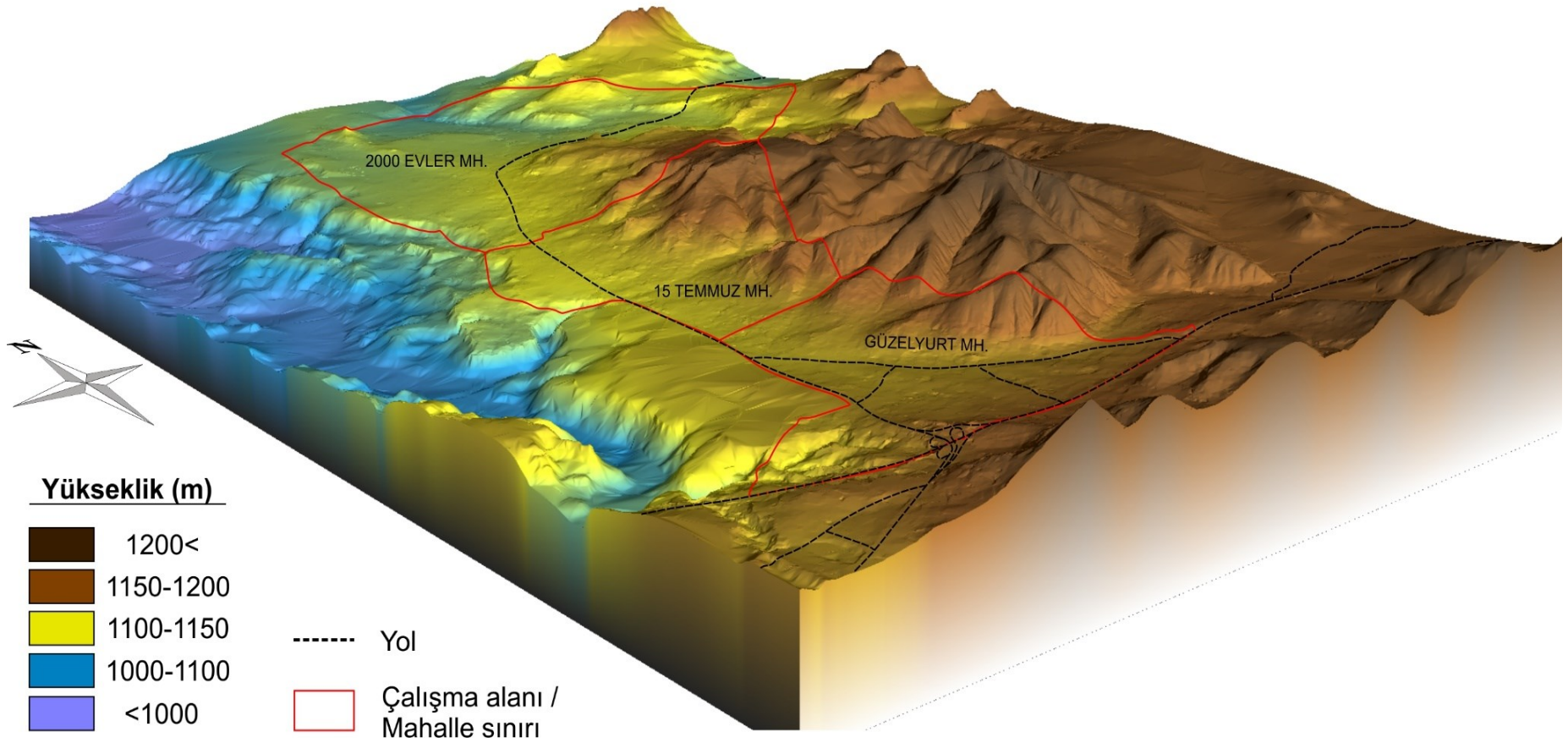
Tablo 6.1. Eğim haritalarında kullanılabilir eğim kategorileri [41].

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

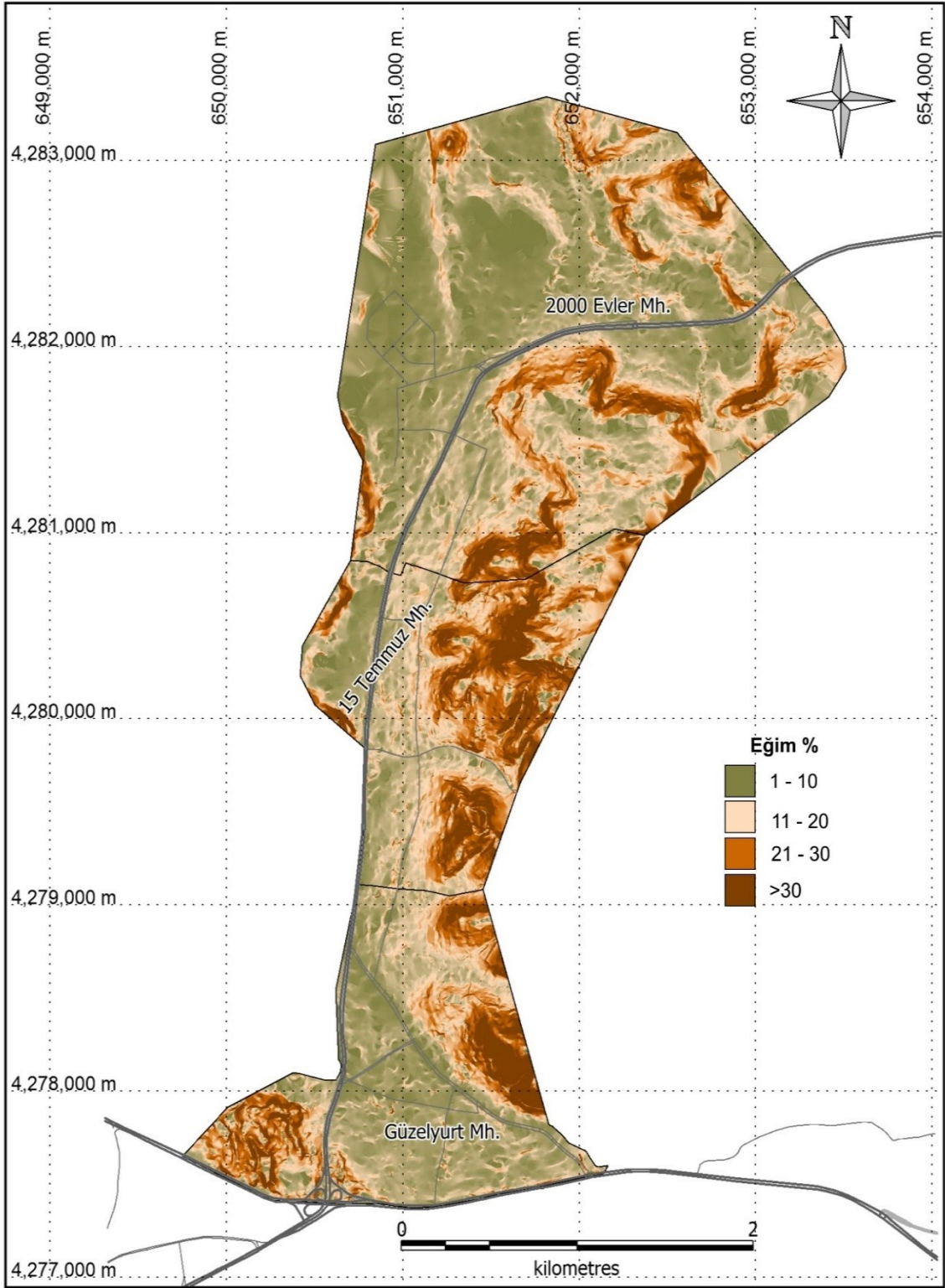
İmar planı ve arazi kullanım çalışmalarına bir ışık tutmak ve topoğrafik eğimin ifade ettiği anlamı ortaya koyabilmek açısından iyi bir örnek oluşturması nedeniyle Cooke and Doornkamp (1990) tarafından çeşitli amaçlar için önerilen ve plan çalışmalarında da kullanılabilir kritik şev eğimleri Tablo 6.2.'de gösterilmiştir [42]. Çalışma alanında sağlıklı ve sürdürülebilir bir kent planlaması için bu tablo göz önünde bulundurulmasında fayda vardır. Böylece arazinin en verimli bir şekilde kullanımı sağlanacaktır.

Tablo 6.2. Kritik şev değerleri [42].

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	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



Şekil 6.1. Bölgenin morfolojik yapısını gösteren üç boyutlu arazi modeli



Şekil 6.2. İnceleme alanı eğim haritası

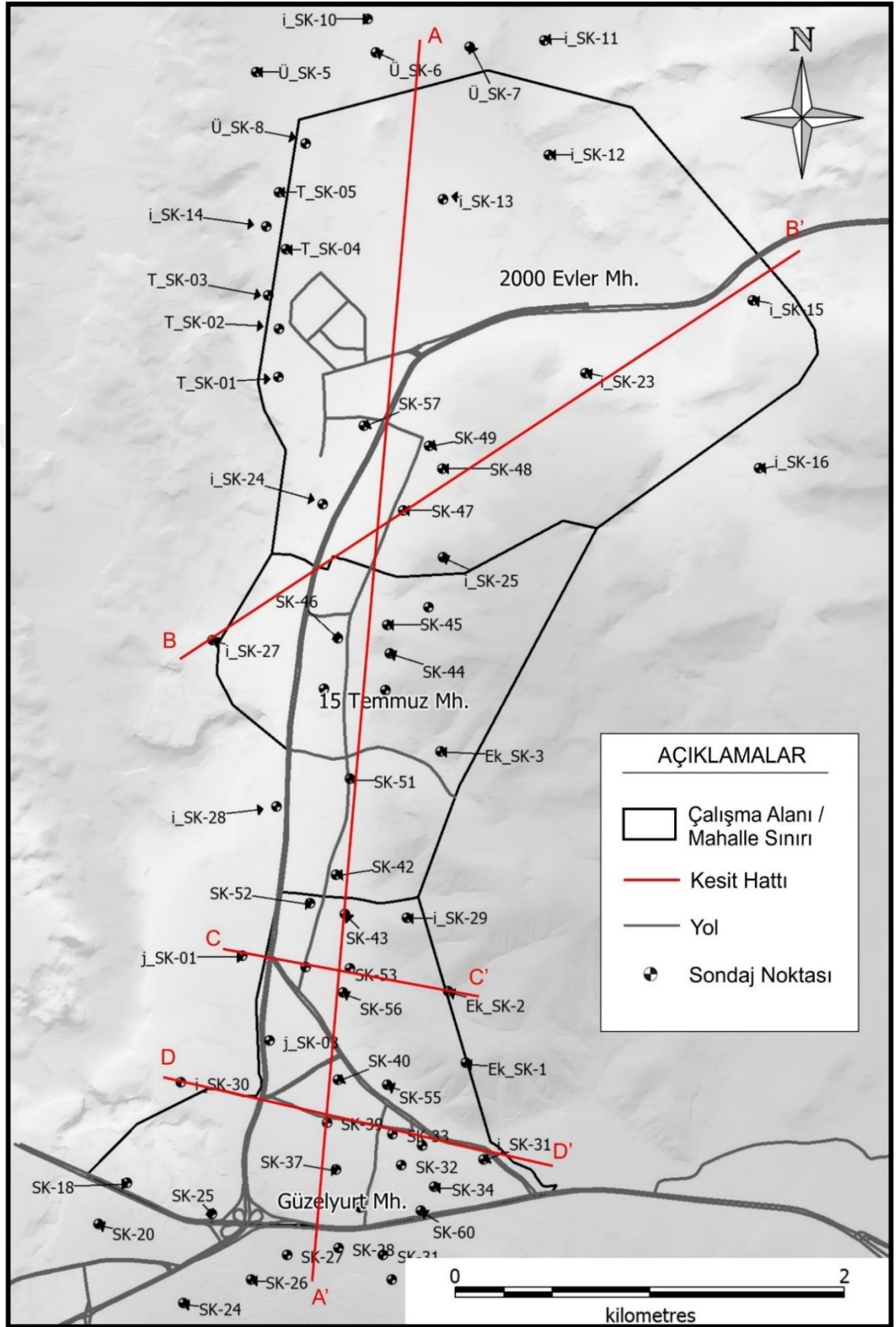
6.2. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Haritaları

Zemin araştırmalarında büyük önem taşıyan ve bir arazi deneyi olan Standart Penetrasyon Deneyi zeminlerin mühendislik özelliklerini belirleyebilmemiz açısından oldukça önemlidir [43]. Bu deney ile zeminlerin sıvılaşma potansiyeli ve taşıma gücü hakkında bilgilere de ulaşmamız açısından da ayrıca önemlidir.

Çalışma alanında SPT-N değerleri zemin profiline göre farklılıklar sunmaktadır. Sondaj çalışmalarında yapılan deneylerle elde edilen SPT-N değerleri CBS ortamında değerlendirilerek 3, 6 ve 9 m derinlikte söz konusu değerlerin değişimini gösteren zon haritaları üretilmiştir (Şekil 6.4.- 6.5.- 6.6.). Haritada bu değerlerin farklı renklerle sembolize edilmesi değişimin görsel olarak da algılanabilmesini sağlamıştır. Ayrıca bu haritaları düşey yönde irdeleyebilmek amacı ile 4 farklı hattan geçecek şekilde kesitler oluşturulmuş ve birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada dikkate alınan tüm kesitler için oluşturulan profiller Şekil 6.3.'de sunulmaktadır. Zeminlerde SPT-N değeri ile izafi sıklık arasında ilişki Tablo 6.3. de verilerek Terzaghi ve Peck (1967)'e göre yorumlanmıştır [44].

Tablo 6.3. Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkiler [45] (Sivrikaya ve Toğrol 2009'dan alınmıştır)

Dane Yerleşim Durumu	$^1N_{60}$ * $^2N_{1/60}$ * 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	13-35	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



Şekil 6.3. Çalışma alanının sondaj lokasyonları ve SPT profil kesit hatları

Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkileri tanımlayan Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre değerlendirildiğinde; çalışma alanında 3 metre derinlik için SPT-N değerleri 20-30 arasında yoğunlaşmaktadır. Güzelyurt Mahallesinde genel olarak düşük N-darbe direnci görülürken bazı lokal alanlarda değerlerin 20'den de düşük olduğu görülmektedir. Bu bölgede yapılan sınıflamaya göre “orta sıkı” birimlerin hakim olduğunu söyleyebiliriz. Güzelyurt Mahallesinden doğu istikametine gidildikçe N-darbe değerleri artmakta ve zeminlerin yerini kayalar almaktadır. Aynı şekilde 15 Temmuz Mahallesinde SPT-N değerlerinin 19-30 arasında değişirken, değerler iç kesimlerde düşük, doğu ve batı sınırlarda yüksek olarak ölçülmüştür.

2000 Evler Mahallesinin büyük bölümünde volkanik kayalar ağırlıklı olduğu için bölgenin kuzeyinde; üniversite, TOKİ ve Karayolları 67. Şubesi Şefliği civarlarında 50 ve 50 den büyük N-darbe değerleri ölçülmüştür. Bu bölge “sıkı” ve “çok sıkı” birimlerden oluşmaktadır. Fakat aynı mahallenin iç ve güney kesimleri 20-30 arasında değişen N-darbe değerlerine göre “orta sıkı” birimlerden oluşmaktadır. Genel olarak bu üç bölgeye baktığımızda Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre zeminlerin “orta sıkı” birimlerden oluştuğunu görmekteyiz (Şekil 6.4.).

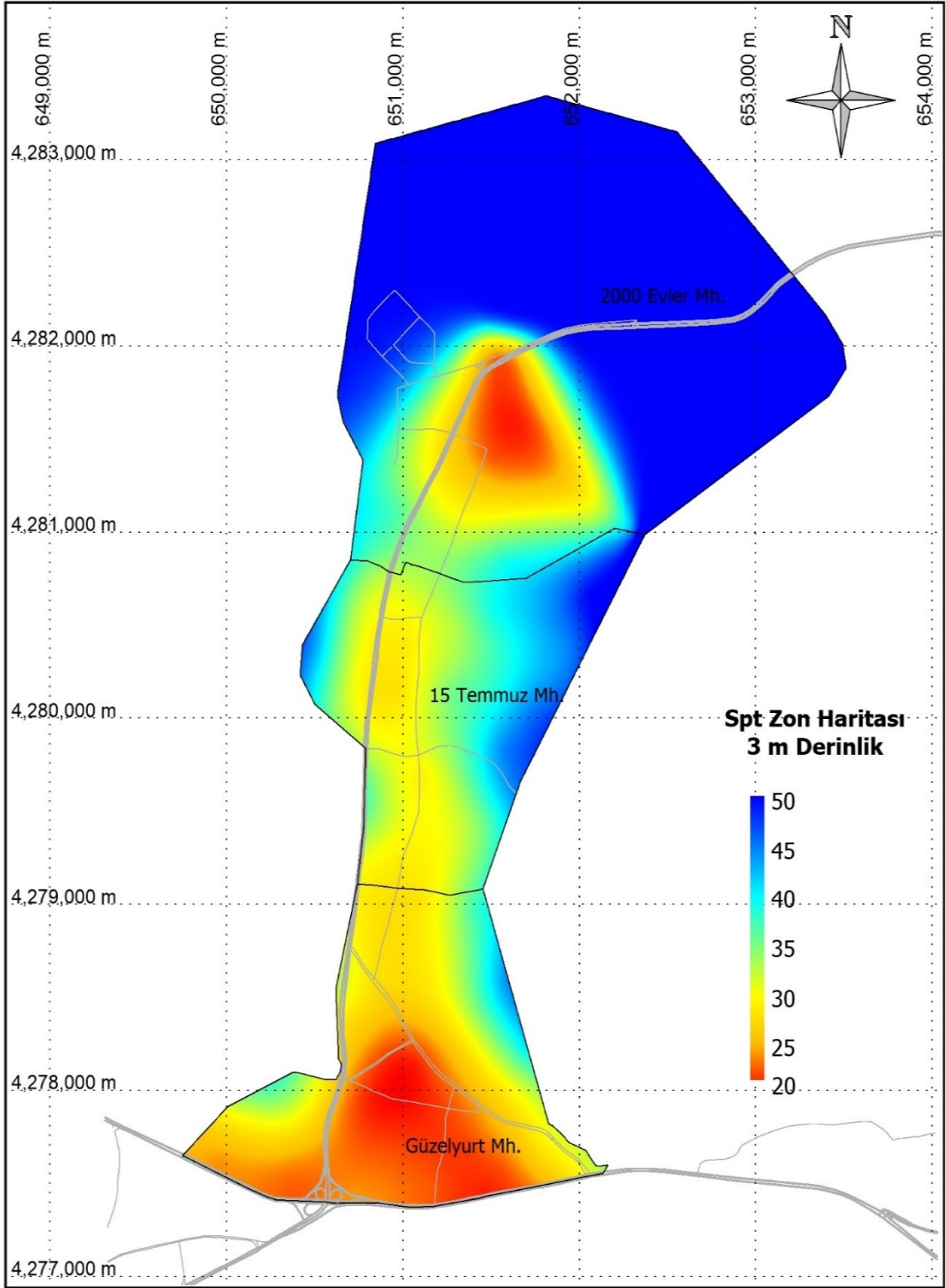
6 metre derinlik için oluşturulan haritaya göre en düşük SPT-N değerleri yine Güzelyurt Mahallesinde gözlenmektedir. 22-33 değerleri arasında yoğunlaşan N-darbe değerleri doğu ve batı sınırlarında ana kayaya ulaştığı için 50 den büyük değerlere sahiptir. Düşük değerler bölgenin orta kısmından litolojiye uyum sağlayarak 15 Temmuz Mahallesine doğru bir uzanım yapmaktadır (Şekil 6.5.). Bu iki bölge “orta sıkı” ve “sıkı” zeminlerden oluşmaktadır. 15 Temmuz Mahallesinin kuzeydoğusunda ve kuzeybatısında N-darbe değerleri artarak 50 ve daha büyük değerlere ulaşmaktadır.

2000 Evler Mahallesinde Şekil 6.7.'deki haritadan da anlaşılacağı üzere N-darbe değerleri genel olarak 50 ve 50'nin üstündedir. Fakat en düşük değerler bölgenin ortagüney bölümlerinde bulunan 15 Temmuz Şehitleri Anadolu Lisesi civarında ölçülmüş olup 26-34 arasında değişmektedir. 6 metre derinlikte ki bu bölgede “orta sıkı” ve “sıkı” birimler yer alırken diğer bölgelerde “çok sıkı” birimler yer almaktadır.

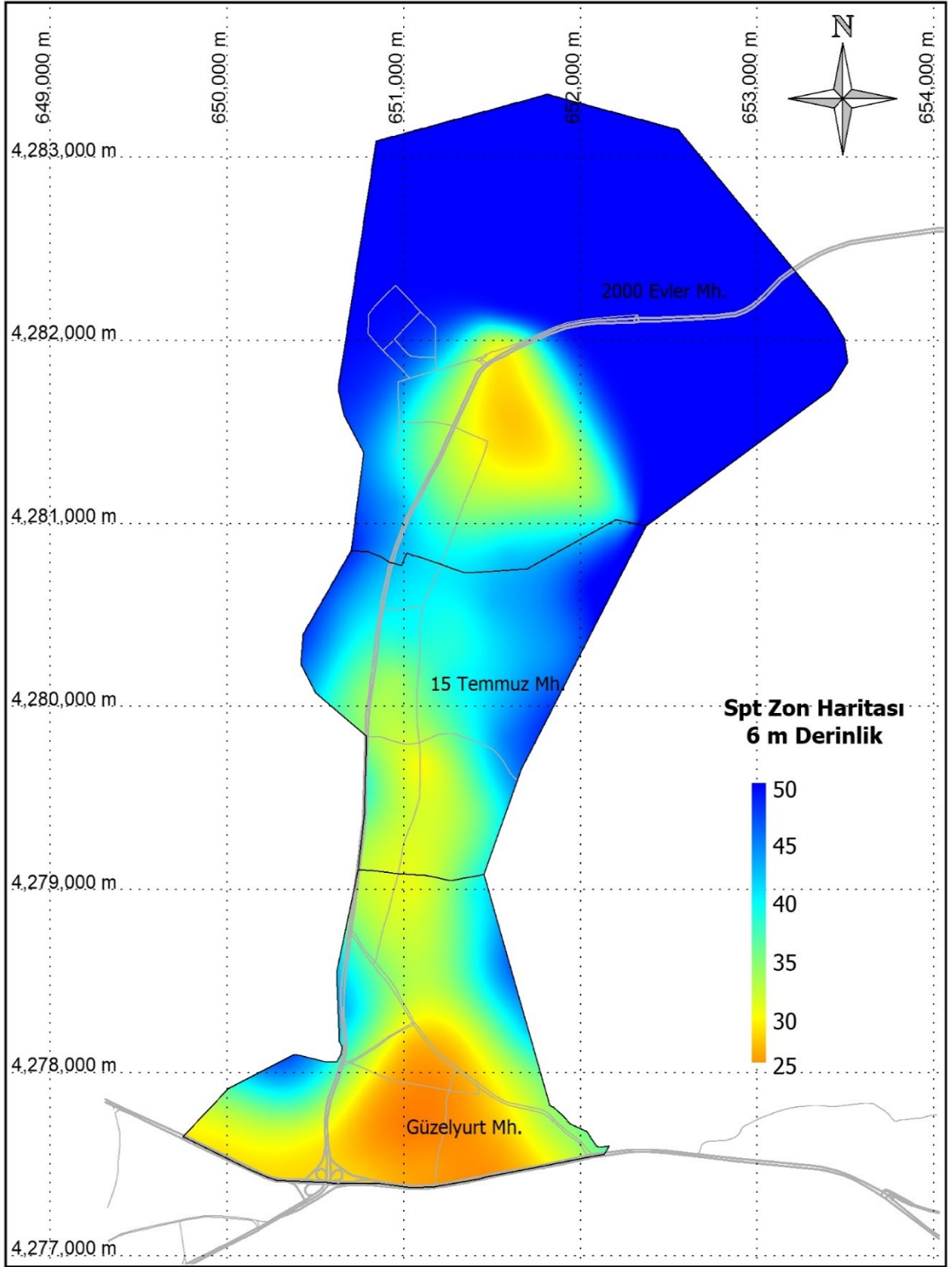
Yüzeyden 9 metre derinlikteki seviyelere bakacak olursak genel olarak yapılan SPT deneylerinin refü verdiğini görüyoruz (Şekil 6.6.). Derinlikle orantılı bir şekilde artan

değerler Güzelyurt Mahallesiinde 30-39 arasında yoğunlaşırken, en düşük değer Güzelyurt Mahallesiindeki Damat İbrahim Paşa Ortaokulu'nun kuzeydoğusunda 23-26 arasında ölçülmüştür. Bu seviyelerdeki genel birimler “orta sıkı”-“sıkı” olarak tanımlanır.

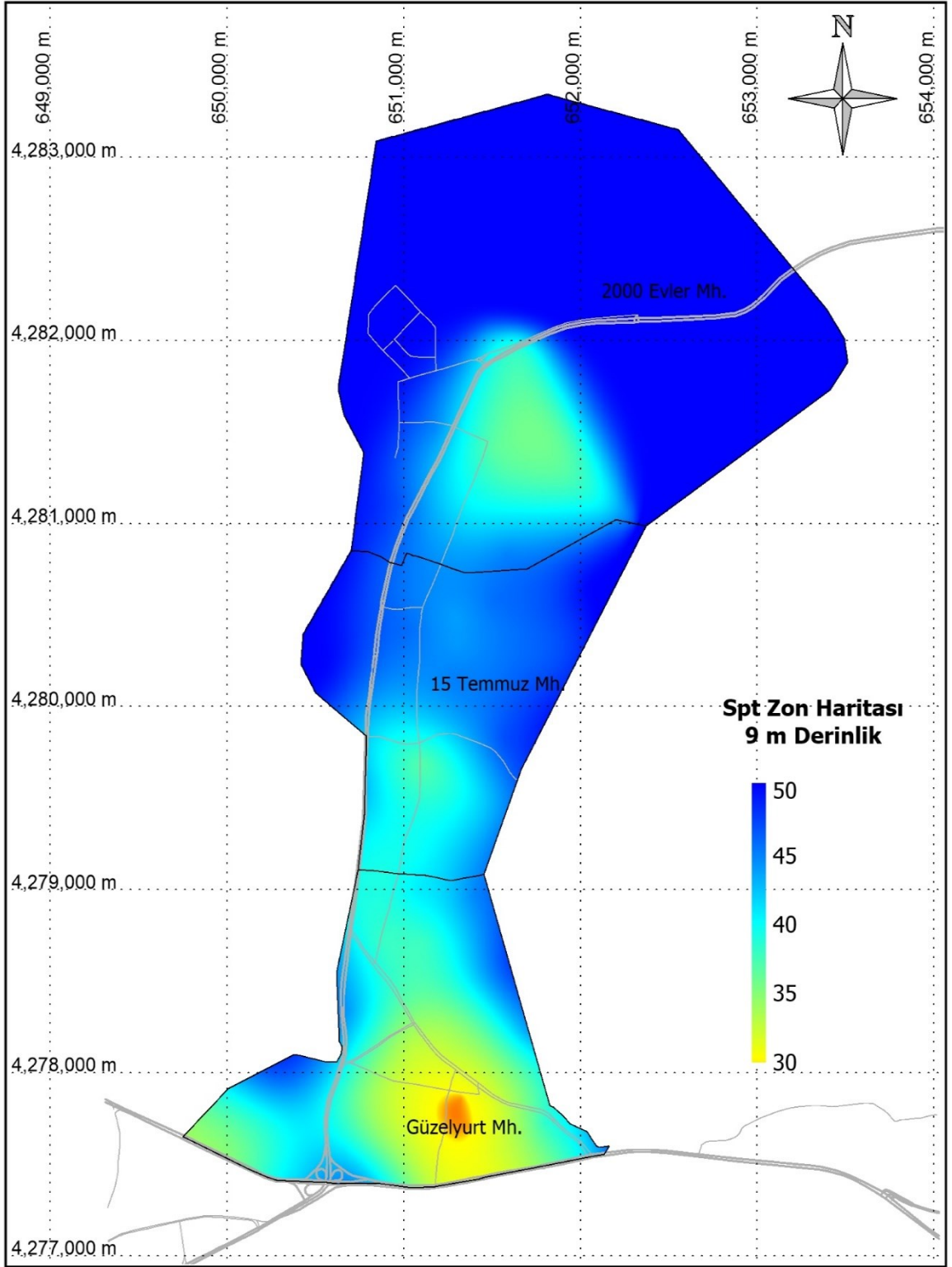
15 Temmuz Mahallesiinde 9 metre derinlikte yapılan SPT deneyleri genel olarak temel kayaya ulaştığından refü vermiştir. Fakat iç kesimlerinde N-darbe değerleri 30-39 arasındadır. Bölge “sıkı” birimleri temsil etmektedir. Aynı şekilde 2000 Evler Mahallesiinin iç kesimlerinde ölçülen N-darbe değerleri 31-37 arasındayken iç kesimlerden uzaklaştıkça değişen litolojiye bağlı olarak N-darbe değerleri artmaktadır. 2000 Evler Mahallesi genel olarak 50 ve daha yüksek N-darbe direncine sahip olduğundan “çok sıkı” birimler olarak sınıflayabiliriz. SPT-N direncinin düşey yöndeki değişimini irdeleyebilmek amaçlı yapılan SPT-N kesitlerinden de anlaşılacağı üzere zeminlerde, yüzeyden yaklaşık 10 metre derinlikten sonra değerlerin artarak 40-50'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.7 - Şekil 6.8). Ayrıca yeraltı suyu, alüvyonda sıvılaşma, kilde şişme gibi zeminde problemlere yol açtığından oldukça önemlidir. Çalışma alanında zeminlerde problemlere sebebiyet veren ve yapı temellerinde pek fazla istenmeyen yeraltı suyuna rastlanmamıştır.



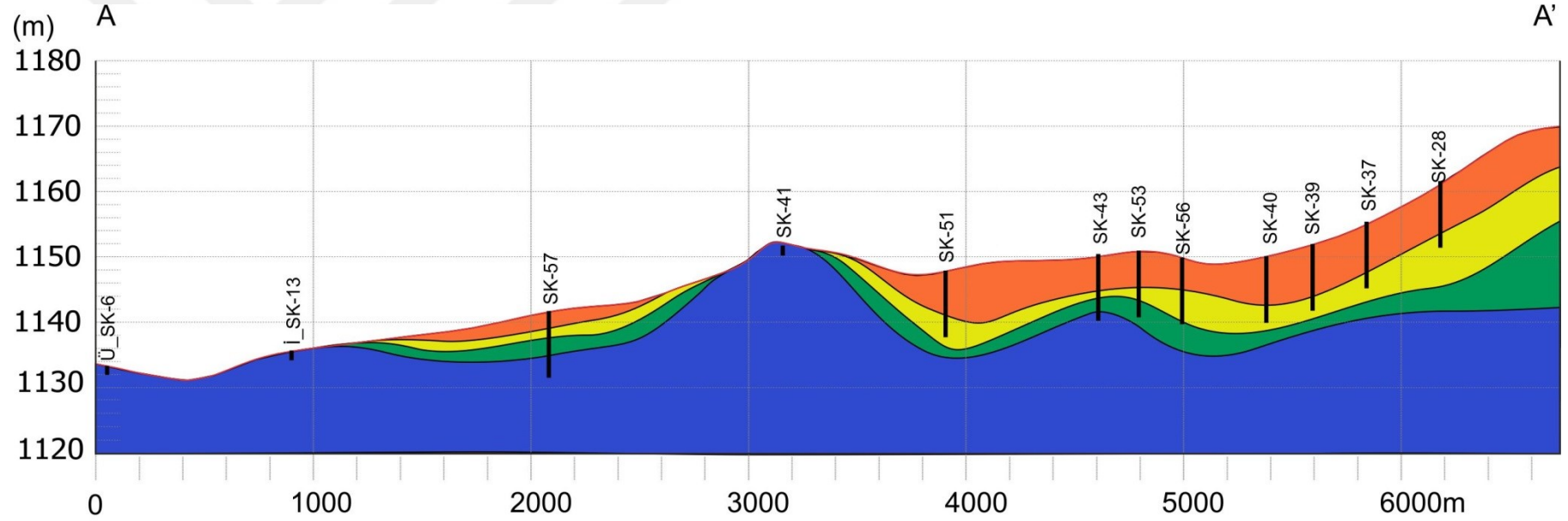
Şekil 6.4. Yüzeiden 3 m derinlik için SPT Zon haritası



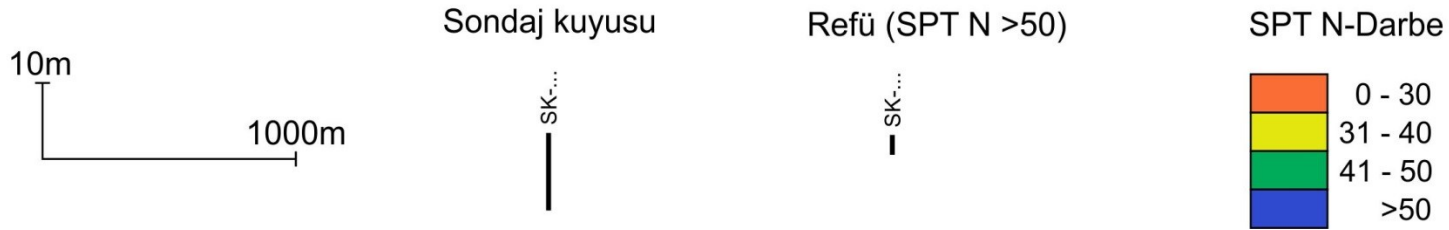
Şekil 6.5. Yüzeyden 6 m derinlik için SPT Zon haritası



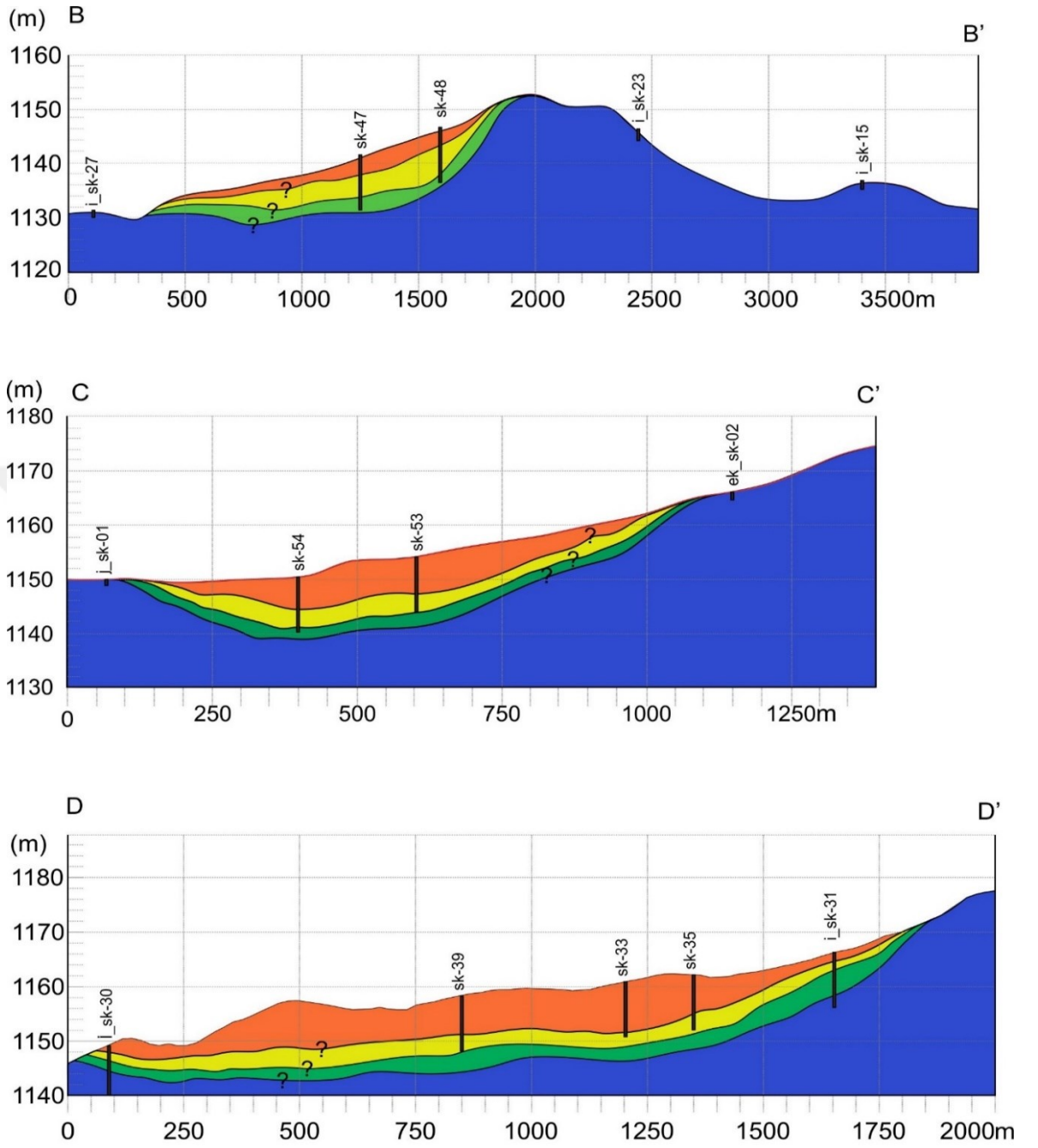
Şekil 6.6. Yüzeiden 9 m derinlik için SPT Zon haritası



AÇIKLAMALAR



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



AÇIKLAMALAR

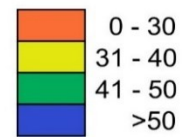
Sondaj kuyusu

SK-...

Refü (SPT N > 50)

SK-...

SPT N-Darbe



Şekil 6.8. Çalışma alanından alınan B-B' C-C' D-D' SPT kesitleri

6.3. Kayma Dalga Hız (Vs30) Haritası

Genel olarak zemin sınıflamasında ve kuvvetli yer hareketleri karşısında zeminin mühendislik davranışının belirlenmesinde kullanılan dinamik zemin parametreleri, sismik dalgalar yardımıyla elde edilen hız bilgilerinden üretilmektedir. Sismik yöntemler yüksek doğruluk ve ayırım gücü, araştırma derinliğinin fazla olması gibi nedenlerden dolayı mühendislik çalışmalarında en sık kullanılan jeofizik yöntemlerdendir [46].

Sismik dalga hızlarının ölçümleri SPT'ye bağlı yöntemi destekler ya da alternatif oluşturur. Özellikle kayma dalga hızı (Vs) sıvılaşma direncinin ya da sismik yükün belirlenmesinde bir parametre olarak kullanımı kaçınılmazdır. Çünkü Vs, sıvılaşma direnci ve sismik yük gibi parametreler; zeminin boşluk oranından, gerilme durumundan, birimlerin yaşından, efektif basıncından, bağlı sıklığından benzer bir biçimde etkilenmektedir [47].

Bunlara ek olarak Vs'in kullanımının avantajları bazı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur [48-56] bunlar;

- SPT'nin uygun olmadığı çakıllı zeminlerde de Vs ölçümleri yapılır.
- Vs ölçümleri laboratuvarda numuneler üzerinde de uygulanabilmesinden dolayı zeminin laboratuvar ve saha davranışları arasında doğrudan karşılaştırma yapmak mümkündür.
- Zeminin mekanik özelliği, zemin-yapı analizi ve depremin oluşturacağı etki kayma modülü ile doğrudan ilişkilidir.
- Sismik kırılma, sondajların uygulanmadığı kaya dolgu alanlarda, çakıl karışımı numune alımı zor olan alanlarda, hızlı değerlendirmelerin gerekli olduğu çok geniş alanlarda, yüzey dalgalarının spektral analiziyle belirlenebilir.

Vs30 haritası, inceleme alanındaki zeminin ilk 30 metresinde sismik uygulamalarla elde edilmiş olan ortalama S hızlarının haritasıdır [57]. Elde edilen kayma dalga hız (Vs30) verilerinden yararlanılarak ortamdaki yatay değişimlerini görebilmek amacıyla Vs30 zon haritası oluşturulmuş (Şekil 6.9.), Tablo 6.4. Uyanık vd., (2006) sınıflamasına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 6.4. Dalga hızları zemin tanımlamaları [57]

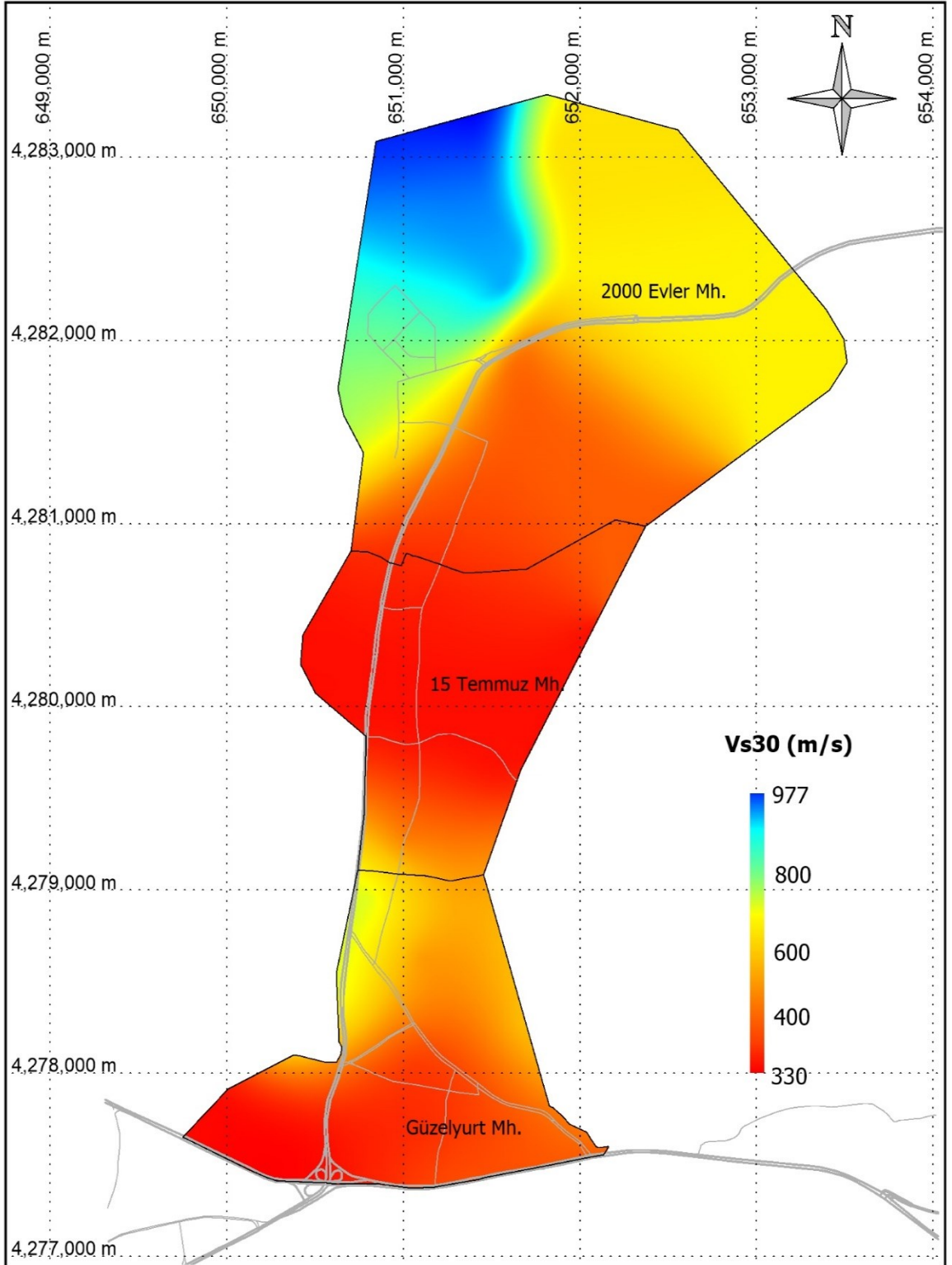
$V_s > 750$ m/s	Çok sıkı ya da ana kaya
$500 < V_s < 750$ m/s	Sıkı
$350 < V_s < 500$ m/s	Orta sıkı
$200 < V_s < 350$ m/s	Gevşek
$V_s < 200$ m/s	Çok gevşek

İlk 30 metre derinlik için hazırlanan V_{s30} dağılım haritasına göre V_{s30} değerleri Güzelyurt Mahallesi'nin güneybatısında en düşük değerler göstermektedir. Çalışma sınırları içerisindeki en düşük değerler de burada ölçülmüştür. Ölçülen değerler 322-512 m/s arasında değişim göstermektedir. Uyanık vd., (2006) sınıflamasına göre “gevşek” ve “orta sıkı” zeminler olarak tanımlanabilir. Mahallenin doğu bölgesinde ve batısındaki Jandarma Komutanlığının olduğu bölgelerde 797-910 m/s arasında değişen değerler ölçülmüştür. Bu bölgeleri ise “çok sıkı ya da ana kaya” olarak tanımlanabilir.

15 Temmuz Mahallesi'nde genel olarak V_{s30} değerleri 346-366 m/s arasındadır. Bu değerler mahallenin kuzey ve güneyine gidildikçe yükseliş göstermektedir. Bölgeyi yine “orta sıkı” zemin olarak tanımlanabilir.

2000 Evler Mahallesi diğer mahallelere göre daha yüksek kayma dalga hız değerlerine sahiptir. Değerler 428-909 m/s arasında değişirken en yüksek değerler, mahallenin kuzeybatısında; üniversite ve TOKİ civarlarında 731-909 m/s arasında ölçülmüştür. Bu bölgeyi “çok sıkı ya da ana kaya” olarak tanımlanabilir. Mahallenin kuzeydoğusunda 620-648 m/s arasında ölçülen değerler bölgeyi “sıkı” birimler olarak sınıflarken, mahallenin güneyinde ölçülen 428-442 m/s arasındaki değerler ise bölgeyi “orta sıkı” birimler olarak sınıflamaktadır.

Aynı bölgede yapılan SPT ve sismik kırılma deneyleri sonucunda yukarıda da belirtildiği gibi birbirini destekler niteliktedir. Bu iki yöntem de elde edilen sonuçlar Güzelyurt Mahallesi ve 15 Temmuz Mahallesi'nde birbiriyle uyumluysen 2000 Evler Mahallesi'nde kısmen uyumludur. Bunun sebebi SPT deneylerinin her zeminde uygulanmadığı için sağlıklı sonuçlar alınamamasından ve ya ölçüm verilerinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.9. Çalışma alanı kayma dalga hız (Vs30) haritası

6.4. Çalışma Alanı Zemin Hakim Periyodu (T_0) Haritası

Zemin kesitinde yer alan zemin tabakaları, bir noktadan diğer bir noktaya farklılık gösterebilir. Zemin tabakalarının kalınlıklarına, cinsine ve özelliklerine bağlı olarak deprem dalgaları da farklılıklar gösterir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında zemin hakim periyotları ve zemin büyütmesi gibi dinamik davranış özelliklerinin nasıl değiştiği belirlenmelidir [58].

Ana kaya üzerindeki zemin kütlelerinin “serbest salınma” geçmesi “periyot” olarak tanımlanır ve zemin katmanlarının dinamik özelliklerine bağlıdır. Doğada teknik olarak sağlam kaya üzerinde bulunan yumuşak bir zemin tabakasının küçük sönümsüz titreşimler için hakim titreşim periyodu aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [59].

$$T_0 = \sum \frac{4H}{v_s}$$

Yumuşak zeminde, sert zemine göre genliklerin en az iki kat büyük olduğu görülmektedir. Sert zeminlerde yalnız zemin hâkim periyoduna yakın değerlerde büyük ivmeler görülür. Yumuşak zeminlerde ise ivmeler sert zeminlerdeki kadar büyük değildir fakat geniş bir periyot alanını kaplar [22].

Zemin hakim periyodu, 0 – 1 arasında değer alır ve yapılacak bina yüksekliği hakkında bilgi verir. Depremde, hasarın oluşmasında en büyük pay yer ivmesi, periyot, frekans ve deprem süresine bağlıdır. İvme değeri büyük, yüksek frekanslı ve çok kısa sürede gerçekleşen bir deprem hasar oluşturmazken, buna karşılık düşük ivmeli bir deprem, frekans ve deprem süresine bağlı olarak büyük hasarlara neden olabilir. Deprem zararlarının azaltılması açısından yapılması gereken, zeminin hakim periyodunu değiştirmek zor ve maliyetli olması nedeniyle, genellikle yapının hakim periyodunun zemin hakim periyodundan farklı dizayn edilmesi yoluna gidilebilir. Bunun için öncelikle zeminin hakim periyodunun doğru tespit edilmesi gereklidir. Zeminin doğal hâkim titreşim periyodu ile zemin cinsi arasındaki ilişki aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 6.5.). Hâkim titreşim periyodu büyüdükçe zeminin daha yumuşak zemin sınıfına doğru gittiğini bu tablodan da görebiliriz. Zemin hakim titreşim periyodu ve spektral büyütme ölçütleri Tablo 6.6.’da verilmiş olup Ansal ve diğerleri 2004’e göre yorumlanmıştır.

Tablo 6.5. Zemin sınıflandırması ve zemin hâkim periyodu (Türkiye deprem şartnamesi, 1975)

Zemin Cinsi	Tanımlama	T ₀ (sn)	Ort. T ₀ (sn)
1	Masif volkanik ve derinlik kayaçları, ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, çok sert çimentolu tortul kayaçlar	0.20	0.25
	Çok sıkı kum, çakıl	0.25	
	Çok sert kil	0.30	
2	Tüf ve aglomera gibi gevsek magmatik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu kayaçlar	0.35	0.42
	Sıkı kum, çakıl	0.40	
	Sert kil	0.50	
3	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan, çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar	0.55	0.60
	Orta sıklıkta kum, çakıl	0.60	
	Katı kil, siltli kil	0.65	
4	Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak ve kalın alüvyon tabakaları, bataklık tipi veya çamur diptideniz doldurulması ile oluşan zeminler ve dolgu tabakaları	0.70	0.80
	Gevsek kum	0.80	
	Yumuşak kil, siltli kil	0.90	

Tablo 6.6. (a) Zemin hakim titreşim periyotları ölçütleri (b) spektral büyütme ölçütleri [60]

(a)		(b)	
Zemin Hakim Titreşim Periyodu 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	-	-

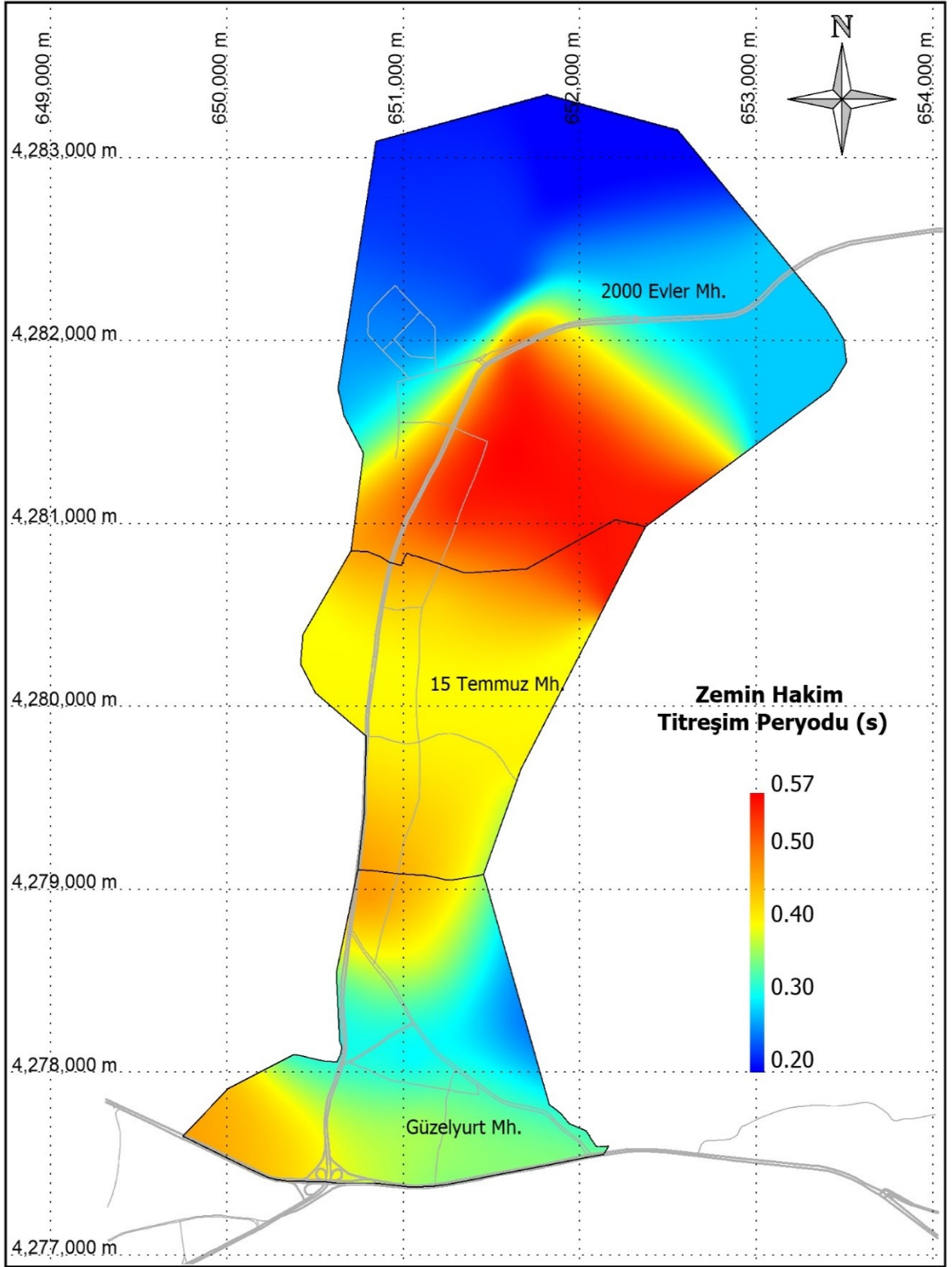
Çalışma alanında yapılan analizler sonucu hazırlanan zemin hakim titreşim periyodu haritası Şekil 6.10.'da verilmiştir. Çalışma alanında zemin hakim titreşim periyodu genel olarak 0.19 – 0.59 sn arasında değişmektedir.

Güzelyurt Mahallesinde 0.19-0.55 sn arasında değişen değerler, kuzeybatı ile güneybatı sınırlarında en yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bölgeyi daha ayrıntılı incelersek, itfaiyenin ve Kapadokya Hastanesinin bulunduğu bölgelerde zemin hakim titreşim periyodu ortalama $T_0 = 0.55$ sn değerleri ölçülmüştür. Ansal ve diğ. 2004 a göre, “yüksek” tehlike düzeyine sahip bu bölgelerde yapılacak olan yapının hakim titreşim periyodu iyi hesaplanması gerekmektedir. Güzelyurt Mahallesinin doğusunda ve Jandarma Komutanlığının bulunduğu bölgelerde $T_0 = 0.19-0.29$ sn arasında değişmektedir. Bu bölgeleri “düşük” tehlikeli, bu alanlar dışındaki yerleri ise “orta” tehlikeli bölge şeklinde değerlendirebiliriz.

15 Temmuz Mahallesinde sayıca az fakat birbirleriyle uyumlu bir bütünlük sağlayan veriler T_0 0.39-0.41 sn arasında değişmektedir. Periyot aralığına göre “orta” tehlikeli bir alanı temsil eden değerlerin kuzeye gidildikçe yükseldiği görülmektedir.

2000 Evler Mahallesinde en yüksek ve en düşük hakim periyot değerleri ölçülmüştür. Üniversite yerleşkesi ve TOKİ'nin bulunduğu kesimlerde $T_0 = 0.19-0.28$ sn arasında ölçülen değerler bölgenin “düşük” tehlikeli zeminlerden oluştuğunu gösterirken, mahallenin güneyinde $T_0 = 0.56-0.59$ sn arasında ölçülen değerlerinin ise bölgenin “yüksek” tehlike düzeyine sahip zeminlerden oluşturduğunu göstermektedir.

Olası bir depremde yapıların hasar görmemesi için “yüksek” tehlikeli bölgelerde yapıların öz periyotları, yapıyı yıkan zemin hakim periyodundan farklı tasarlanmalıdır. Yoksa bu periyot aralığına sahip olası bir deprem, aynı periyot aralığına sahip zemin ve binalarda rezonans durumu oluşturacaktır. Dolayısıyla bu aralıkta bulunan binalar diğer binalara göre daha büyük genlikli dalgalarla sallanarak deprem hasarı artacaktır.



Şekil 6.10. Çalışma alanı zemin hakim periyodu (T_0) haritası

6.5. Zemin Büyütmesi Haritası

Bir deprem meydana geldiğinde, farklı hızlarda yayılmaya başlayan sismik dalgalar yeryüzüne eriştiklerinde birkaç saniyeden dakikalara varan sürelerde titreşimler üretirler. Titreşimlerin süresi ve şiddeti depremin büyüklüğüne, kaynağa olan uzaklığına ve yerel zemin özelliğine bağlıdır.

Zeminlerin özelliklerine bağlı olarak deprem dalgalarını çeşitli oranlarda büyüttüğü bilinmektedir. Yüzeğe yakın zemin tabakalarından geçen bu dalgalar genliklerinde meydana gelen artış zemin büyütmesi olarak ifade edilmektedir.

Zemin büyütmesi, anakaya derinliği, zemin tabakalarının kalınlığı, dinamik özellikleri, zemin tabakalarının yanal düzensizliği ve topoğrafik özellikler gibi yerel zemin koşullarından etkilenmektedirler [61]. Deprem sırasında özellikle yumuşak zeminler üzerindeki yapıların, sert zeminlere veya kaya ortamlarına göre daha fazla hasar alması bu etkileşimin en büyük göstergesidir. Bu büyütme etkisi deprem şiddetini arttırmaktadır [23].

Zemin tabakalarının kayma dalgası hızı, zemin büyütmesini değerlendirmek için kullanışlı bir indeks özelliğidir. Shima (1978) analitik olarak hesaplamış olduğu büyütme faktörünün, anakaya–zemin tabakası sismik hızları oranı ile doğru orantılı bir ilişkide olduğunu bulmuştur. Yine, yer hareketinin gözlemi ve analizlerine dayanan incelemelerde, belirli bir derinlik için yüzey tabakasının ortalama kayma dalgası hızı, bağıl büyütme ile güçlü bir ilişki göstermektedir [61-63]. Bazı araştırmacılarca geliştirilen V_{s30} hızı ile büyütme ilişkisi Tablo 6.7.'de, jeolojik birim arasındaki ilişki Tablo 6.8.'de, V_{s30} ile büyütme faktörü arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi Şekil 6.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.7. Kayma dalgası hızına ($V_s,30$) bağlı zemin büyütme ilişkileri [61-63]

Araştırmacılar	Kayma dalga hızı büyütme İlişkisi
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: Zemindeki en büyük hız için bağıl büyütme faktörü

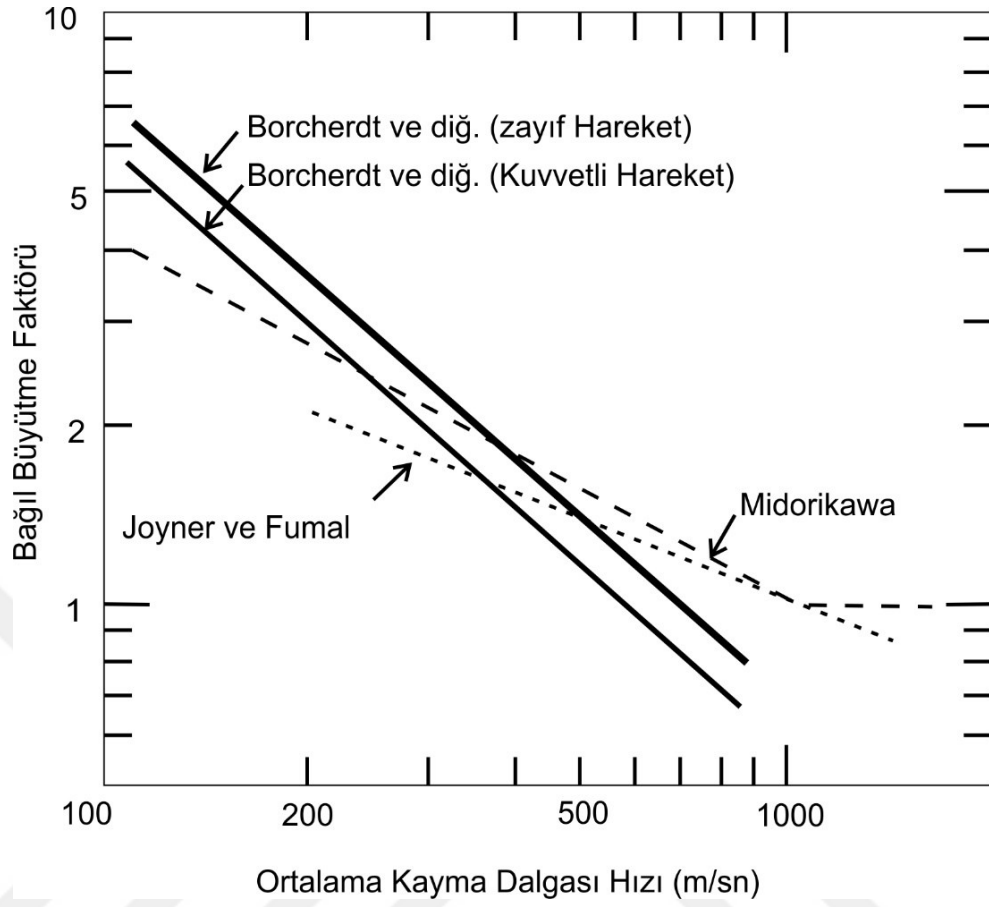
AHSA: 0.4 ~ 2.0 s periyot aralığında ortalama yatay spektral büyütme

V_1 : 30 m derinlik içerisindeki ortalama kayma dalgası hızı (m/sn)

V_2 : Bir saniye periyodlu dalga için $\frac{1}{4}$ dalga derinliğe kadar ort. kayma dalgası hızı (m/sn)

Tablo 6.8. Çeşitli jeolojik birimlere göre Borcherdt & Gibbs (1976), Shima (1978) ve Midorikawa (1987) tarafından verilen bağıl büyütme katsayıları [61-63]

Araştırmacı	Jeolojik Birim	Bağıl Büyütme Faktörü
Midorikawa (1987)	Halosen	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
Borcherdt & Gibbs (1976)	Körfez Çamuru	11.2
	Alüvyon	3.9
	Granit	1.0



Şekil 6.11. Kayma dalgası hızına bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü [62-64]

Zemin büyütmesi, zeminin olası bir depremde deprem şiddetine % olarak katkısı biçiminde tanımlanabilir. Çalışma alanında zemin deprem büyütmesi haritasını hazırlamak için sismik kırılma ölçümlerinden yararlanılmıştır. Bu ölçümler, zemin deprem büyütmesi, Medvedev (1965) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır [65].

n: Zemin büyütmesi

V_0 : Temel kayanın sismik dalga hızı (m/sn)

V_n : Araştırılan zeminin sismik dalga hızı (m/sn)

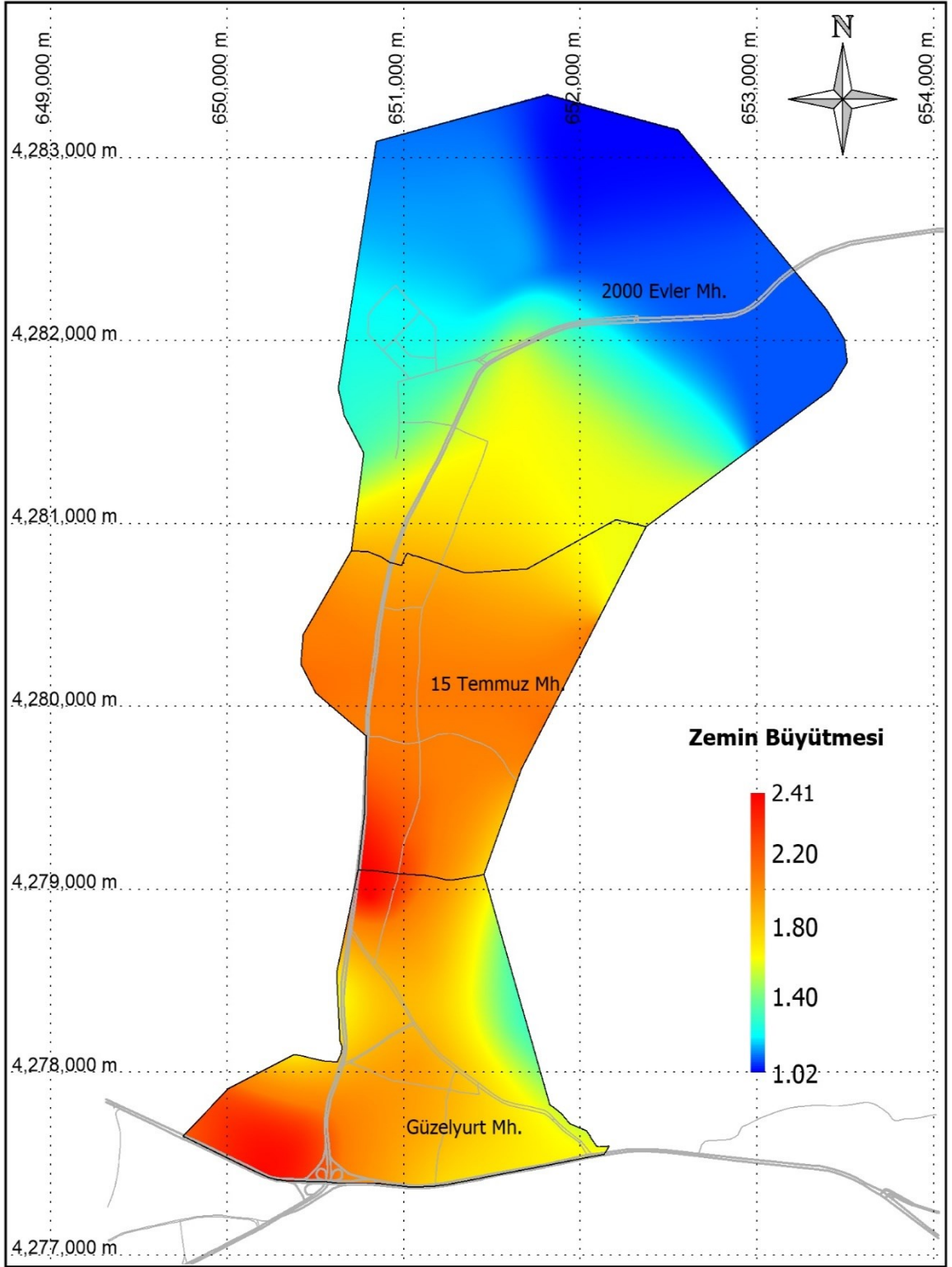
ρ_0 : Temel kayanın yoğunluğu

ρ_n : Araştırılan zeminin yoğunluğu

χ_n : Gözlemlerden hesaplanan zemin katsayısı

$$n = \chi_n \log \left(\frac{V_0 \cdot \rho_0}{V_n \cdot \rho_n} \right)$$

Hesaplanan bu değerler CBS Mapinfo yazılımı ile değerlendirilerek çalışma alanının zemin büyütme haritası hazırlanmıştır (şekil 6.12). Hazırlanan zemin büyütmesi haritası incelendiğinde, temel kayaya nispeten daha yumuşak birimlerin ve alüvyon örtünün kalın olduğu yerlerde zemin büyütmesi 2.41 değerine ulaşırken, yumuşak birimlerin kalınlığının giderek azaldığı özellikle kuzey bölümlerde zemin büyütmesi 1.02 olarak ölçülmüştür. Çalışma alanı, Ansal ve diğerleri 2004 tablosu (Tablo 6.6.)'na göre "düşük" tehlike düzeyinde sınıflandırılmıştır. Zemin büyütmesi açısından en sıkıntılı bölgeler, zemin büyütme değerlerinin 2 - 2.41 arasında değiştiği, Güzelyurt Mahallesi'nin güneybatı kesimi ile kuzey batısındaki Kapadokya Hastanesinin bulunduğu kesimlerdir. 15 Temmuz Mahallesi'nde 1.90 – 2.02 arasında değişen zemin büyütme değerlerinin kuzeyde yani 2000 Evler Mahallesi'nde azalarak 1.02 – 1.63 arasında değiştiğini söyleyebiliriz.



Şekil 6.12. Çalışma alanı zemin büyümesi haritası

7. BÖLÜM

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR GÖRE ZEMİN SINIFLAMASI

Zeminlerin sınıflandırılması mühendisler arasında kullanılan ortak bir dil olarak düşünülebilir. Bir zemine atanabilecek birkaç harf veya sayı, mühendise ya da teknikere zeminin olası fiziksel özellikleri, hatta mekanik davranışları hakkında çok hızlı bir fikir sağlamaktadır.

7.1. Yerel Zemin Sınıfı Haritası

Yerel zemin sınıfları Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre, yapı temeli altında kalan zeminin karakterini temsil etmektedir. Bu yönetmeliğe göre zemin grupları belirlenirken çeşitli parametrelere göre sınıflandırma yapılmaktadır. Bu parametreler Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları (SPT-N), kayma dalgası hızı (V_s), eksenel basınç deneyleri ve kumlu zeminler için rölatif sıklık değerleridir [66]. Bu çalışmada inceleme alanına ait yerel zemin sınıfları belirlenirken zemine ait kayma dalgası hızı (V_s) değerlerinden yararlanılmıştır.

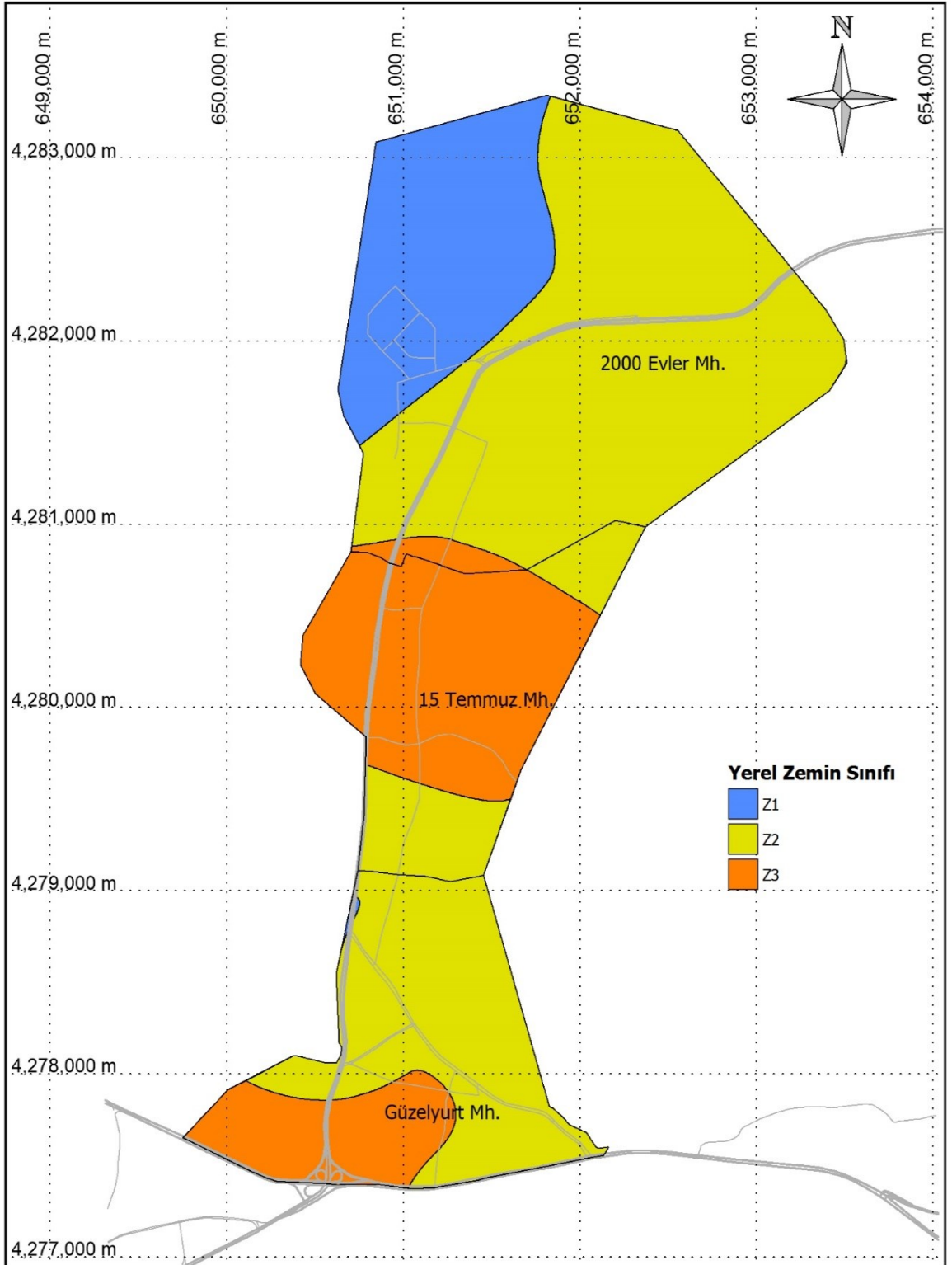
Türkiye deprem yönetmeliğinde 4 çeşit zemin grubu ve 4 çeşit zemin sınıfı vardır. Zemin grupları A, B, C ve D harfleriyle adlandırılırken zemin sınıfları da Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak adlandırılır. Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de yerel zemin sınıfları ve zemin grupları verilmiştir [67]. Yukarıda belirttiğimiz sismik dalga hızına bağlı olarak yapılan sınıflamada Z1, sismik dalga hızı en yüksek ($V_S > 700$ m/sn), yani sert ana kaya zeminlere, Z4 ise sismik dalga hızı en düşük olan ($V_S < 200$ m/sn), yani yumuşak zeminlere karşılık gelmektedir. Yönetmelikte aynı zamanda bu zemin sınıflarının hakim periyot aralıkları ve maksimum spektral büyütme de belirtilmiştir. Çalışma alanında elde edilen veriler, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik çerçevesinde değerlendirilerek yerel zemin sınıfları belirlenmiştir. Sonuçlar Mapinfo yazılımına aktararak bölgenin yerel zemin sınıfı haritası hazırlanmıştır (Şekil 7.1.). Elde edilen bilgiler doğrultusunda 2000 Evler Mahallesi'nin kuzeybatı bölgesindeki TOKİ ve üniversitenin bulunduğu kesim ile Güzelyurt Mahallesi'ndeki Jandarma Komutanlığı'nın bulunduğu dar bir kesim Z1 sınıfı, Güzelyurt Mahallesi'nin güneybatı bölümünde Taşlıbel Mezarlığı ile İtfaiye arasında kalan kısımlar ve 15 Temmuz Mahallesi'nin bir kısmı Z3 sınıfı, bu bölgelerin dışında kalan alanlar ise Z2 sınıfı olarak tanımlanmıştır.

Tablo 7.1. Türkiye afet yönetmenliğine göre zemin grupları [67]

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (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, kalın alüvyon tabakaları...	----	----	----	<200
	2. Gevşek kum...	<10	<35	----	<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil...	<8	----	<100	<200

Tablo 7.2. Türkiye afet yönetmenliğine göre yerel zemin sınıfları [68]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler



Şekil 7.1 Çalışma alanının yerel zemin sınıfı haritası

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

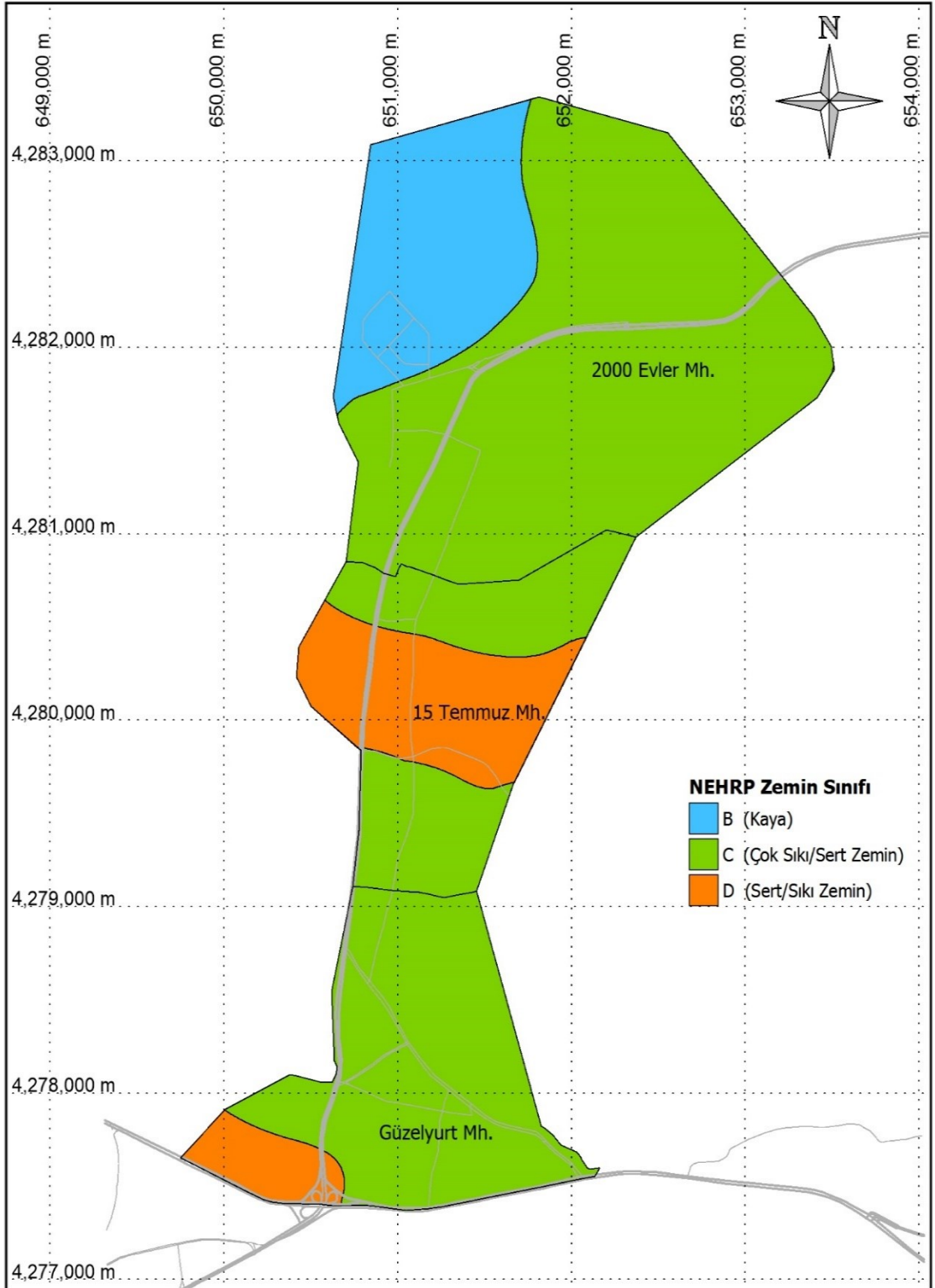
Jeofizik ölçümlerle elde edilen S-dalgası hız profil değerleri kullanarak zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için çeşitli sınıflama kriterleri mevcuttur. Bu sınıflama kriterlerinden birisi de NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) zemin sınıflama kriterleridir. NEHRP, A.B.D’de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul görmüş ve yeni yapılan inşaatların sismik dizaynında yaygın olarak kullanılan zemin sınıflama kriterleridir [69]. NEHRP’e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 m derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanmaktadır ve bu sınıflar Tablo 7.3.’te verilmiştir.

Tablo 7.3. NEHRP’e göre zemin sınıflama kriterleri [69]

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

NEHRP sınıflama kriterlerine göre zeminler Vs30 ortalama değerlerine göre, A ile F arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflamaya göre en yüksek kalitedeki A tipi zemin, Vs30 hızı 1500 m/sn veya daha yüksek olan, en düşük kalitedeki E tipi zemin, Vs30 hızı 180 m/sn veya daha düşük olan zeminler olarak tanımlanmıştır. F sınıfı zeminler ise kalınlığı 36 metreden daha fazla ve düşük Vs (< 180 m/sn) hızlı zeminler olarak tanımlanmıştır.

Mühendislik yapılarının dizaynı için kullanılan zemin sınıflaması, yüzeyden en fazla 30 m derinliğe kadar olan bölümün yani Vs30 hızına göre yapılması kabul görmektedir [70]. Bundan yola çıkararak bölgenin NEHRP zemin sınıflama haritası hazırlanmıştır (şekil 7.2.). Vs30' a göre yapılan NEHRP zemin sınıflamasının, yerel zemin sınıflaması ile uyumlu fakat sınıflanan birimlerin sınırlarında ufak da olsa değişmelerin olduğu gözlenmektedir. Haritadan edinilen bilgiler ışığında 2000 Evler Mahallesi'nin kuzeybatı bölgesinde 731-1011 m/sn arasında değişen Vs30 değerleri llmştir. Bu değerlere göre B zemin sınıfı "sağlam - dayanıklı ile sert kaya arası birimler" belirlenmiştir. Güzelyurt Mahallesi'nin güneybatısı ile 15 Temmuz Mahallesi'nin iç kısımları D zemin sınıfı "sert toprak", bu bölgeler dışında kalan ve çalışma alanına hakim olan C zemin sınıfı "yoğun toprak - yumuşak kaya" birimlerin varlığından söz edebiliriz.



Şekil 7.2. Çalışma alanının NEHRP hükümlerine göre zemin sınıfı haritası

8. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Nevşehir il merkezinin kuzey bölümünde yapılan bu çalışmada, yerel zeminin mühendislik özellikleri jeolojik, jeofizik ve jeoteknik verilerin birlikte kullanımı ile detaylı olarak irdelenerek ortaya konulmuştur. Bölgenin jeoloji haritası, önceki çalışmalar ve saha gözlemlerinden yararlanılmış olup, bunların yanında CBS tabanlı haritalar üretilerek söz konusu özelliklerin belirlenmesinde büyük fayda sağlamıştır. Haritaların üretiminde Nevşehir ili, Merkez ilçe, Revize İmar Planına Esas Jeolojik - Jeoteknik Etüt Raporundan ve zemin etüt raporlarından elde edilen bilgilerden yararlanılarak hazırlanan veri tabanı esas alınmıştır. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

i) Çalışma alanı ve dolayında bölgenin jeolojik açıdan temelini granit, granit porfir, kuvarslı porfir, granadiorit ve şistli kayalardan meydana gelen Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Ortaköy Granitoidleri oluşturmaktadır. Bölgede Orta-Üst Miyosen'de başlamış ve Kuvaterner sürecinde devam etmiş yoğun karasal volkanizma ürünleri olan; sarı – boz renkli, ince tabakalı, silttaşı, kiltası ve tüfit ardalı Tuzköy Formasyonu ve volkanik çökellerden oluşan Ürgüp Formasyonları yer almaktadır. Bu birimlerin dışında volkaniklastik bazalt kayalar tüm bu birimleri örterek bölgede geniş yüzeylenme sunmaktadır. Bahis konusu bu birimlerin jeoteknik özellik ve parametrelerin belirlenmesi için zemin sondajı, rezistivite ve sismik kırılma çalışmaları tercih edilmiştir.

ii) Çalışma alanı çevresinde tektonik faaliyetleri kontrol eden birçok diri fay bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Kızılırmak fayı, Tuz gölü fayı, Ecemiş fayı, Derinkuyu fayı ve Gümüşkent fayıdır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde 1900–2005 yılları arasında 4,0–5,0 magnitüdündeki depremlerin daha yoğunlukta olduğu görülmektedir. Tarihsel deprem kayıtları göz önünde bulundurularak deprem oluşturma potansiyelli faylar iyice değerlendirilmeli ve yerleşim alanları buralardan olabildiğince uzak tutulmalıdır. Uygun alanların seçimi için AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası oluşturmuştur. Bu haritaya göre çalışma sahasına özel deprem yer hareketi spektrumları hesaplanmıştır. İnceleme alanında standart tasarım deprem yer hareketi (475 yıl tekrarlanma periyodu)'ne göre bu değerler aşağıda belirtilmiştir.

$PGA = 0.090$ (g) $PGV = 5.900 - 6.000$ (cm/sn) $S_s = 0.209$ $S_1 = 0.068$
 $S_{DS} = S_s F_s = 0.209 \times 1.300 = 0.271$ (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)
 $S_{D1} = S_1 F_1 = 0.068 \times 1.500 = 0.102$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

iii) Çalışma kapsamında arazi kullanımı ve yerleşime uygunluk açısından önemli bir kriter olan eğim haritası hazırlanmıştır. Eğim analizinin belirlenmesi için Sayısal Yükseklik Modelinden yararlanılmıştır. Çalışma alanı incelendiğinde yerleşim yerleri çoğunlukla düşük eğimli alanlardan oluşurken, alanının doğu sınırları yüksek eğim derecelerine sahip alanlardan oluşmaktadır. Ayrıca yer yer yüzeylenmiş kırıklı çatlaklı bloklar mevcuttur. Bu alanlar heyelan, kaya düşmesi gibi olası risklerle birlikte kazı maliyeti açısından da değerlendirildiğinde arazi kullanımı için kısıtlı alanlardır.

iv) Çalışma alanında temel birimi oluşturan zeminlerin genel olarak çok değişken olmayan bir profile sahip olduğu görülmektedir. Yapılan arazi deneyleriyle yanal ve düşey olarak değişimleri ortaya konularak karşılaştırılmıştır. 3 metre derinlik için jeoteknik deneylerle elde edilen SPT-N darbe değerleri 20-30 arasında yoğunlaşmaktadır. Çalışma alanı genel olarak “orta sıkı” birimlerden oluşmaktadır. 50 ve 50 den büyük değerlerin ölçüldüğü 2000 Evler Mahallesi'nin kuzey kesimlerinde ve bölgenin temel kayaçlarını oluşturan bazı lokasyonlarda “sıkı” ve “çok sıkı” birimlerin varlığından söz edebiliriz. Ayrıca 6 ve 9 metre derinlikle orantılı bir şekilde artan SPT-N değerleri, derinlik arttıkça “gevşek” birimlerden “sıkı” birimlere geçtiğini de göstermektedir.

v) Çalışma alanında zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde SPT' ye alternatif oluşturmak için kayma dalgası hızları (V_{s30}) ölçülmüş ve haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında 30 metre derinlik için oluşturulan haritaya göre 322-512 m/s ile en düşük değerlerin ölçüldüğü Güzelyurt ve 15 Temmuz Mahallelerinde “gevşek” ve “orta sıkı” birimler hakimdir. 731-909 m/s arasında en yüksek değerlerin ölçüldüğü 2000 Evler Mahallesi'nde ise “çok sıkı ya da ana kaya” birimler hakimdir. SPT-Vs arasındaki ilişki beklenildiği gibi doğrusal bir uyum göstermektedir.

İnceleme alanı içerisindeki birimler su içeriklerinin düşüklüğü, yeraltı suyu problemi olmayışı ve genel olarak “sıkı” özellikli oluşundan dolayı taşıma gücü değerleri de

oldukça yüksektir. Bu da bahis konusu birimlerin yapılaşmalar açısından uygun olduğunu ortaya koymaktadır.

vi) Muhtemel bir deprem dalgası ile mühendislik yapısının rezonansa girip zarar görmesini önleyebilmek için bazı parametreler hesaplanarak önlemler alınmalıdır. Bu parametrelerden biri olan zemin hakim titreşim periyodu, yapılacak bina yüksekliği hakkında da bilgi verir. Çalışma alanında zemin hakim titreşim periyodu genel olarak 0.19 – 0.59 sn arasında değişmektedir. En yüksek değerlerin ölçüldüğü “yüksek” tehlikeli bölgelerde deprem zararlarının azaltılması açısından yapılması gereken, zeminin veya yapının periyodunun birbirinden uzak tutulması gerekmektedir. Böylece oluşacak yapı hasarlarının azalmasına katkı sağlanacaktır. Fakat zemin hakim periyodunu değiştirmek zor ve maliyetli olması nedeniyle, genellikle yapının hakim periyodunun zemin hakim periyodundan farklı tasarlanması yoluna gidilebilir.

vii) Zeminlerin deprem sırasındaki davranışının belirlenmesindeki bir diğer unsur ise zemin büyütmesidir. Bu zemin büyütmesi deprem şiddetini artırarak yumuşak zeminler üzerindeki yapının sert zeminler üzerindeki yapıya göre daha fazla hasar almasına sebebiyet verir. Kayma dalgası hızı, zemin büyütmesini değerlendirmek için kullanışlı bir indeks özelliğindedir. Bundan yola çıkılarak çalışma alanında % olarak hesaplanan zemin büyütme değerleri 1.02 ila 2.41 arasında değişmektedir. Zemin büyütmesi açısından sıkıntılı sayılabilecek yumuşak birimlerin ve alüvyon örtünün kalın olduğu yerlerin, “düşük” tehlike düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

viii) Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre, yapı temeli altında kalan zeminin karakterini temsil etmek için yerel zemin sınıflaması yapılmıştır.

Çalışma alanı, yerel zemin sınıfı haritasına göre değerlendirildiğinde; çalışma alanında üç çeşit zemin sınıfı mevcut olup Z4 zemin sınıfı (gevşek – yumuşak) zeminlere rastlanılmamıştır. Güzelyurt Mahallesi'nde iki tür zemin sınıfı gözlenmiştir. Mahallenin güney batısında Z3 sınıfı zeminler yer alırken, diğer bölgelerde ise Z2 sınıfı zeminler yer almaktadır. 15 Temmuz Mahallesi'nde de aynı şekilde Z2 ve Z3 olmak üzere iki tür zemin sınıfı gözlenirken, mahallenin iç ve kuzey bölgelerinde Z3 sınıfı zeminler gözlenmiştir. 2000 Evler Mahallesi'nde üç farklı zemin sınıfı gözlenmektedir. Z1 sınıfı zeminler mahallenin batısında, Z2 sınıfı zeminler mahallenin doğusunda, Z3 sınıfı

zeminler ise mahallenin güneyinde çok az bir bölgede gözlenmektedir. Genel olarak çalışma alanını Z2 zemin sınıfına ait (sıkı – katı) birimlerin oluşturduğunu söyleyebiliriz.

ix) Zeminin karakterini sınıflamada ve mimari yapıların sismik dizaynında kullanılan bir başka yöntem de NEHRP Zemin Sınıflamasıdır. Zemin, Vs30 ortalama değerlerine göre, A ile F sınıfı arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. Çalışmalarla elde edilen veriler neticesinde NEHRP Zemin Sınıfı haritası oluşturulmuş ve çalışma alanı zeminleri sınıflandırılmıştır. Haritasından da anlaşılacağı üzere çalışma alanında B (kaya), C (çok sıkı / sert zemin) ve D (sert / sıkı zemin) sınıfı zeminler mevcuttur. Bölgeye hakim olan C sınıfı zeminlerdir. B (Kaya) sınıfı zeminler sadece 2000 Evler Mahallesi'nin batı kesimlerinde görülürken, D (sert / sıkı zemin) sınıfı zeminler 15 Temmuz Mahallesi'nin orta kesimlerinde ve Güzelyurt Mahallesi'nin güney batı kesimlerinde görülmektedir. Sınıflamada kullanılan her iki yöntem, zeminin kayma dalga hızına göre analiz edildiği için birbiriyle uyumlu özellik sergilemektedir.

Bu çalışmada üretilen haritalar, ileriye yönelik araştırmalara ışık tutacaktır. Ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri güncellenebilir ve geliştirilebilir olduğundan bu çalışma da güncellenebilir ve geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Burrough, P. A., “Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment”, *Oxford University Press*, 1998.
2. 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.
3. İnternet: Nevşehir Valiliği “İlimiz Rehberi” <http://www.nevsehir.gov.tr/ilimiz-rehberi>.
4. Toprak, V., “Vent distribution and its relation to regional tectonics”, *Cappadocian Volvanics, Turkey. J. Vol. Geotherm. Res.*, vol.85, p.55-67, 1998.
5. 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, 1998b.
6. Beekman, P.H., “İncesu bölgesinin (Kayseri) jeolojik ve volkanolojik etüdü”. *MTA Rapor No:6880*, Ankara,1963.
7. 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.
8. Le Pennec, 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.
9. 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.
10. Erdoğan, M., “Nevşehir Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması”, *İ.T.Ü. Maden Fakültesi Doktora Tezi*, s. 100, 1986.
11. Ercan, T., “Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması”, *MTA Dergisi*, 107, 119-140, 1986.

12. Korkanç, M., “İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı.” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 31 (1),49-60, 2007.
13. Doğan, G.D., “Cemilköy İgnimbiritinin (Kapadokya) Petrolojisi ve Jeokimyası”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL. Tezi*, Ankara, 2006.
14. Mues-Schumacher, U., Schumacher, R., Viereck-Götte, L.G., Lepetit, P., “Areal Distribution and Bulk Rock Density Variations of the Welded İncesu İgnimbrite”, *Central Anatolia, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 249-267, 2004.
15. Sayın, M. N., “Fairy Chimney Development in Cappadocian İgnimbrites (Central Anatolia, Turkey)”, *The Graduate School Of Natural And Applied Science Of Middle East Technical University Dr.Tezi*, 2008.
16. Ayhan, A., “Geological and Morphological Investigations of the Underground Cities of Cappadocia using GIS”, *MSc thesis, METU*, 120 p., *YL. Tezi*, Ankara, 2004.
17. 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.
18. 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.
19. Orhan, A., “Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri Ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulanması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Eskişehir, 2005.
20. 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.

21. Elmasdere E., “Isparta Mavikent Yerleşim Bölgesinin Sismik Mikrobölgelemesi ve Değerlendirilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 2008.
22. Beliceli, A., “Eskisehir Yerleşim Yeri Zeminin Büyütme Etkisinin Makaslama Dalga Hızına (Vs) Bağlı Olarak Belirlenmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yl. Tezi*, Balıkesir, 2006.
23. Güzel, M., “Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı (Kuzey Adana Örneği)”, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dr.Tezi*, Adana, 2009.
24. Kıncal, C., “İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi”, *Dokuz Eylül Üniv., Doktora Tezi*, 342 s., İzmir, 2004.
25. 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.
26. Aydın, F., “Kapadokya Volkanik Kompleksi’nin Gelişimi ve volkanizmanın bölge üzerindeki etkileri”, *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, Ürgüp- Nevşehir, 2009.
27. 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.
28. Açıkgöz, F., Öz, M., “Nevşehir Ürgüp, Kaymaklı çevrelerinin prospeksiyon raporu” *MTA*, Ankara, 1980.
29. Atabey, E., “Kapadokya, Nevşehir ili ve ilçeleri, jeolojisi, maden ve enerji kaynakları, tıbbi jeolojik unsurları ve halk sağlığı” *Tıbbi jeoloji Kitabı*, 2013.
30. Atabey, E., “MTA 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray H19 (K33) Paftası.” *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, 1989.

31. Temel, A., “Kapadokya Eksploziv Volkanizmasının Petrolojik ve Jeokimyasal Özellikleri”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi* Ankara, 208s., 1992.
32. Pasquare, G., “Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, *Atti Accad. Naz. Lincei Mem.*, 9., 55-204, 1968.
33. Dönmez, M., Türkecan, A. ve Akçay, A.E., “Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanikleri”, *MTA Rapor No:10575*, Ankara, 2003.
34. 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>
35. “AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası”, 2018
36. Davis, B., “GIS: A visual approach”, *On Word press, USA*, 376s, 1996.
37. Tosun, H., Temel zemini taşıma gücü”, *DSİ Genel Müdürlüğü, 141 s.*, Ankara, 1989.
38. 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 Yl. Tezi*, Balıkesir, 2013
39. Çetin, B., “Antakya ve İskenderun-Dörtyol Çevresinde Suburbanizasyon (Banliyöleşme)”, *Doğu Coğrafya Dergisi, Sayı: 28*, s. 259-282, 2012.
40. 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.
41. Karakuş, K., “Kent Planlaması ve Jeoloji”, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 104*, 2009.
42. Cooke, R.U. and Doornkamp, J.C., “Geomorphology in Environmental Management: 2nd Edition”, *Oxford University Pres, Oxford*, 1990.

43. Durgunoğlu, H. T., ve Toğrol, E., “Penetration testing in Turkey”, *State-of-the-art report*, 137s, 1974.
44. Terzaghi, K. ve Peck R.B., “Soil Mechanics in Engineering Practice”, *John Wiley & Sons. Inc.*, 729 p. New York, 1948.
45. Sivrikaya, O., ve Toğrol E., “Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımında Kullanımı”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 234s, 2009.
46. Akkaya, İ., Özvan, A., Akın, M., Akın, M., Övün, U., “Kayma Dalgası Hızı (Vs) Kullanılarak Erciş (Van) Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), ss. 55-68, 2017.
47. 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.
48. Dobry, R., Stokoe, K.H.II, 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.
49. Seed, H.B., Idris, I.M., Arango, I., “Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data”, *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 109, No. 3, 458-482, 1983.
50. Stokoe II, K.H., Nazarin, S., Rix, G.J., Sanchez-Salinero, I., Sheu, J.C. Mok, Y.J., “In Situ Seismic Testing of Hard-to-Sample Soils by Surface Wave Method”, *Earthquake Engineering and Soil Dynamics II-Recent Advances in Ground-Motion Evaluation, Geotechnical Special Publication No.20*, J.L. Von Thun (Ed.), ASCE 264-289, 1988.
51. Tokimatsu, K., Uchida, A., “Correlation Between Liquefaction Resistance and Shear Wave Velocity”, *Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 30, No. 2, 33-42, 1990.
52. Kayen, R. E., Mitchell, J.K., Seed, R.B., Lodge, A., Nishio, S., Countinho, R., “Evaluation of SPT CPT and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data”, *Proceedings, Fourth Japan-US.*

- Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction. Technical Report NCEER-92-0019, M. Hamada and T.D. O'Rourke, (Eds.), Honolulu, Hawaii, Buffalo, NY, 1, 177-204, 1992.*
53. Türker, E., “Zemin Sıvılaşması Analizlerinin Sismik Hızlar Yardımıyla Yapılması”, *Geosound*, No.28, ISSN 1019-1003, 203-214, 1996.
54. Kayabali, K., “Soil Liquefaction Evaluation Using Shear Wave Velocity”, *Engineering Geology*, New York, 44, 121-127, 1996.
55. Andrus, R.D., Stokoe II, K.H., “Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, (ASCE) 126, 1015-1025, 2000.
56. Uyanık, O., “Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi”, *DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İzmir, 200s, 2002.
57. Uyanık, O., “Sıvılaşır yada Sıvılaşmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek”, *DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt:8, Sayı: 2*, 79-91, 2006.
58. 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.
59. Kanai, K., “Semi Empirical Formula for the Seismic Characteristic of the Ground”, *Bull. Earthq. Res. Ins., Vol.35*, Part 2, 1965.
60. 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.
61. 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.
62. Midorikawa, S., “Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake”, *Journal of Structural Engineering*, 33B, 43- 48, 1987.

63. Shima, E., “Seismic microzonation map of Tokyo”, *Proceeding 2nd International Earthquake Microzonation Conference*, San Francisco, CA, 1433-443, 1978.
64. 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.
65. Medvedev, S. V., “Engineering Seismology, Israel Program for Scientific Translations”, *IPST Catalogue No:13* Jerusalem, 1965.
66. Kurnaz, T. F., Ramazanoğlu Ş., “Yerleşime Uygunluğun Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Sorgulanması Esenler (İstanbul) Örneği”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bil. Der. 18. Cilt, 3. Sayı*, s. 171-182, 2014.
67. İnternet : <https://deprem.afad.gov.tr/depremdokumanlari/391>
68. Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, Belediyeler İçin Sismik Mikrobölgeleme: Bilimsel Son Durum, *Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, 2004.
69. 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.
70. Ayday C., Altan, M., Nefeslioglu, H., Canigur, A., Yerel, S. ve Tün, M., “Eskisehir Yerlesim Yerinin Yerlesim Amaçlı Jeoloji Ve Jeoteknik Etüt Raporu”, *Anadolu Üniversitesi, Uydu Ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü*, Eskisehir, 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Rıfat AKPANCAR, 1991 yılında Nevşehir’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Nevşehir’de tamamladı. 2011 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazanarak lisans eğitimine başladı. 2013-2014 eğitim öğretim döneminde Farabi değişim programı ile İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümüne geçiş yaptı. MTA ve Geolab firmasında stajını tamamladı. 2015 yılında mezun olduktan sonra aynı sene Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2018 yılından itibaren Ankara’da enerji, inşaat, ulaştırma ve raylı sistemler konularında faaliyet gösteren özel bir firmada çalışmaktadır.

Telefon : 0(535) 404 49 69

E posta : rifatakpancar@gmail.com