

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VAN İLİNDEKİ ZEMİNLERİN
GEOTEKNİK VERİLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan GÖVERÇİLE

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Talha SARICI

AĞUSTOS, 2023

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VAN İLİNDEKİ ZEMİNLERİN
GEOTEKNİK VERİLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan GÖVERÇİLE
(36213621005)

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Talha SARICI

AĞUSTOS, 2023



Alptekin ve Alp Sencer'e...

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aőamasında öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedeni beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Talha SARICI'ya,

Tez çalıőmamda kullandığım verilerin temininde ve süreç boyunca sağladıkları yardımlardan dolayı Van Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığının değerli çalışanlarına,

Çalıőmam boyunca bana destek olan değerli meslektaşlarım Harun TANYERİ, Suat TOPUZ ve diğer mesai arkadaşlarıma,

Ayrıca bugünlere gelmemde büyük emek sarf eden değerli ailem ile her zaman olduğu gibi tez çalıőmam süresince de bana her türlü destek olan ve büyük sabır gösteren kıymetli eşim Fidan GÖVERÇİLE'ye,

Tezin uygulama aőamasında vermiş oldukları destekten dolayı İnönü Üniversitesi BAP (FYL-2023-3291) birimine

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Van İlindeki Zeminlerin Geoteknik Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Oğuzhan GÖVERÇİLE



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Amaç	2
BÖLÜM 2	4
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)	4
2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Avantaj ve Yöntemleri	4
2.2. CBS'nin Sistem Öğeleri	5
2.3. CBS Temelli Yazılımlar/Programlar	6
2.4. CBS Temelli Yazılım/Programlarda Enterpolasyon Yöntemleri	7
BÖLÜM 3	8
LİTERATÜR TARAMASI	8
3.1. Genel.....	8
3.2. Literatür Araştırması.....	8
BÖLÜM 4	13
ÇALIŞMA ALANI TANITIMI	13
4.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	13
4.2. Çalışma Alanı Coğrafi Özellikleri	14
4.3. Çalışma Alanı Hidrojeolojisi	15
4.4. Çalışma Alanı Jeolojisi	16
4.5. Çalışma Alanı Depremselliği.....	16
BÖLÜM 5	20
MATERYAL VE METOT	20
5.1 Sondaj Verileri.....	20
5.2 ArcGIS	20
5.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	21
5.4. Taşıma Gücü Hesaplamaları.....	24
5.4.1 Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü metodu	24
5.4.2 Meyerhof (1974) taşıma gücü metodu	25
5.5 Elek Analizi	25
5.6 Su Muhtevası	27
5.7 Atterberg (Kıvam) Limitleri	27
5.8 Zeminlerin Sınıflandırması	29
5.8.1 Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS).....	29
5.9 Yerel Zemin Sınıflarının Tesbiti.....	32

5.9.1 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY, 2018) göre yerel zemin sınıfları	32
5.9.2 NEHRP'e göre yerel zemin sınıfları.....	34
5.9.3 Eurocode 8'e göre yerel zemin sınıfları	34
5.10. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0).....	35
5.11. Deprem Tehlike Düzeyinin Belirlenmesi	36
5.12 Zemin Sıvılaşması Değerlendirmesi.....	36
5.12.1 SPT-N verilerinin düzeltilmesi.....	37
5.12.1.1 Ham SPT-N değerlerinin düzeltilmesi	37
5.12.1.2 İnce dane içeriğine göre SPT-N değerlerinin düzeltilmesi.....	40
5.12.2 Sıvılaşma direncinin hesaplanması.....	40
5.12.3 Deprem esnasında zeminde oluşan kayma gerilmesinin hesabı.....	41
BÖLÜM 6	42
BULGULAR VE TARTIŞMA	42
6.1 Genel.....	42
6.2 SPT-N Haritaları ve Yorumları	42
6.3 Taşıma Gücü Haritaları ve Yorumları	55
6.4 Yeraltı Su Seviyesi Haritası ve Yorumları	72
6.5 Zemin Hâkim Titreşim Periyodu (T_0) Haritaları ve Yorumları.....	73
6.9 Kayma Dalgası Hızı (V_s) ₃₀ ve Yerel Zemin Sınıfları Haritaları ve Yorumları	74
6.10 Deprem Tehlike Düzeyi Haritaları ve Yorumları	81
6.11 Sıvılaşma Analizi Haritaları ve Yorumları	83
BÖLÜM 7	88
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
BÖLÜM 8	90
KAYNAKLAR.....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1 :Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) kapsam özellikleri.....	5
Çizelge 2. 2 :Enterpolasyon yöntemleri.	7
Çizelge 4. 1 :Van ili son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler.....	18
Çizelge 5. 1 :Ölçülen SPT değerini etkileyen faktörler.	23
Çizelge 5. 2 :Elek analizinde kullanılan standart elekler.	26
Çizelge 5. 3 :Amerikan ve İngiliz standartlarına göre elekler.	26
Çizelge 5. 4 :Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları.	33
Çizelge 5. 5 :NEHRP ve Uniform Building Code'a göre zemin sınıflandırması.....	34
Çizelge 5. 6 :Eurocode 8'e göre zemin sınıflaması.	35
Çizelge 5. 7 :Kayma dalgası hızına (V_s) ₃₀ bağlı zemin büyütme ilişkileri.	36
Çizelge 5. 8 :Düzeltilme faktörleri.	38
Çizelge 5. 9 :Kılıf düzeltme faktörleri.	39
Çizelge 5. 10 :SPT Düzeltme Katsayıları.	39
Çizelge 5. 11 : C_E düzeltme katsayısı aralıkları.	40
Çizelge 6. 1 :SPT-N - D_r ilişkisi.	42
Çizelge 6. 2 :Kayma dalgası hızına (V_s) ₃₀ bağlı zemin büyütme ilişkileri	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 :Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) yöntem bilimi.....	5
Şekil 2. 2 :Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) sistem öğeleri.....	6
Şekil 4. 1 :Çalışma alanı yer bulduru haritası.	13
Şekil 4. 2 :Van ili topoğrafya haritası.	14
Şekil 4. 3 :Türkiye deprem tehlike haritası.	17
Şekil 4. 4 :Neo-tektonik ana yapılar üzerinde Türkiye.	18
Şekil 4. 5 :Van bölgesi diri faylar ve son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler.	19
Şekil 5. 1 :Standart penetrasyon deneyi safhaları.	22
Şekil 5. 2 :SPT-N ve temel genişliğine göre taşıma gücü.....	25
Şekil 5. 3 :Casagrande deney aleti.	29
Şekil 5. 4 :Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi.....	31
Şekil 5. 5 :Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi akış diyagramı.	32
Şekil 6. 1 :Çalışma alanı 1.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	43
Şekil 6. 2 :Çalışma alanında 1.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	44
Şekil 6. 3 :Çalışma alanı 3.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	45
Şekil 6. 4 :Çalışma alanında 3.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	46
Şekil 6. 5 :Çalışma alanı 4.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	47
Şekil 6. 6 :Çalışma alanında 4.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	48
Şekil 6. 7 :Çalışma alanı 7.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	49
Şekil 6. 8 :Çalışma alanında 7.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	50
Şekil 6. 9 :Çalışma alanı 9.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	51
Şekil 6. 10 :Çalışma alanında 9.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	52
Şekil 6. 11 :Çalışma alanı 15.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.	53
Şekil 6. 12 :Çalışma alanında 15.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.	54
Şekil 6. 13 :SPT-N değerlerinin derinlikle değişimi.	55
Şekil 6. 14 :Çalışma alanı 1.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. ...	56
Şekil 6. 15 :Çalışma alanı 1.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	57
Şekil 6. 16 :1.50 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	57
Şekil 6. 17 :Çalışma alanı 3.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. ...	59
Şekil 6. 18 :Çalışma alanı 3.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	59
Şekil 6. 19 :3.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	60
Şekil 6. 20 :Çalışma alanı 4.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. ...	61
Şekil 6. 21 :Çalışma alanı 4.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	62
Şekil 6. 22 :4.5 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	62
Şekil 6. 23 :Çalışma alanı 7.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. ...	64
Şekil 6. 24 :Çalışma alanı 7.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	64
Şekil 6. 25 :7.5 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	65
Şekil 6. 26 :Çalışma alanı 9.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. ...	66
Şekil 6. 27 :Çalışma alanı 9.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	67
Şekil 6. 28 :9.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	67
Şekil 6. 29 :Çalışma alanı 15.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası. .	69
Şekil 6. 30 :Çalışma alanı 15.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.....	69

Şekil 6. 31 :15.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.....	70
Şekil 6. 32 :Terzaghi-Peck ve Meyerhof Taşıma gücü metotlarına göre değerlerin derinlikle değişimi.....	71
Şekil 6. 33 :Çalışma alanı yeraltı su seviyesi dağılımı.....	72
Şekil 6. 34 :Çalışma alanı hâkim titreşim periyodu dağılımı.....	74
Şekil 6. 35 :Çalışma alanı $(V_s)_{30}$ dağılımı.....	75
Şekil 6. 36 :Çalışma alanı $(V_s)_{30}$ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.....	77
Şekil 6. 37 : $(V_s)_{30}$ değerlerinden NEHRP'ye göre yerel zemin sınıfları dağılımı.....	77
Şekil 6. 38 :Çalışma alanı $(V_s)_{30}$ değerlerinden EUROCODE 8'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.....	78
Şekil 6. 39 :Çalışma alanında yerel zemin sınıfları dağılımı.....	78
Şekil 6. 40 :Çalışma alanı $(N_{60})_{30}$ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.....	79
Şekil 6. 41 :Çalışma alanı $(N_{60})_{30}$ ve $(V_s)_{30}$ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfı dağılımları karşılaştırması.....	80
Şekil 6. 42 :Çalışma alanı deprem tehlike düzeyi.....	82
Şekil 6. 43 :Çalışma alanı deprem tehlike düzeyi dağılımı.....	82
Şekil 6. 44 :Çalışma alanı 3.0 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.....	83
Şekil 6. 45 :Çalışma alanı 4.5 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.....	85
Şekil 6. 46 :Çalışma alanı 7.5 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.....	85
Şekil 6. 47 :Çalışma alanı 9.0 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.....	86
Şekil 6. 48 :Çalışma alanında derinlikle sıvılaşma potansiyelinin değişimi.....	87

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
C_B	:Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C_E	:Enerji oranı düzeltme katsayısı
C_N	:Kohezyonsuz zeminlerde jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı
C_R	:Tij boyu düzeltme katsayısı
C_S	:Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
g	:Yerçekimi ivmesi(m/sn ²)
IDI	:İnce dane içeriği
IDW	:Inverse Distance Weighted
I_P	:Plastisite indeksi (%)
N	:Arazide elde edilen ham SPT-N sayısı
NAVFAC	:Naval Facilities Engineering Systems Command
NEHRP	:National earthquake hazard reduction program
NP	:Non-Plastik zemin
(N₆₀)₃₀	:Üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı
SPT	:Standard penetration test
TBDY	:Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
T₀	:Zemin hakim titreşim periyodu (sn)
USCS	:Unified Soil Classification System
V_s	:Kayma dalgası hızı (m/sn)
(V_s)₃₀	:Zemin yüzeyinden 30 m derinlikteki ortalama kayma dalgası hızı
w	:Su muhtevası
w_L	:Likit limit
w_P	:Plastik limit
γ	:Birim hacim ağırlığı (kN/m ³)
σ	:Toplam gerilme (kN/m ²)
σ'_{v0}	:Efektif düşey gerilme (kN/m ²)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VAN İLİNDEKİ ZEMİNLERİN GEOTEKNİK VERİLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuzhan GÖVERÇİLE

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

96+X sayfa

2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Talha SARICI

Bu tez çalışmasında, Van ili İpekyolu, Tuşba ve Edremit ilçelerinin belli kesimlerini içerisine alan çalışma alanında daha önceden yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları birleştirilerek 238 sondaj kuyusu verisi incelenmiş ve 1.5 m, 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m, 9.0 m ve 15.0 m derinliklerdeki SPT-N verilerinden taşıma gücü hesaplamaları yapılmıştır. SPT-N değerlerine bağlı hesaplanan $(N_{60})_{30}$ değerlerinden ve aynı çalışma alanı içerisinde daha önceden yapılmış jeofizik çalışmalar sonucu 262 noktada elde edilen $(V_s)_{30}$ değerlerinden TBDY (2018), NEHRP ve Eurocode 8'e göre yerel zemin sınıfları belirlenmiştir. Diğer taraftan, T_0 ve deprem tehlike düzeyi analizleri yapılmış, ayrıca 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m ve 9.0 m derinlikler için TBDY (2018)'deki basitleştirilmiş zemin sıvılaşma değerlendirmesi hesapları yapılmıştır. Daha sonra, yapılan tüm hesaplama ve analizler CBS temelli ArcGIS programında IDW enterpolasyon tekniği ile haritalandırılmış, bu suretle geoteknik verilerin anlaşılabilirliğini ve yorumlanabilirliğini artırmak, daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak ve farklı zemin özelliklerinin dağılımını doğru ve kolay bir şekilde belirlenebilmesi bu sayede zaman ve emekten tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Van, Coğrafi Bilgi Sistemi, ArcGIS, Standart Penetrasyon Deneyi, Taşıma Gücü, Sıvılaşma Analizi.

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF GEOTECHNICAL DATA OF SOİLS İN VAN PROVINCE BY USING
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Oğuzhan GÖVERÇİLE

Inonu University

Graduate School of Nature and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

96+X page

2023

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Talha SARICI

In this thesis, 238 borehole data points were analyzed by combining previous field and laboratory studies and then bearing capacity calculations were made from SPT-N data at depths of 1.5 m, 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m, 9.0 m, and 15.0 m in area covering certain parts of İpekyolu, Tuşba and Edremit districts of Van province. Soil types were determined according to TBDY (2018), NEHRP and Eurocode 8 from $(N_{60})_{30}$ values calculated based on SPT-N values and $(V_s)_{30}$ values obtained at 262 points as a result of previous geophysical studies in the same study area. On the other hand, T_0 and earthquake hazard level analyzes were made, and simplified soil liquefaction assessment calculations in TBDY (2018) were made for 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m and 9.0 m depths. Then, all calculations and analyses were mapped by using IDW interpolation technique in the GIS-based ArcGIS program. In this way, it is aimed at increasing the comprehensibility and interpretability of geotechnical data, ensuring more effective and efficient use, and determining the distribution of different soil properties accurately and easily, saving time and effort.

Keywords: Van, Geographic Information System, ArcGIS, Standard Penetration Test, Bearing Capacity, Liquefaction Analysis.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Genel

Türkiye Anadolu Levhası, Arap Plakası ve Avrasya Plakasının kesişiminde bulunması sebebiyle tektonik olarak dünyanın en hareketli bölgelerindedir. Bundan kaynaklı olarak da geçmişten günümüze bu coğrafyada ciddi depremler meydana gelmiştir. Söz konusu depremler can ve mal kaybına sebep olmuş, psikolojik, sosyolojik, ekonomik vb. birçok ağır sonuçlar doğurmuştur.

Yakın zamanda meydana gelen büyük depremler (2011 Van depremi, 2020 Elazığ ve İzmir depremleri, 2023 Kahramanmaraş depremleri) kaynaklı oluşan hasarlar ve buna bağlı kayıplar Geoteknik Mühendisliğinin önemini bir kez daha göstermiştir. Doğru zemine doğru teknikle yapılan güvenli yapıların ayakta durması tesadüf değildir.

Güvenli yapılar tasarlanmanın ilk adımı doğru zeminin tespiti olduğu aşıkardır. Bunun için yapılan imara esas çalışmalar büyük ölçekte zeminin yapısı ve ana tasarım parametrelerinin belirlenmesi için yol gösterici olmaktadır. Söz konusu parametrelerin ilgili mühendislerce değerlendirilmesi, yorumlanması ve bu doğrultuda doğru çıkarımlar yapılabilmesi önem arz etmektedir.

Çalışmamız kapsamında Van ilinde 2011 Van Depremi sonrasında yapılan mikro bölgeleme etüt raporları Van Büyükşehir Belediyesinden izin almak suretiyle alınmış ve incelenmiştir. Van ilinde parça parça belirli bölgelerde yapılan mikro bölgeleme etüt raporlarından İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerinin belirli bölümlerini içeren çalışmalar irdelenerek yerleşimin yoğun olduğu bölümlere denk gelen 4 farklı çalışma birleştirilerek anlamlı bir bütün oluşturulmuştur.

Söz konusu raporlardan elde edilen geoteknik verilerden (SPT-N, su muhtevası, yeraltı su seviyesi, kıvam limitleri, sondaj loglarındaki elek analizi ve zemin sınıflandırmaları vb.) Excel programında veri tabanı oluşturulmuştur. Arazi ve laboratuvar deneyleri ile zeminlerin incelenmesi sonucu elde edilen geoteknik veriler zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde kilit rol oynamakta ve büyük önem arz etmektedir. Bahse konu deneylerden elde edilen veriler daha önce geoteknik üzerine çalışma yapan araştırmacılar tarafından oluşturulmuş belirli korelasyonlar ile zeminin taşıma gücü, sıvılaşma potansiyeli, oturma hesabı vb. gibi davranışlarının hesaplanmasında

kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında da, SPT-N, buna bağılı olarak Tezaghi-Peck ve Meyerhof yöntemlerine göre taşıma gücü hesapları, çalışma alanındaki yeraltı su seviyesi dağılımı, Atterberg kıvam limitleri, elek analizi verileri, Jeofizik yöntemlerden elde edilen $(V_s)_{30}$ verilerinden hareketle TBDY (2018), NEHRP, Eurocode 8'e göre zemin sınıfları, ayrıca TBDY (2018)'de bir diğeri $(N_{60})_{30}$ 'a göre zemin sınıflandırması ve bunların birbirleriyle kıyaslamaları ve son olarak 7.5 Mw büyüklüğünde meydana gelebilecek bir depreme göre çalışma alanındaki sınıflama değerlendirmesi TBDY (2018)'e göre yapılmış, incelenen ve hesaplanan verilerin bir çoğu coğrafi bilgi sistemleri (CBS) temelli ArcGIS programı yardımıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniğı (Inverse Distance Weighted = IDW) kullanılarak haritalandırılmış, Bulgular ve Tartışma bölümünde sunulurak yorumlanmıştır.

1.2. Amaç

Bu çalışma kapsamında, Van ili İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerinin belirli bölümlerini içeren mikro bölgeleme etüt raporları irdelenerek yerleşimin yoğun olduğı bölümleri içerisine alacak şekilde 4 farklı çalışma birleştirilerek çalışma alanı belirlenmiş ve bu kapsamda 238 sondaj kuyusu ve 262 sismik ölçüm verisi kullanılmıştır. Daha önceki çalışmalarda Van ilinde belirli bölümlerde ve belirli geoteknik meseleleri içeren çalışmalar görülmüş ancak Van ili merkezi için bu çapta bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle çalışma literatürdeki eksikliği tamamlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan mikro bölgeleme etüt raporlarındaki geoteknik veriler (SPT-N, su muhtevası, yeraltı su seviyesi, kıvam limitleri, sondaj loglarındaki elek analizi ve zemin sınıflandırmaları, sismik ölçüm verileri vb.) incelenerek Van gibi depremselliğı yüksek bir ilimizin merkezinde yoğun yerleşim olan kısımlarındaki zeminlerin taşıma gücü, yerel zemin sınıfları, sınıflama potansiyeli gibi mühendislik özelliklerinin ortaya konması ve daha sonra bu bölgede yapılacak geoteknik çalışmaların kontrolünde araştırmacılara fikir vermesi amaçlanmıştır.

İncelenen rapordardan elde edilen söz konusu geoteknik veriler ve buna bağılı çeşitli ampirik formüller ve korelasyonlarla elde edilen değerlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli ArcGIS programı yardımıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniğı (Inverse Distance Weighted = IDW) kullanılarak haritalandırılmış ve bu suretle geoteknik verilerin daha anlaşılabilir olması, etkin ve verimli değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

CBS ile elde edilen haritalar sayesinde söz konusu geoteknik verilerin anlamlandırılması ve mekânsal düzeyde depolanmasına imkân vermektedir. Bu sayede

Geoteknik verilerin daha anlaşılabilir olması, etkin ve verimli değerlendirilebilmesi sağlanabilecektir.

Unutulmamalıdır ki çalışma kapsamında kullanılan mikro bölgeleme çalışmaları zemin gibi heterojen ve çok değişken bir yapı söz konusu olduğunda direkt tasarımda kullanılacak kadar güvenli sonuçlar vermemektedir. İnceleme yapılan ve verileri kullanılan sondaj kuyuları arasında yer yer 1.0-1.5 km mesafeler olduğu düşünüldüğünde konu daha anlaşılır olmaktadır. Arazi deneylerinin en büyük handikaplarından olan deneyler esnasında yapılması muhtemel hatalar vb. de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca enterpolasyonla veri olmayan kısımların yaklaşımla değerlendirildiği unutulmamalıdır. Tüm bu kısıtlamalar göz önünde bulundurularak bu tez çalışması kapsamında verilen değerler ve oluşturulan haritaların yorumlanması daha doğru ve gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Bu doğrultuda yukarıda sayılan dezavantajlar ve kısıtlamalar göz önünde bulundurulmak kaydıyla, tez çalışması kapsamında verilen haritalar bölgede yapılacak diğer geoteknik çalışmaların kontrolünü kolaylaştıracağı, daha doğru yorumlanmasına katkı sağlayacağı, potansiyel jeolojik tehlikelerin belirlenmesinde, saha çalışmalarının planlama ve takibinde önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan CBS'nin veri girişine ve güncellemesine açık olması sebebiyle, herhangi bir inceleme alanındaki geoteknik verilerde değişim vb. durumlar söz konusu olduğunda yeni duruma göre güncelleme rahatlıkla yapılabilecektir.

BÖLÜM 2

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veya İngilizce Geographical Information System (GIS) şeklinde ifade edilen sistem insanların tematik harita, grafik şemaları gibi görsel çalışmalara gereksinim duymasına dayanır. Modern istatistiğin tematik başlangıcı Fransız Pierre Charles Duplin tarafından 19. yüzyılda siyah beyaz çizim ve renklendirme yapılan çizimlerle başlamıştır. Bilgisayar temelli olmasa da dönemin ihtiyaçları bir süre çizimlerle giderilmiştir. Geline aşamada bilgisayar teknolojisinin gelişmesi sayesinde bu gereksinim daha hızlı karşılanmakta ve birçok mecrada göze çarpmaktadır. (Uyguçgil, 2016)

CBS'nin ilk örneklerine 1855 yılında John Snow tarafından üretilen İngiltere'de kolera salgınında yaşanan ölümlerin noktasal konumlarını gösteren haritada gösterilebilir. (Uyguçgil, 2016)

CBS'nin bilgisayar temelli ilk çalışması Washington Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'nde yapılmış olup talep edilen data'lara hızlı erişimi hedefleyen çalışma amacına ulaşmıştır. "Father of GIS" (CBS'nin babası) unvanlı Roger TOMLINSON tarafından ise 1963'te Kanada Arazi Envanterinin çıkarılarak bilgisayar ortamında depolanması ve analiz edilmesi, arazi yönetimi ile ilgili istatistiksel data'lardan elde edilmesi amacıyla CBS kullanıldı. CBS'nin avantajlarından biri de farklı bilgi türleri ve data'lardan oluşan haritaları üst üste bindirebilmesidir. Müteakiben teknolojik gelişmeler doğrultusunda ormancılık, maden ve diğer yeraltı kaynakları, trafik, şehir planlaması, suç önleme vb. birçok alanda kullanılmaya başlandı (Uyguçgil, 2016; Anonim, 2023).

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Avantaj ve Yöntemleri

CBS'nin en önemli avantajı elde edilen verileri sorgulayabilme ve kapsamlı yorumlayabilme tekniğidir. Büyük çapta alansal data setlerinin yönetimi ve depolanmasında, disiplinler arası farklı verilerin birleştirilmesinde uygun bir yöntemdir. Yüksek kalitede çıktılar hazırlanabilmesine olanak sağlayan bir teknolojidir (Kıyak, 2008).

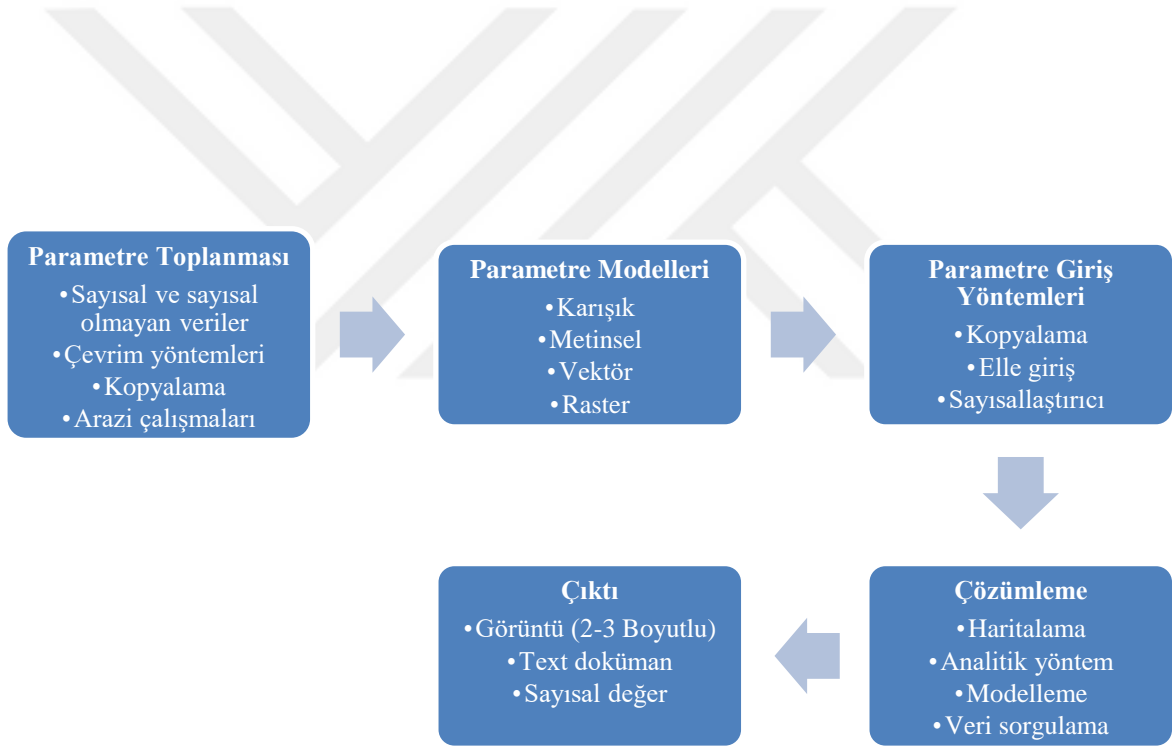
CBS farklı değişkenleri birleştirebilir, sorgulayabilir, değişiklikleri hızlı ve etkin şekilde değerlendirebilir (Wylie ve diğ, 1994).

CBS uygulamalarında en çok zaman alan işlemler ilk veri dosyasının hazırlanması ve görüntü hazırlanmasıdır. CBS'de oluşturulan dosya ve görüntülerin güncellenmesi, çoğaltılması işlemleri kolay ve hızlı olmaktadır. Sistem hata yapma riskini azaltmakta, yapılan hatalara müdahale de kolaylık sağlamaktadır (Kıyak, 2008).

CBS'nin yöntemi çok geniş tabiriyle sınırlandırılmamış alana bağlı olarak data toplama, depolama ve analiz etme metodudur (Kıyak, 2008). CBS'nin kapsam özellikleri Çizelge 2. 1'de, yöntem bilimi ise Şekil 2. 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. 1 :Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) kapsam özellikleri (Gümrükçüoğlu, 2003).

Araştırma	Cevap	Metot	Sağladığı faydalar
Ne zamandır	Zaman aralığı	Veri Analizi	Yönetim
Nasıl	Sebep	Depolama	Tasarruf
Nerede	Yer	Üç boyutlu görüntü	Analiz
Ne	Tanımlama	Haritalama	Gelişimin izlenmesi
Ne kadar	Miktar	Text döküman	Planlama



Şekil 2. 1 :Coğrafi bilgi sisteminin (CBS) yöntem bilimi (Gümrükçüoğlu, 2003).

2.2. CBS'nin Sistem Öğeleri

CBS işlevini yerine getirebilmesi ve verileri işleyerek çıktılar oluşturabilmesi için birtakım elemanlara gereksinim duymaktadır. Şekil 2. 2'de CBS'nin sistem öğeleri verilmiştir.

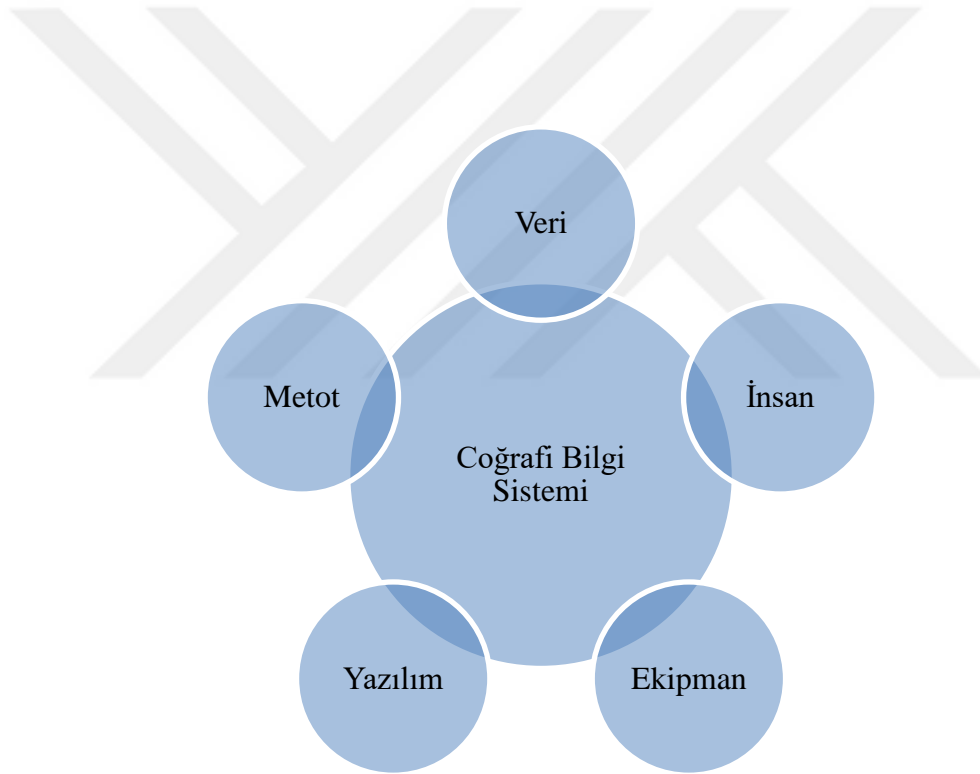
Ekipman: CBS'nin içerisinde çalıştığı bilgisayar ve buna bağlı yazıcı cihazlardır.

Yazılım: Mekânsal verileri depolayacak, analiz edecek, anlamlandıracak ve harita vb. gibi görselleştirerek çıktılar sunacak olan içeriktir.

Veri: sisteme girilecek datalardır. En önemli bileşeni oluşturmakla birlikte sonuçların doğruluğunu direkt etkileyeceğinden özenli şekilde hazırlanmalı ve doğru girilmelidir.

İnsan: Sisteme verileri girecek donanımı kullanarak gerekli çıktıları alacak ve bunları yorumlayarak ortaya bir sonuç koyacak olan bileşendir.

Metot: Sisteme girilecek verilerin hangi yöntem ile çıktı oluşturulacağı noktasında belirlenmesi gereken yöntemdir. Çıktı sonuçlarını etkilediğinden doğru karar verilmesi önemlidir (Köktürk, 2003).



Şekil 2. 2 :Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) sistem öğeleri.

2.3. CBS Temelli Yazılımlar/Programlar

CBS temelli birçok yazılım bulunmaktadır. Tüm yazılımlar temelinde veri girişi ve görüntüleme, katmanlar oluşturma, koordinattan nokta oluşturma, renklendirme ve tematik haritalar oluşturma işlemlerini yapmaktadır. Mapinfo, Vertical Mapper, ArcGIS vb. yazılımlar CBS temelli yazılımlara örnek olarak verilebilir.

2.4. CBS Temelli Yazılım/Programlarda Enterpolasyon Yöntemleri

CBS temelli yazılımlar ile veriler değerlendirilirken yukarıda bahsi geçen yazılımlar kullanılabilirken birlikte temelde programlar veriyi işlerken herhangi bir veri bulunmayan noktaların ara değerlerinin hesaplamaları için farklı enterpolasyon yöntemleri kullanır. Çizelge 2. 2’te enterpolasyon yöntemleri ve açıklaması belirtilmiştir.

Çizelge 2. 2 : Enterpolasyon yöntemleri. (Kıyak, 2008; Arslanoğlu ve Özçelik, 2005; Bilgi, 2017)

Enterpolasyon yöntemi	Açıklama
Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği (Natural Neighbor Interpolation)	Enterpole edilecek noktalar belirlenirken örneklem noktalarında uzaklığa bağlı ağırlıkları kullanılır
Yuvarlayarak Üçgenleme Metodu (Triangulation With Smoothing)	Alan içerisindeki gerçek verideki her bir noktanın gerçek değerinden üçgenleme oluşturularak yerel tepe ve çukurlar oluşturulur
Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted = IDW)	Enterpole edilecek alanda yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması prensibine dayanır
Dikdörtgensel Enterpolasyon Tekniği (Rectangular Interpolation)	Her bir noktaya 4 farklı dilimden inceleme yarıçapı içerisinde kalan en yakın 4 nokta alır ve bu sistemle bilinmeyen değer hesaplanır

BÖLÜM 3

LİTERATÜR TARAMASI

3.1. Genel

Bu bölümde konu ile ilgili başka araştırmacılar tarafından yapılan yerli ve yabancı literatür taranacak ve çalışmalar hakkında özet bilgi verilecektir.

3.2. Literatür Araştırması

Marx (1992), yapmış olduğu çalışmasında CBS ile oluşturduğu deprem tehlike haritalarını arazi kullanımı ve planlanmasında kullanmıştır.

Haala ve diğ. (1998), yapmış oldukları çalışmalarında CBS'nin şehir planlanmasında kullanımı ile ilgili çalışma yapmış havadan sağlanan yükseklik verileri entegrasyonu ile otomatik veri yakalamayı sağlamak için lazer tarama ve binaların mevcut kat planları birleştirilmiş ve sanal gerçeklik şehir modelleri ve karasal haritalama yapılmıştır.

Hellawell ve diğ. (2001), yapmış oldukları çalışmalarında, bir jeoteknik tasarım ofisi içindeki CBS kullanımının etkisi; bir arkeolojik araştırma, bir peyzaj değerlendirmesi, kirlenmiş bir arazi iyileştirme ve bir inşaat planlama projesi olmak üzere bir dizi vaka geçmişine atıfta bulunularak tartışılmıştır. Teknolojinin başarılı bir şekilde uygulanması, jeoteknik bilgi ile CBS tabanlı becerilerin bir kombinasyonunu gerektirmesinden dolayı jeoteknik mühendislerini yazılımı kullanma ve CBS kavramlarını anlama konusunda yetkin olacak şekilde eğitilmesi sonucunda teknik ve finansal performans açısından, CBS'nin çoklu görev işlevselliğinin, büyük miktarda verinin analiz edildiği projeler için çok uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Dong (2005), yapmış olduğu çalışmasında acil durum müdahale sisteminin geliştirilmesinde ve acil durum bölgelerini, araçları ve yönlendirme yollarını yönetmeye yönelik özel işlevlere sahip, çevresel acil eylem planlarının uygulanması için CBS/GPS tabanlı bir sistem geliştirmiş ve CBS verilerini kullanmıştır.

Kunapo ve diğ. (2005), yapmış oldukları çalışmalarında GIS'in tek başına 3 boyutlu jeoteknik verilerin sunulması ve saklanması için uygun olmadığından veri depolama sınırlamasının üstesinden gelmenin bir yolu olarak CBS'nin bir ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi (RDBMS) ile entegrasyonu gerektiğinden bahsetmişler ve Singapur için ulusal bir jeoteknik bilgi sistemi (GeoInfoSys) geliştirildiğinden bu sistemin ilgili sondaj kuyularını bulmada, çevrimiçi olarak oluşturulan sondaj kayıtlarını ve enine kesitleri görüntüleme,

bir jeoteknik arama motoru (GSE) kullanarak jeoteknik sorgulamalar gerçekleştirmede, Jeoteknik bilgilerin statik görüntüler yerine dijital formatta saklanmasında kolaylık sağladığını belirtmişlerdir.

Girvan ve Apple (2006), yapmış oldukları çalışmalarında New Jersey Somerset bölgesinde CBS ile coğrafik veri tabanı arşivi oluşturmuş ve ilerde bölgenin yapılanma planlamalarını yapacakların yararlanabileceği, öngörülerini artırıcı ve yol gösterici sonuçlar önermişlerdir.

Player (2006), yapmış olduğu çalışmada CBS ve teknolojinin uygulamalarını tanıtmış, geoteknik mühendisliğinde CBS kullanımının; potansiyel jeolojik tehlikeleri belirlemede, saha çalışmasını planlama ve takip etmede fayda sağladığı, oluşturduğu harita ve şekillerle iletişim ve anlaşılabilirliği artırdığı, yapılacak bir hata sonrası büyük maliyet oluşturacak yeniden tasarımın önlenmesine yardımcı olabileceği, tasarım sürecinin erken aşamalarında projenin tamamlanmasının önündeki potansiyel engellerin belirlenmesine yardımcı olabileceğini belirtmiştir.

Günok ve Pınar (2009), yapmış oldukları çalışmalarında CBS ile oluşturulan "Sayısal Yükselti Modeli" kullanılarak havzanın belli kesimlerinin bakı, eğim ve yükselti özellikleri incelenmiş ve buna bağlı olarak inceleme alanı topoğrafik ve jeolojik yapısının oluşumuna etki eden faktörleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmaları sonucunda CBS'nin fiziki coğrafya sahasında sağladığı faydalar ele alınmış ve bu sahadaki problemlerin çözümünde faydalar sağlayabileceği sonucuna varmışlardır.

Wan-Mohamad ve Abdul-Ghani (2011), yapmış oldukları çalışmalarında Perak/Malezya bölgesindeki inceleme alanında yaklaşık 15 sondaj kuyusundan elde edilen geoteknik verileri değerlendirmiş, elde edilen veriler CBS tabanlı ArcGIS programına aktararak çeşitli derinliklerde zemin tiplerini ve taşıma güçlerinin (SPT-N değerleri) dağılımlarını haritalandırarak sunmuşlar ve verilerin her zaman kullanılabilir olması ile kolay erişimi sayesinde zaman kaybının önüne geçmesine vurgu yapmışlardır.

Sun (2012), Güney Kore Gyeongju bölgesinde yapmış olduğu çalışmada saha çalışmaları sonucu elde edilen $(V_s)_{30}$ değerlerinden deprem tehlike analizleri yapmış ve buna bağlı GIS temelli haritalar oluşturmuştur. Geoteknik bilgiler içeren söz konusu haritaların şehirlerdeki sismik tehlikelerin azaltılmasında ve buna yönelik planlamalarda yararlı olacağını belirtmiştir.

Özkan (2015), yapmış olduğu çalışmada Susurluk yerleşim alanındaki (Balıkesir, Türkiye) zemininin jeomühendislik özelliklerini CBS kullanılarak değerlendirmiştir. 77 sondaj verisinden veri tabanı oluşturularak verileri Coğrafi Bilgi Sistemi CBS kullanılarak

analiz etmiş ve inceleme alanının eğim haritası, yeraltı su seviyesi haritasını, farklı derinlikler (3.0 m, 6.0 m, 9.0 m, 12.0 m ve 15.0 m) için düzeltilmiş SPT-N değerlerinin dağılımı, P-dalga hızı (V_p), S-dalga hızı (V_s), V_p/V_s oranı ve zemin büyütme haritaları hazırlayarak sonuçları yorumlamıştır.

Kadhim ve Al-Abody (2015) yaptıkları çalışmalarında Irak'ın Babil vilayetindeki Al-Imam bölgesinde 17 sondaj kuyusundan elde ettikleri verilerden GIS kullanarak taşıma gücü haritası oluşturmuş ve GIS temelli haritalar ile geoteknik verilerin sunulmasının güçlü bir veri tabanı ve görsel sağladığını belirtmişlerdir.

Işık ve diğ. (2016), yapmış oldukları çalışmada, Muğla ili, Fethiye ilçesi belirlenen çalışma alanında, $M_w=7,0$ büyüklüğünde deprem varsayılarak 40 farklı noktada Standart Penetrasyon Deneyi ve sismik kırılma deneyleri gerçekleştirilmiş, ince dane oranı, kayma dalgası hızı ve yeraltı su seviyesi verileri kullanılarak inceleme alanı sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmiştir ve haritalandırılmış buna bağlı olarak inceleme alanının büyük bölümünde sıvılaşma riskinin bulunmadığı veya düşük olasılıkla sıvılaşma olabileceği belirlenmiştir.

Sharma ve diğ. (2017), yapmış oldukları çalışmada CBS'nin koordinatlı olarak verileri görüntülemek ve analiz etmek için etkili bir araç olduğunu, ön saha araştırmaları da dahil olmak üzere geoteknik mühendisliğinin çeşitli alanlarında önemli rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca potansiyel proje engellerinin belirlenmesinde, erişilemeyen yerlerde enterpolasyonla veri elde edilebilmesinde, veri görselleştirme, veri işleme ve ayrıca işlem sonrası grafik ve çizelgelerin hazırlanabilmesi gibi artılarına vurgu yapmışlardır.

Çiçekel (2019), yapmış olduğu çalışmada Van ili Tuşba ilçesinde jeolojik verileri kullanarak CBS destekli değerlendirmiş ve yerleşime uygun alanların belirlenmesini hedeflemiştir. Bu kapsamda bakı, heyelan haritaları ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak alanının jeomorfolojik yapısı ile ilgili parametrelerden şehir planlanması doğrultusunda yerleşime uygunluk sınıfları oluşturmuş ve CBS temelli haritalar üretmiştir.

Khatri ve Suman (2019), Hindistan'ın Uttarakhand eyaletine bağlı Udham Singh Nagar bölgesinde yapmış oldukları çalışmada çalışma alanındaki geoteknik verileri kullanarak Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) tekniği ile GIS tabanlı haritalar üretmiş ve söz konusu çalışmanın zemine uygun temel tasarımında tasarımcılara fikir vereceğini belirtmişlerdir.

Karabaş (2019), Malatya'da yapmış olduğu çalışmasında çalışma alanındaki daha önceden yapılmış zemin etüt raporlarında bulunun sondaj kuyusu geoteknik verilerini incelemiş, detaylı bir şekilde analiz etmiştir. Çalışma sürecinde SPT-N ve buna bağlı farklı

taşıma gücü hesaplamaları, yeraltı suyu seviyesi ve diğer geoteknik parametreleri kullanarak çalışma alanının Youd ve Idriss (2001) metoduna göre sıvılaşma potansiyelini hesaplamış, deprem tehlike düzeyi hesaplamaları ve zemin sınıflandırmaları yapmış, bu hesap ve analizleri CBS ile haritalandırarak geoteknik verilerin anlaşılabilirliğini artırmayı hedeflemiştir.

Akpancar ve Orhan (2019), yapmış oldukları çalışmalarında inceleme alanı olarak Nevşehir ilinin belirli bir kesimini belirlemiş ve bu alanın jeolojik haritaları, sayısallaştırılmış topografik haritaları, daha önce yapılan jeofizik çalışmalar ile sondaj verileri değerlendirilmiş, bu doğrultuda inceleme alanı zeminlerinin mühendislik özellikleri belirlenerek haritalandırılmıştır. Söz konusu çalışmanın bölgede yapılacak olan araştırmalara ve belediyelere altlık oluşturması hedeflenmiştir.

Kate ve diğ. (2021) Pune Bölgesi'ndeki Baramati Taluka'da yapmış oldukları çalışmada, SPT, CBR deney sonuçları ve likit limit, plastik limit, plastisite indeksi gibi geoteknik parametreleri inceleyerek GIS temelli haritalar oluşturmuş ve geoteknik verileri görselleştirmişlerdir.

Khan ve diğ. (2022), yapmış oldukları çalışmalarında CBS'nin farklı alanlardaki kapsamı, uygulama ve analiz yöntemleri incelenmiş ve CBS verilerinin sistematik olarak toplanması ve tanımlanması ile herhangi bir projede zamandan, maliyetten ve emekten tasarruf sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Demirtaş (2022), Elâzığ ilinde yapmış olduğu çalışmasında, çalışma alanındaki 210 adet sondaj logu kullanılarak zemin endeks özellikleri, zemin sınıflandırılması ve taşıma kapasitesi hesaplamaları yapmış, zemin sınıflandırılması haritaları, ayrıca yeraltı suyu, su muhtevası, kayma dalgası hızı, sıkışma dalga hızı ve zemin büyütmesi haritalarını Mesafenin Tersinir (MT) yöntemi kullanarak ArcGIS yazılımı ile oluşturmuştur. İlave olarak söz konusu oluşturulan haritaların, ön etütler, fizibilite çalışmaları, arazi kullanım politikası, şehir planlaması ve tasarımına yardımcı olacağını, farklı zemin özelliklerinin dağılımını doğru ve kolay bir şekilde temsil edebileceğini belirtmiştir.

Literatür incelendiğinde, CBS'nin trafikten şehir planlaması ve modellemesine, arkeolojiden eğitim, bakı, yükselti, taşkın korumaya, potansiyel jeolojik tehlikelerin belirlenmesinden inşaat safhalarının planlanması gibi geniş bir alanda kullanılmakla birlikte özellikle geoteknik verilerin anlamlandırılması, etkin ve verimli kullanılması amacıyla yoğun olarak kullanıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda CBS'nin verilerin görselleştirilmesi ve bu yolla etkin ve verimli kullanılmasında, planlamalarda öngörülerini artırıcı potansiyel tehditlerin belirlenmesi ve yol gösterici olması, planlama ve takipte vakit,

maliyet ve emekten tasarruf sağlaması, güçlü bir veri tabanı ve görsel sağlaması gibi faydalı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Ayrıca literatür araştırması göstermiştir ki geoteknik alanında CBS temelli yazılımlardan ArcGIS programı ve enterpolasyon yöntemlerinden ise salt enterpolasyona dayanması, düzeltme vs. içermemesi sebebiyle IDW metodu ağırlıkla kullanılmaktadır.

Bu doğrultuda tez çalışmasında da CBS temelli yazılımlardan ArcGIS programı ve IDW enterpolasyon yöntemi kullanılmış, geoteknik veriler, analiz ve hesaplamalar haritalandırılarak anlaşılabilirliğinin ve görselliğinin artırılması hedeflenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında 238 sondaj kuyusu, 262 jeofizik ölçüm noktası verileri inceleme ve değerlendirmeye tabi tutulmuş, bunlara bağlı olarak taşıma gücü hesap ve analizleri ile karşılaştırmaları, TBDY (2018), NEHRP ve Eurocode 8'e göre yerel zemin sınıflandırmaları ve kıyasları, deprem tehlike düzeyi hesaplamaları ve TBDY (2018)' e göre zemin sıvılaşma değerlendirmesi yapılmış, söz konusu hesap sonuçları ve analizler haritalandırılmış ve yorumlanmıştır. Bu yönüyle literatür araştırmasında Van ili ile ilgili bu kapsamda ve bu ölçekte bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tez çalışması kapsamında verilen haritaların bölgede yapılacak diğer geoteknik çalışmaların kontrolünü kolaylaştıracağı, zaman ve emekten tasarruf sağlayacağı, güçlü bir veri tabanı ve görsel sunacağı düşünölmektedir.

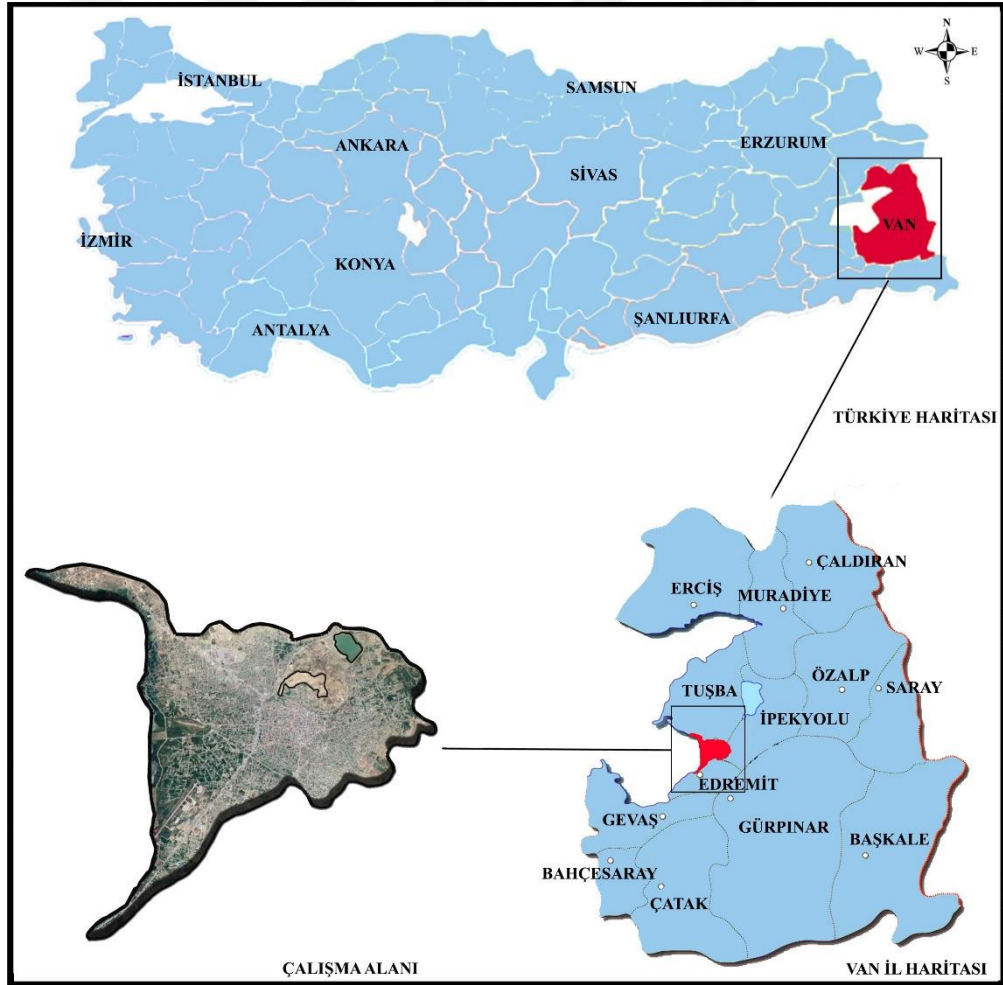
BÖLÜM 4

ÇALIŞMA ALANI TANITIMI

4.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Van ili Dünya üzerinde 42 derece 40 dakika ve 44 derece 30 dakika doğu boylamları ile 37 derece 43 dakika ve 39 derece 26 dakika kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin ise Doğu Anadolu Bölgesi Yukarı Murat-Van Bölümünde Van Gölü havzasındadır. Van ili doğusu İran Devleti ile sınırdır. Kuzeyde Ağrı ili Hamur, Diyadin ve Doğubayazıt ilçelerine, güneyde Siirt Pervari, Şırnak Beytüşşebap ve Hakkâri Yüksekova ilçelerine, batıda ise Bitlis'in Hizan, Tatvan ve Adilcevaz ilçelerine komşu bir konumda bulunmaktadır (Anonim, 2023a).

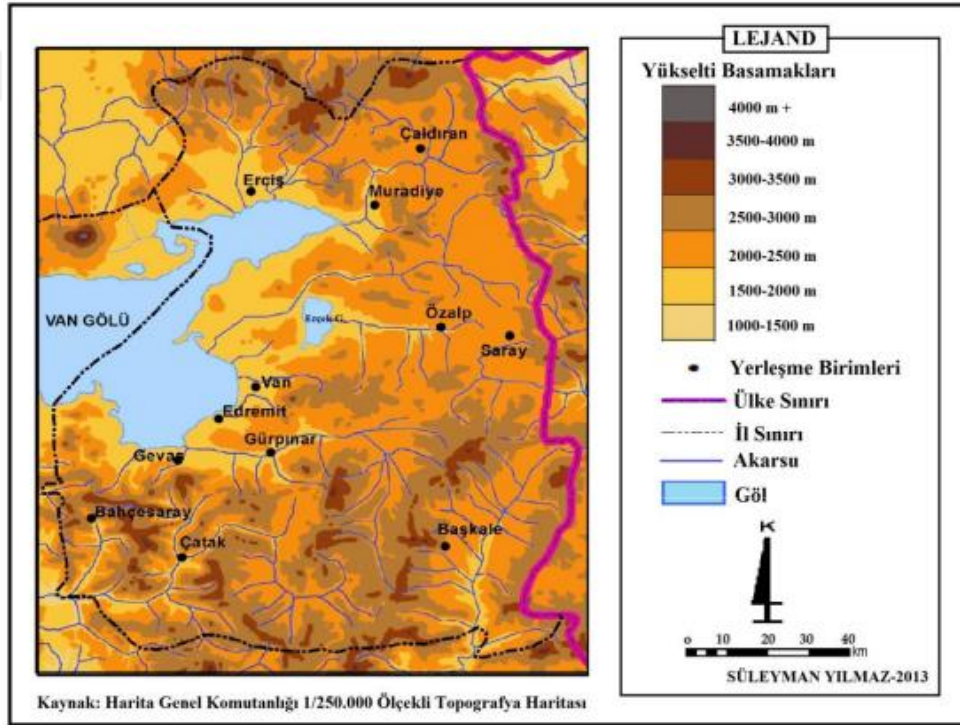
Çalışma alanı yer bulduru haritası Şekil 4. 1'de sunulmuştur.



Şekil 4. 1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.

4.2. Çalışma Alanı Coğrafi Özellikleri

Türkiye yüzölçümünün %2.86'sını oluşturan Van ili yüzölçümü bakımından 23.334 km² ile ülkemizin 6'ncı büyük ilidir (Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022). 2500 metreden fazla yükseltiye sahip dağlık seri olan Güneydoğu Torosları ilin güneyinde uzanır. Kuzeyinde ise Tendürek Dağı ve Aladağlar volkanik dağları bulunmaktadır (Elmastaş ve Yılmaz, 2015). İlin batısında ise bir başka volkanik dağ olan ve 4058 m yüksekliği ile Anadolu'nun 3'üncü yüksek doruğu olan Süphan Dağı yer almaktadır. İlin doğusunda yer alan Van Ovası, kuzey kesiminde ise Çaldıran Ovası ve Erciş Deltası bulunmaktadır. Ovalar ile dağlık alanlar arasındaki platolar ise il genelindeki diğer düzlükleri oluşturmaktadır (Elmastaş ve Yılmaz, 2015). Şekil 4. 2'de Van ili topografya haritası verilmiştir.



Şekil 4. 2 :Van ili topoğrafya haritası. (Yılmaz, 2014)

3.713 km²'lik alanı ile Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü ise Van ilinin batısını kaplamaktadır. Akarsuların taşıdığı tuzlu suların gölde çökmesine ve buharlaşmaya bağlı olarak Van Gölü'nün tuzlu, acı ve sodalıdır. Bu yönüyle dünyanın en büyük soda gölü olan Van Gölü ilin sınırlarını oluşturan yüksek dağların ortasında çöküntü halindedir (Yılmaz, 2014; Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022).

Van ili verimli topraklara, elverişli iklim ve bol sulu akarsulara sahiptir. En yüksek sıcaklık ağustos ayında, en düşük değer ocak ayında ölçülmekle birlikte yıllık sıcaklık ortalaması 9.2°C olarak ölçülmektedir. Van ili iklim özellikleri bakımından karasal gözüke

de Van Gölünün etkisiyle iklim yumuşak ve ılıman hale gelmektedir. Yıllık 380-450 kg/m² yağış alan ilde yılın yağışlı gün sayısı 80-90 aralığındadır. İlkbahar ve Yaz aylarında sıcaklıkların artmasına bağlı olarak sağanak yağışlar görülebilmektedir. Van ili civarında yaz turizmi açısından Temmuz-Ağustos ayları, kış turizmi için ise Aralık-Ocak-Şubat aylarının uygun olduğu görülmektedir (Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022).

Van ili ekonomisi tarımın yanı sıra turizm, sanayi ve ticaret ağırlıklı bir yapıda olup geniş çayır ve mera alanları ve yem bitkisi yetiştiriciliğinin yoğunluğuna bağlı olarak hayvancılık ön plana çıkmaktadır. Ticarete tarımsal ve hayvansal ürünler önemli bir ekonomik faaliyet olmakla birlikte ilin İran'a sınır olmasından dolayı sebze meyve ithalatı ve bazı sanayi ve inşaat malzemeleri ihracatı yapılmaktadır (Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022).

Van ilinde av turizmi, kış sporları, doğa, kültür, sağlık ve kaplıca vb. birçok turizm kolunda faaliyetler yürütülmekte ve bölge yerli ve yabancı turist yönünden oldukça yüksek potansiyele sahiptir. Van ilinin TÜİK verilerine göre 2022 yılı nüfusu 1.128.749 kişidir. 06 Aralık 2012 tarihinde Büyükşehir statüsüne kavuşan ilde İpekyolu, Tuşba, Edremit merkez ilçeler ve Başkale, Muradiye, Özalp, Gevaş, Bahçesaray, Erciş, Çaldıran, Gürpınar, Saray, Çatak çevre ilçeler olmak üzere toplam 13 ilçesi bulunan Van'ın en kalabalık ilçesi 348.046 nüfus ile İpekyolu'dur (Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022; Anonim, 2023b).

4.3. Çalışma Alanı Hidrojeolojisi

Van ilinde DSİ 17. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler YAS Şube Müdürlüğüne akifer özelliğindeki formasyonların tespiti, akifer formasyonlarının depolama kapasitesi, su tutma ve verme güçlerinin tespiti, akifer formasyonlarının permeabilite, porozite, iletkenlik ve elek analizi gibi parametreleri araştırılmıştır. Bu kapsamda su taşıyan formasyonlar;

- a) Van formasyonundaki kumtaşı ve Toprakkale formasyonundaki kireçtaşı seviyelerinden beslenen serbest akifer olarak göl çökellerinin çakıllı ve kumlu seviyelerinde oluşan Plio-Kuvarterner Göl Çökelleri,
- b) Bol çatlaklı kumtaşları ihtiva etmesi sayesinde su depolayabilen Van formasyonu,
- c) Formasyonundaki bol çatlaklı gabrolar ile su depolayabilen Ereğdağı Ofiyoliti (Van 2021 Çevre Durum Raporu, 2022).

4.4. Çalışma Alanı Jeolojisi

Doğu Anadolu'nun jeolojik geçmişi ve oluşumları dört ana dönem ile ayırt edilebilir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Birinci dönemi Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalar belirler ve bu kayalar bölgenin en yaşlı oluşumlarıdır (Boray, 1975; Perinçek, 1980; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yılmaz ve diğ., 1981; Göncüoğlu ve Turhan, 1983; Çağlayan ve diğ., 1983). Ofiyolitik melanjdan oluşan ikinci dönem kayaları birinci dönemde oluşan metamorfik kayaların üzerine Üst Kretasede tektonik dokanakla oturmuşlardır (Demirtaşlı ve Pisoni, 1965; Ketin, 1977a; Yılmaz ve diğ., 1981). Eosen-Alt Miyosen yaşlı üçüncü dönem kayaları ise daha önceki ofiyolitik melanjdan oluşan ve yaşlı metamorfik kayalar üzerine uyumsuz örten şekilde çökel istif şeklinde oluşmuşlardır. Oluşumu Üst Miyosende başlayıp günümüze kadar devam eden dördüncü dönem kayaları neotektonik döneme ait olup istiflenmeler volkanizma ve tektonik hareketlerle meydana gelmiştir. Söz konusu Stratigrafik boşluk ve aşmalar bulunan bu kayalar alttaki birimler üstünde uyumsuzlukla yer almaktadırlar (Boray, 1975; Yılmaz ve diğ., 1981).

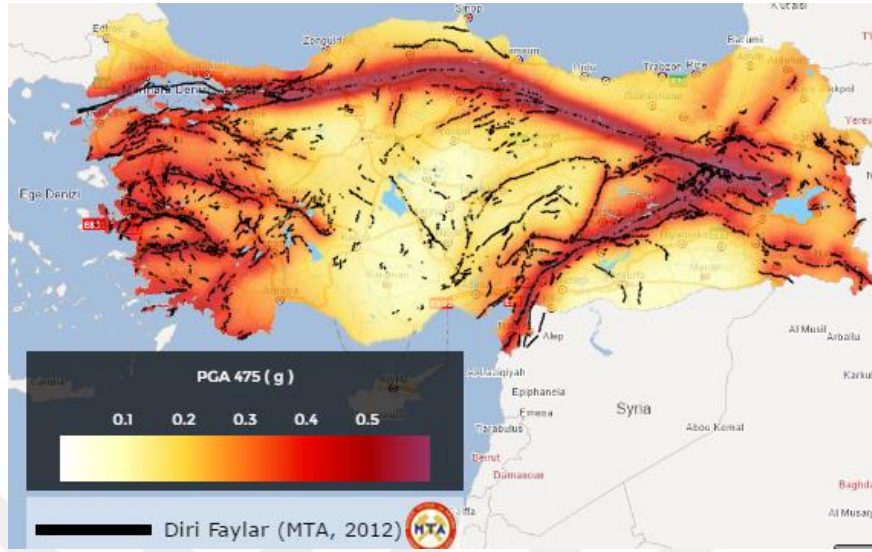
Doğu Anadolu'nun tektonik geçişini Şengör ve Yılmaz (1981)'de açıklamışlardır. Arap ve Anadolu levhalarının çarpışmasıyla bölgede yükselme oluşmuş ve Van Gölü Havzası gelişmiştir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984; Koçyiğit ve diğ., 2001; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey ve diğ., 1986).

4.5. Çalışma Alanı Depremselliği

Yer kabuğunun birbirine göre farklı hareket ettiği fay denilen doğrultular boyunca meydana gelen ve yer kabuğundaki ani kırılmalara bağlı ortaya çıkan enerjinin sismik dalgalar şeklinde yayılması sonucu ortaya çıkan/hissedilen sarsıntıya deprem denir (Alkan ve diğ., 2023). Deprem ekonomik, sosyolojik, psikolojik ağır sonuçları olan nerede olabileceği bilimsel olarak bilinen ancak zamanı tahmin edilemeyen bir doğa olayıdır.

Alp-Himalaya orojenik sisteminin doğusunda yer alan ve yerkürenin sismik olarak en hareketli bölgelerinden birinde konumlanan Türkiye ve civarında birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir (Kadirioğlu ve diğ., 2016). 13 Mart 1992 Erzincan depremi (Md=7), 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi (Mw=7.4), 12 Kasım 1999 Düzce depremi (Mw=7.2), 23 Ekim 2011 Van depremi (Mw=7.2), 24 Ocak 2020 Elâzığ depremi (ML=6.8), 30 Ekim 2020 İzmir depremi (Mw=6.9) ve asrın felaketi olarak nitelendirilen ve 11 ili etkileyen 06 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş/Pazarcık (Mw=7.7) ve Kahramanmaraş/Elbistan (Mw=7.6) merkezli iki ayrı deprem ülkemizin depremselliği yüksek bir bölgede olduğunu ve deprem

gerçeğini hatırlatmaktadır (Koeri, 2023; AFAD, 2023). Şekil 4. 3'te Türkiye deprem tehlike haritası sunulmuştur.



Şekil 4. 3 :Türkiye deprem tehlike haritası (AFAD, 2023a).

Doğu Anadolu Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonunun kesişim alanında, Arap ve Avrasya levhalarının sıkışma sahasında yer alan Van ili Doğu Anadolu Bölgesinin depremsellik yönünden son derece önemli bir noktada konumlanmaktadır. Zagros Fay zonu (İran-Türkiye sınırı) ile Karlıova kesişimi arasındaki bu ara alan, davranış biçimi yönünden Kuzey Anadolu Fayına benzer Çaldıran Fayı, Erciş Fayı, Özalp Fayı gibi sağ yönlü ve bunlara benzer sol yönlü doğrultu atımlı birçok fayın oluşturduğu bir geçiş ve sıçrama fay zonu içerisinde olması Ketin (1977a), Van Gölü Havzasının depremselliğini ve jeodinamiğini önemli hale getirmektedir (Köse ve Özkaymak, 2002). Şekil 4. 4'te Türkiye'nin üzerinde bulunduğu ana plakalar ve fay hatları, Çizelge 4. 1'de ise Van ili son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler gösterilmiştir.

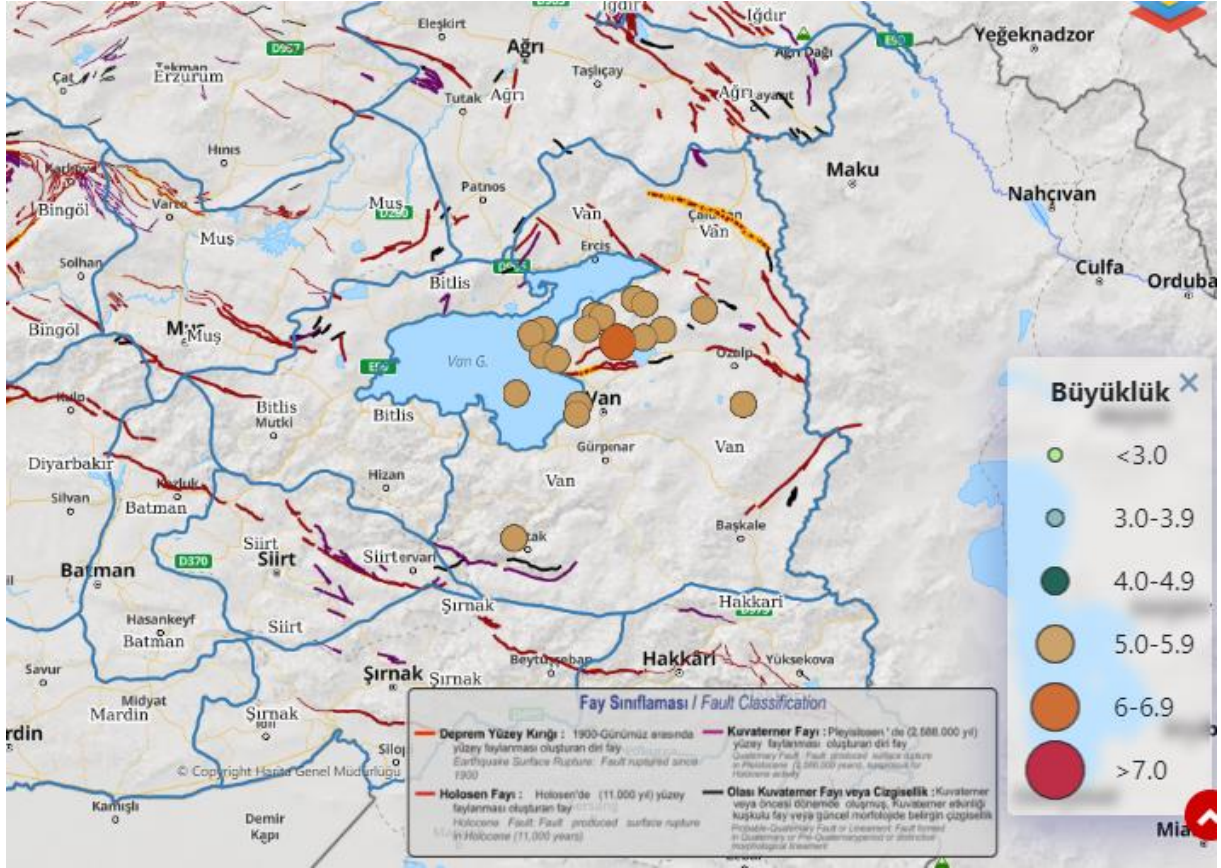


Şekil 4. 4 :Neo-tektonik ana yapılar üzerinde Türkiye (AFAD, 2023b).

Çizelge 4. 1 :Van ili son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler (AFAD, 2023a).

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Tip	Büyüklik	Yer
2022-06-12T18:35:19	43,5405	38,8401	18,62	Mw	5	Tuşba (Van)
2020-06-25T10:03:29	44,0285	38,472	7,48	Mw	5,4	Saray (Van)
2012-06-24T20:07:21	43,6672	38,7333	23,62	Ml	5	İpekyolu (Van)
2011-11-30T00:47:21	43,2905	38,47	19,79	Ml	5	Van Gölü - [06.19 km] Tuşba (Van)
2011-11-18T17:39:39	43,8528	38,8022	8	Ml	5,2	Sarımeşmet Barajı - [00.87 km] Özalp (Van)
2011-11-14T22:08:14	43,0833	38,7038	23,32	Ml	5,1	Van Gölü - [09.64 km] Tuşba (Van)
2011-11-09T19:23:34	43,2825	38,4382	21,47	Ml	5,6	Van Gölü - [01.79 km] Edremit (Van)
2011-11-08T22:05:50	43,0778	38,7192	8,36	Ml	5,4	Van Gölü - [10.73 km] Tuşba (Van)
2011-10-25T14:55:06	43,5857	38,823	17,44	Ml	5,4	Tuşba (Van)
2011-10-24T08:49:19	43,5823	38,706	17,27	Ml	5	Erçek Gölü - [04.78 km] İpekyolu (Van)
2011-10-23T20:45:34	43,1275	38,6447	6,79	Ml	5,8	Van Gölü - [06.41 km] Tuşba (Van)
2011-10-23T19:06:05	43,328	38,7358	22,09	Ml	5	Tuşba (Van)
2011-10-23T18:10:44	43,192	38,629	19,81	Ml	5	Tuşba (Van)
2011-10-23T11:32:40	43,3947	38,7778	22,61	Ml	5,5	Tuşba (Van)
2011-10-23T11:00:29	43,1312	38,7335	7,48	Ml	5,3	Van Gölü - [07.20 km] Tuşba (Van)
2011-10-23T10:56:48	43,3633	38,7825	19,92	Ml	5,8	Tuşba (Van)
2011-10-23T10:41:20	43,4657	38,689	19,02	Ml	6,7	Tuşba (Van)
2000-11-15T15:05:34	43,01	38,51	10,9	Md	5,4	Van Gölü - [14.92 km] Gevaş (Van)
1995-02-14T11:13:21	43	38	11	Md	5	Çatak (Van)

1900 yılından sonraki yaklaşık yüz yılda oluşan depremlerin yer zaman ilişkisi yorumlandığında Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde kırılmadan kalan ve ileride yüksek deprem potansiyeli olan 4 sismik boşluk kuzeyden güneye Ardahan Sismik Boşluğu, Çayırlı-Aşkale fayı, Van Sismik boşluğu, Yüksekova Sismik Boşluğu olarak tespit edilmiştir (Sezer, 2010). Şekil 4. 5'te Van bölgesindeki diri faylar ve son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 :Van bölgesi diri faylar ve son yüzyılda meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler (AFAD, 2023b).

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

5.1 Sondaj Verileri

Çalışmamız kapsamında Van ilinde 2011 Van Depremi sonrasında yapılan imara esas mikro bölgeleme etüt raporları Van Büyükşehir Belediyesinden izin almak suretiyle alınmış ve incelenmiştir. Van ilinde parça parça belirli bölgelerde yapılan mikro bölgeleme etüt raporlarından İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerinin belirli bölümlerini içeren çalışmalar irdelenerek yerleşimin yoğun olduğu bölümlere denk gelen 4 farklı çalışma birleştirilerek anlamlı bir bütün oluşturacak şekilde çalışma alanı sınırları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan mikro bölgeleme etüt raporlarındaki 238 sondaj kuyusunun tüm geoteknik verileri incelenmiştir. Bu kapsamda, yapılan SPT deneyleri irdelenerek en çok veri bulunan derinlikler 1.5 m, 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m ve 15.0 m olarak belirlenmiştir. IDW enterpolasyon tekniği ile sayısal SPT-N değerleri dağıtıldığından mantıksız sonuçlar olmaması için 50'den büyük değerler 50 olarak alınmıştır. Bu derinlikler için zeminin su muhtevası değerleri, yer altı su seviyesi, elek analizi, zemin sınıflandırmaları verileri, Atterberg (kıvam) limitleri verileri ayıklanmıştır.

Bunlara ilave olarak 262 jeofizik ölçüm verisinden kayma dalgası hızı (V_s) değerleri, buna bağlı zemin hâkim titreşim periyodu T_0 değerleri alınarak tüm bu ayıklanan verilerden Excel programında veri tabanı oluşturulmuştur.

Oluşturulan Excel veri tabanı dosyasındaki geoteknik verilerden teorik hesaplamalar ve analizler yapılmıştır.

5.2 ArcGIS

Literatür ışığında geoteknik verilerin haritalandırılmasında ağırlıklı olarak CBS temelli yazılımlardan ArcGIS programı ve sayısal verilerin enterpolasyonunda IDW enterpolasyon metodu kullanıldığından bu tez çalışmasında yapılan tüm haritalandırmalar ArcGIS programı ve IDW enterpolasyon tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Aşağıdaki başlıklarda daha önceden yapılan saha deneylerinin teorik bilgileri elde edilen parametrelerin ne anlama geldiği ve parametrelerden yapılan hesaplamalar anlatılmıştır.

5.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

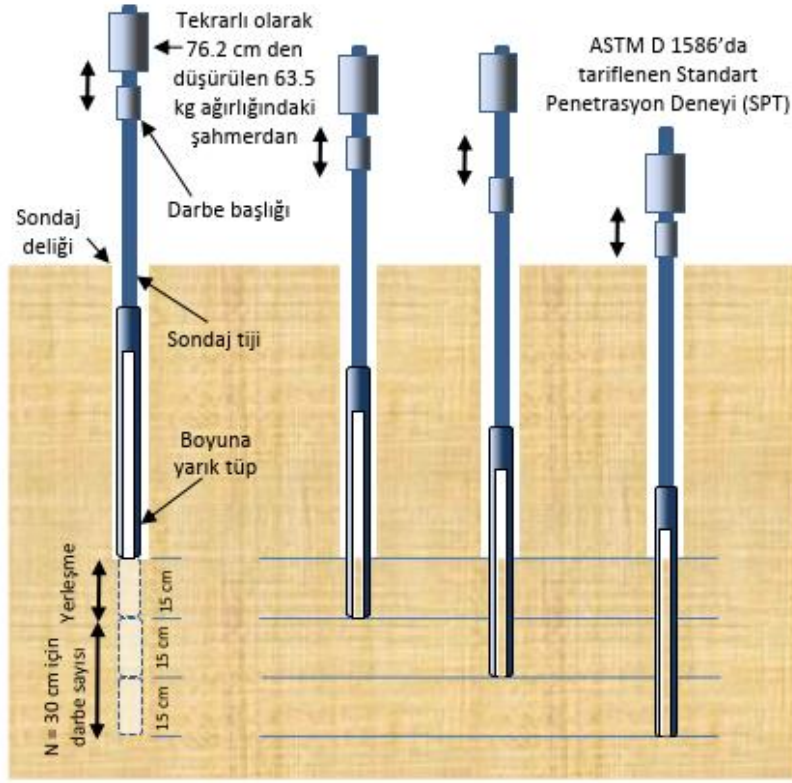
Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) dünya genelinde en çok uygulanan arazi deneyidir. 1800'lü yıllarda ABD'de zemin türünü belirlemek için su yardımıyla sondaj yapılmakta ve sondaj çukuru çamuru içeriğindeki zemin danelerinden belirlenmekteydi. Müteakiben 1902'de Albay Charles R. Gow tarafından zemin türünün belirlenmesi maksadıyla yaklaşık 50 kg ağırlığındaki şahmerdan ile çakılan yaklaşık 2.5 cm çapında bir numune alıcı geliştirilmiştir (Fletcher, 1965). Müteakip yıllarda farklı numune alıcılar geliştirilmiştir. 20'nci yüzyılın ilk çeyreği sonlarında Raymond Kazık Şirketi tarafından zeminin tanımlanması, taşıma gücü hakkında yaklaşım sağlaması ve örnek alımı amacı ile kullanılmıştır (Douglas, 1983).

Standart penetrasyon deneyi terimi ilk olarak Terzaghi tarafından 1947'de Teksas Zemin Mekaniği Konferansında numune alıcı bir tüpün zemin içerisine çakılması olarak belirtilmiştir (Clayton, 1995) Belirtilen bu yöntem günümüzde uygulanan SPT standardına çok benzerdir. Terzaghi ve Peck (1948), SPT'den elde edilen veriler doğrultusunda birçok tasarım abağı ve korelasyon önermiş olup sonraki yıllarda dünya genelinde kullanımı artarak devam etmiştir.

Deney esnasında numune alınabilmesi, deneyde kullanılan mekanik ekipmanların (numune alıcı, tij vs.) basit ve dayanıklı olması, sondaj esnasında rahatlıkla uygulanabildiğinden daha düşük maliyetli olması, çoğu zemin grubunda ve yeraltı su seviyesi altında yapılabilir olması SPT'yi diğer arazi deneylerine göre üstün kılmaktadır (Nixon, 1982).

Deney, 63.5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 76.2 cm'den serbestçe düşürülmesi sonucu elde edilen dinamik enerji ile standart boyutlara sahip boyuna yarık tüpün (split spoon sampler) zemine 45 cm çakılması esasına dayanmaktadır. Deney için sondaj delgi tabanı temizlenir ve deney derinliği 0.03m hassasiyetle kaydedilir. Sondaj tijlerine boyuna yarık tip sabitlendikten sonra tabana yavaşça indirilir. 15'er cm'lik 3 adet ilerleme adımı tij üzerine işaretlenir ve her 15 cm'lik ilerleme için şahmerdanın düşme sayısı (vuruş sayısı) not edilir. Zemindeki örselenmeden dolayı ilk 15 cm'lik ilerleme için düşüş sayısı dikkate alınmaz. Zeminde sonraki 15'er cm'lik iki adımdaki ilerleme için gerekli vuruş sayıları (toplamda 30 cm'lik ilerleme) toplanır ve SPT-N sayısı olarak kaydedilir. Sert zeminlerde, 15 cm'lik üç ilerleme aşamasından birinde 50 darbe sayısına rağmen 15 cm'lik penetrasyon gerçekleşmez ise deney durdurularak refü değerine ulaşıldığı anlaşılır ve 50 darbe/penetrasyon miktarı olarak not edilir. 100 darbeye rağmen 30 cm altında penetrasyon gerçekleşmesi veya 10 darbede hiç penetrasyon sağlanmaması durumlarında ise deney

sonlandırılır (Erol & Çekinmez, 2014). Standart Penetrasyon Deneyi safhaları Şekil 5. 1’de gösterilmiştir.



Şekil 5. 1 :Standart penetrasyon deneyi safhaları. (FHWA, 2002b)

SPT deneyinin söz konusu üstünlüklerinin yanı sıra deneyden özellikle operatör ve standartlara uyulmamasına bağlı olarak yanıltıcı sonuçlar da elde edilebilmektedir. Çizelge 5. 1’de olası hatalar ve sonuçları verilmiştir.

Deneyin, maksimum dane boyunun örnek alıcı yarıçapından küçük olan zeminlerde yapılması tavsiye edilmektedir (Erol ve Çekinmez, 2014).

Uzun yıllardır uygulama geçmişine ve verisine sahip olması, literatürde çok sayıda korelasyon ve mühendislik yorumu barındırması, kohezyonlu, kohezyonsuz, tabakalı gibi çoğu zeminde uygulanabilmesi, taşıma kapasitesini tahmin ederken zeminden numune alınmasına da olanak sağlaması, bunların yanı sıra kolay, ucuz ve hızlı şekilde yapılabilmesi diğer arazi deneylerine göre SPT deneyini üstün kılmakla birlikte; deney sonuçlarının uygulayıcı hatalarından ve deney ekipmanları gibi birçok değişkenden etkilenmesi, iri daneli zeminler ile çok yumuşak ve hassas killerde yanıltıcı sonuçlar vermesi, yeraltı su seviyesi altında kaynamadan dolayı sağlıklı sonuçlar vermemesi sınırlayıcı yanlarını oluşturmaktadır (Kulhway ve Mayne, 1990).

Çizelge 5. 1 :Ölçülen SPT değerini etkileyen faktörler (NAVFAC, 1982).

Olası hatalar	Sonuçları
Sondaj deliğinin gerektiği kadar temizlenmemesi	Deney örselenmemiş zeminde yapılmalıdır. Numune alıcıyı çamur tıkayabilir ve SPT-N sayısı artabilir.
Numune alıcının örselenmemiş zemine doğru oturmaması	Yanılıcı SPT-N değerleri elde edilir.
Numune alıcının muhafaza borusu alt seviyesinden yukarıda sürülmesi	Kohezyonsuz zeminlerde SPT-N değeri artar, kohezyonlu zeminlerde azalır.
Sondaj deliğinde yeteri kadar hidrostatik düzeyin sağlanamaması	Sondaj kuyusundaki yeraltı su seviyesi kum zemindeki piyezometrik basınca eşit olmalıdır. Bunun olmaması durumunda kuyu tabanındaki kumda kaynama olabilir ve SPT-N değeri olması gerekenden düşük ölçülür.
Operatör davranışı	Operatörün tecrübesi, iş disiplini, deneyin her safhasında aynı ve doğru adımları uygulaması deney sonuçlarını direkt etkiler
Boyuna yarık tüp önüne iri dane (çakıl vb.) denk gelmesi	SPT-N değeri gerçek değerden yüksek çıkar.
Kaplama borusu önünün aşırı yıkanması	Sıkı kumlarda düşük SPT-N değerine sebep olur.
Kaplama borusunun tıkanması	Hidrostatik basınç kumun yükselerek muhafaza borusunu tıkanmasına ve olması gerekenden yüksek SPT-N değerine sebep olur.
Sondaj tekniği	Farklı sondaj yöntemleri (çamurla stabilize veya kaplama borusu gibi.) aynı zeminde farklı SPT-N değerlerine sebep olabilir.
Şahmerdanın serbest düşmemesi	Halatın 1.5 turdan fazla dolanması serbest düşüşü engelleyerek daha yüksek SPT-N değerine sebep olacaktır.
Şahmerdanın eksantrik olarak çakma başlığına vurması	Düşme enerjisi azalacağından SPT-N olması gerekenden yüksektir.
Kılavuz tiji kullanılmaması	Yanılıcı SPT-N elde edilir.
Boyuna yarık tüp pabucu hasarlı ise	Uç alanı genişleyebilir, SPT-N artabilir.
Standarttan daha ağır tij kullanımı	Fazla enerjiyi sönmeyeceğinden SPT-N olması gerekenin üzerindedir.
Yanlış sondaj açma metodu	Zemini ileri seviyede örseleyeceğinden yanılıcı SPT-N değerleri
Düşme sayısı ve ilerleme miktarının yanlış kaydedilmesi	Elde edilen SPT-N değerleri doğru değildir.
Çok geniş çapta sondaj çukuru	102 mm'den geniş çapta kuyu daha fazla örselenmeye sebep olacağından SPT-N olması gerekenden düşük
Denetim eksikliği	Anlık olarak boyuna yarık tüp ötü çakıl ile tıkanabilir, tecrübeli operatör dışındakiler farkına varamaz. Sondaj derinlik ve numune kayıtları muntazam tutulmalıdır.

5.4. Taşıma Gücü Hesaplamaları

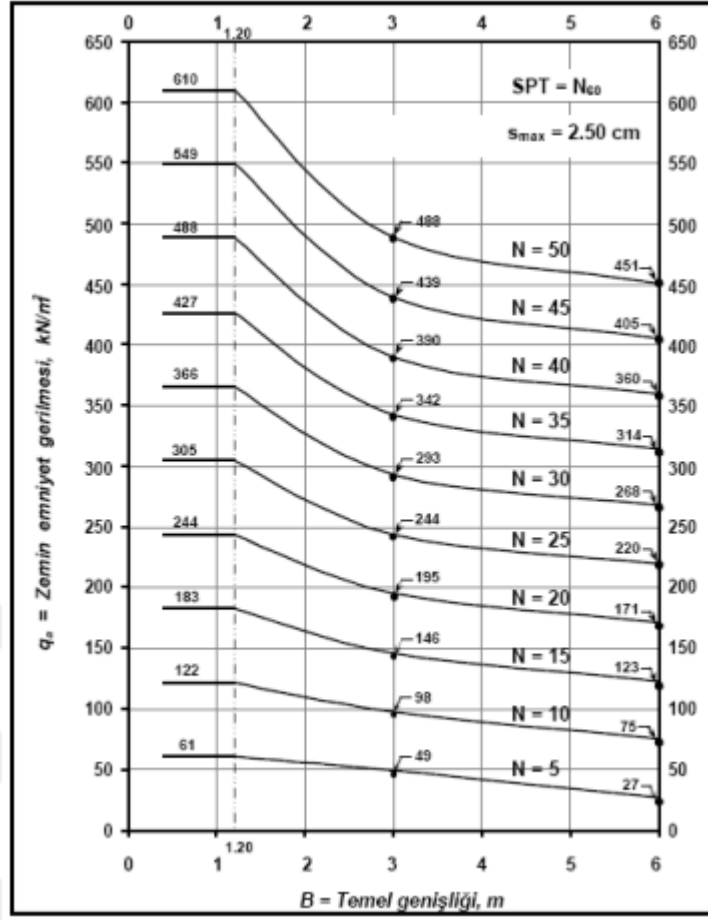
Zemin üzerine uygulanan yüklere bağlı olarak ortaya çıkan gerilmenin zeminde şekil değiştirmeler meydana getirmektedir. Zeminlerin heterojen ve süreksiz malzemeler olması zeminin gerilme şekil değiştirme ilişkisini diğer yapı malzemelerine göre çok daha komplike hale getirmektedir. Çelik gibi elasto-plastik davranış gösteren malzemelerde gerilme artışı ile deformasyon ve müteakiben akma ve nihayetinde göçme meydana gelirken, beton gibi gevrek malzemelerde ise ani göçme meydana gelmektedir. Malzemelerin tamamında olduğu gibi, zeminde de üzerlerine uygulanan yüklerin sebep olduğu gerilmeler müsaade edilebilir değerleri aşması durumunda zeminde göçme meydana gelir (Özaydın, 2016). Taşıma gücü ise biriminden (kN/m^2) de anlaşılacağı üzere göçme olmaksızın zeminin birim alanının taşıyabileceği yük olarak tanımlanabilir (Karabaş, 2019).

SPT vuruşlarındaki dinamik etki sebebiyle oluşan boşluk suyu basınçlarının bilinmemesi ve boyuna yarık tüp etrafında yapışma etkisiyle ilave direnç oluşması sebebiyle SPT-N sayıları ve buna bağlı hesaplanan taşıma gücünün yanıltıcı olabileceği öngörüldüğünden kil zeminlerde SPT deneyi önerilmemektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2019).

5.4.1 Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü metodu

Terzaghi ve Peck (1967), temeldeki oturmanın maksimum 25 mm olduğu durum için; taşıma gücü (q_e), temel genişliği (B) ve SPT-N değerleri arasında Şekil 5. 2'deki abağı önermişlerdir.

Bu çalışma kapsamında 3.0 m tekil temel üzerinden Şekil 5.2'deki abak kullanılarak taşıma gücü hesaplamaları yapılmıştır.



Şekil 5. 2 :SPT-N ve temel genişliğine göre taşıma gücü (Bowles, 1996).

5.4.2 Meyerhof (1974) taşıma gücü metodu

Meyerhof hesap yönteminde de Terzaghi-Peck yöntemine paralel olarak maksimum oturma 25 mm ile sınırlandırılarak kabul edilebilir taşıma gücünü aşağıdaki bağıntılarla vermiştir. Bu çalışmada 3.0 m tekil temel üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

$$q_a = 12Nk_d \quad B \leq 1.22 \text{ m} \quad (5.1)$$

$$q_a = 8N\left(\frac{B + 0.305}{B}\right)^2 k_d \quad B > 1.22 \text{ m} \quad (5.2)$$

$$\text{Burada, } k_d = 1 + 0.33(D_f/B) \leq 1.33 \text{ m olmalıdır.} \quad (5.3)$$

5.5 Elek Analizi

İri daneli zeminlerdeki dane çapı dağılımının belirlenmesi için yapılan çalışmadır. Bu çalışmada genellikle kare gözlü standart elek setleri kullanılır. Yaygın olarak kullanılan standart elekler Çizelge 5. 2'de verilmiştir (Özaydın, 2016). Elek numaraları 1 inç=25.4 mm

içerisine düşen kare göz sayısına göre adlandırılır. Örneğin 4 nolu elekte 1x1inç içerisine 4 adet eşit göz denk gelen elek anlamındadır.

Çizelge 5. 2 :Elek analizinde kullanılan standart elekler (Özaydın, 2016).

Elek No	Elek Açıklığı (mm)
4	4.75
10	2.00
20	0.85
40	0.425
60	0.25
100	0.15
200	0.075

Elek çapları İngiliz ve Amerikan standartlarında değişkenlik göstermekle birlikte standartları da bu boyutlara benzer olup Çizelge 5. 3'te verilmiştir.

Çizelge 5. 3 :Amerikan ve İngiliz standartlarına göre elekler (Uzuner, 2020).

Amerikan Elekleri		İngiliz Elekleri	
Elek No.	Çap(mm)	Elek No.	Çap(mm)
2''	50.80	2''	50.80
1*1''/2	38,10	1*1''/2	38,10
3/4''	19.00	3/4''	19.05
3/8''	9.51	3/8''	9.52
4	4.76	4	4.76
7	2.83	6	2.80
8	2.38	7	2.40
10	2.00	8	2.00
14	1.41	12	1.40
16	1.19	14	1.20
18	1.00	16	1.00
25	0.707	22	0.710
30	0.590	25	0.600
35	0.500	30	0.500
40	0.420	36	0.420
45	0.354	44	0.355
50	0.297	52	0.300
60	0.250	60	0.250
70	0.210	72	0.210
80	0.177	85	0.180
100	0.149	100	0.150
120	0.125	120	0.125
170	0.088	170	0.090
200	0.074	200	0.075

Elek analizi için 1-5 kg arasında numune alınır etüvde kurutulularak ince daneli zemindeki topaklanmalar ayrışacak şekilde ezilir. Daha sonra tartılarak ağırlığı belirlenen

numune sarsma tablası üzerindeki standart elek setinin bırakılır. Elek seti yukarıdan aşağıya iri gözlüden elekten ince gözlü eleğe göre sıralanır daha sonra eleme başlatılır. Eleme tamamlandıktan sonra elek seti ayrılarak elek üzerinde kalan numuneler tartılarak kaydedilir her bir elek için yüzde geçen miktarları $\%P = (\text{elekten geçen zemin miktarı} / \text{elenen toplam zemin}) \times 100$ şeklinde hesaplanır.

Daha sonra yatay eksen dane çapı logaritmik düşey eksen yüzde geçen olacak şekilde granülometri eksen takımında noktalar birleştirilerek granülometri eğrisi elde edilir.

10 nolu elek kum çakıl yüzdesini 200 nolu elek ise iri daneli ve ince daneli zeminleri ayırmaya yararmaktadır. 200 nolu elek altına geçen zemin kil-silt karışımı ince daneli (kohezyonlu) zemin olarak nitelendirilmektedir (Uzuner, 2020).

5.6 Su Muhtevası

Zeminin taneleri aralarında boşluk bulunmakta olup söz konusu boşluklarda su veya hava olabilir. Zemin boşluklarındaki su durumunu gösteren bir terim olan su muhtevası belli bir hacimdeki su ağırlığının dane ağırlığına oranıdır.

$$w = \frac{M_{su}}{M_{kuru}} = \frac{M_{yaş} - M_{kuru}}{M_{kuru}} = \frac{M_{su}}{M_{dane}} \quad (5.4)$$

5.7 Atterberg (Kıvam) Limitleri

Kohezyonlu zeminlerin içerdikleri su muhtevası mühendislik davranışını belirlemektedir. Kıvam killi zeminlerin sertlik-yumuşaklık durumunu nitelemektedir. Killi zeminler su muhtevalarına göre çok katı(sert)-yarı katı (yarı plastik)-plastik-likit (viskoz sıvı) safhalarında olabilmektedirler. Söz konusu kıvam limitlerinin anlamı ilk olarak, bu limitlerin bulunması için basit deneyler öneren İsveçli mühendis Atterberg tarafından belirtilmiştir. Killi zeminler(kohezyonlu) su içeri artırılarak yoğrulduklarında plastik davranış gösterirler. Plastik ya da plastisite kavramı kohezyonlu zeminler için söz konusu olup kırılmadan şekillendirilebilme özelliğidir. Kum, çakıl gibi iri daneli, kohezyonsuz granüler zeminlerde (NP) bu kavramdan bahsedilemez (Uzuner, 2020; Özaydın, 2016; Capper ve Cassie, 1962).

Kil danelerinin su muhtevalarına bağlı olarak kıvam limitlerinin ve davranışının açıklanabilmesi için minerallerin kristal yapısı, boşluklardaki su ve su içerisindeki kimyasal maddelerinin karmaşık ilişkisinde saklıdır. Kil mineralleri ince plaka şeklinde kristal yapıya sahip olup söz konusu dane yüzeylerinde negatif ve pozitif elektrik şarjları mevcuttur. Su

molekülleri yüzeyleri ile kimyasal maddelerde bahsi geçen kil daneleri yüzeyinde zıt elektriksel yüklere bağlı olarak çekim ve itme kuvvetleri meydana gelmektedir. Bu çekim kuvvetleri kil danesi üzerinde adsorbe su tabakası oluşturmaktadır. Zemin düşük su muhtevasına sahip olduğunda daneler arasında adsorbe su ile temas sonucu su tabakasının yüksek viskozitesine bağlı olarak danelerin birbirine göre hareketi zorlaşmakta ve katı davranış sergilenmektedir. Zemine su katılmasıyla danelerin birbirinden uzaklaşmasına bağlı olarak adsorbe su teması kopmakta ve daneler kolay hareket edebilir duruma yani şekil verilebilir (plastik) duruma geçmektedir (Özaydın, 2016).

Likit Limit (w_L): Zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği minimum su muhtevası ya da viskoz akışkan sıvıdan plastik kıvamına dönüştüğü andaki su muhtevasıdır.

Plastik Limit (w_P): Zeminin kırılmadan 3mm çapındaki silindir haline getirilebildiği başka bir deyişle plastik kıvamdan yarı plastik kıvamına geçtiği andaki su muhtevasıdır.

Büzülme Limiti (w_s): Zeminin yarı plastik kıvamdan katı hale geçtiği ya da su kaybının hacimde azalmaya sebep olmadığı andaki su muhtevasıdır (Özaydın, 2016).

Likit limit ile plastik limit arasında kalan bölge yani zeminin plastik davranış gösterdiği su muhtevası aralığı genişliğine ise I_P plastisite indisi adı verilir ve Denklem 5.5 ile hesaplanır (Özaydın, 2016).

$$I_P = w_L - w_P \quad (5.5)$$

Likit limit değeri Şekil 5. 3'de gösterilen Casagrande deney aletinde değişik su muhtevalarına sahip kohezyonlu zemin örneklerinin belirtilen alette standart açılan yarığın açılması ve aletin kolunun çevrilerek 1cm'den düşürülmesi suretiyle belirlenir. Açılan standart yarığın 1.25 cm'lik kısmının kapanmasına sebep olan düşüş sayısı ile o andaki su muhtevası grafiğinin çizilmesi suretiyle 25 düşüşe denk gelen su muhtevası değeri likit limit olarak kabul edilir.

Zeminin plastik kıvamını koruduğu en düşük su muhtevası olarak tanımlanan plastik limit ise yoğrulan numunenin cam veya mermer gibi bir yüzeyde yuvarlanarak kırılmadan 3.0 mm çapında silindir elde edilebildiği andaki minimum su muhtevası değerinin belirlenmesi suretiyle bulunur.



Şekil 5. 3 :Casagrande deney aleti (Anonim, 2023ç).

5.8 Zeminlerin Sınıflandırması

Zeminlerin doğal yapı malzemesi olması ve heterojen yapısı gereği bünyesinde mühendislik özellikleri birbirinden oldukça farklı birçok malzeme içermektedir. Mühendislik yapıları çoğunlukla doğal zemin üzerine inşa edilmekle birlikte bazı durumlarda temel altına dolgu olarak da kullanılabilir. Bu kapsamda doğal zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için bünyesindeki malzemelerin tespiti, sınıflandırılması ve davranışının tayini önem arz etmektedir (Özaydın, 2016). Bu kapsamda zeminin sınıflandırılması sadece tanımlanmasını sağlamak değil aynı zamanda muhtemel davranışının belirlenmesi için de güçlü parametreler sağlamaktadır (Moreno ve diğ, 2021).

5.8.1 Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)

USCS dünyada ilk olarak A. Casagrande tarafından oluşturulmuştur (Casagrande, 1947). Müteakiben geliştirilen bu sistem aynı ana gruplara dayanmaktadır (Capper ve Cassie, 1962). Zemin mühendisliğinde tüm dünyada oldukça yaygın kullanılan bir zemin sınıflandırma sistemi olmakla birlikte Türkiye, İngiltere vb. çoğu ülke bu sınıflandırmada ufak değişiklikler yaparak kendi ulusal sınıflandırma sistemini oluşturmuşlardır (Uzuner, 2020).

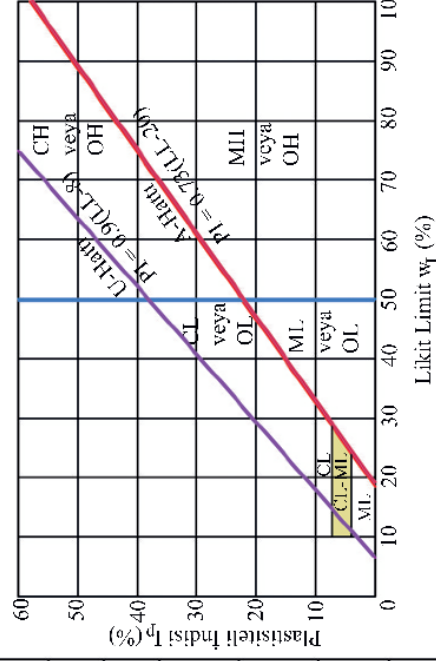
Söz konusu sistemde zeminler öncelikle dane boyutuna göre iri daneli zeminler (çakıl, kum) ve ince daneli zeminler (silt, kil) olmak üzere iki temel guruba ayrılmaktadır. Diğer taraftan iri daneli zeminler dane boyutlarına ince daneli zeminler ise plastisite özelliklerine göre farklı alt gruplara ayrılmakta ve söz konusu alt gruplardaki zeminler İngilizce karşılıklarının baş harfleri ile sembolize edilmektedir. Şekil 5. 4'te dane boyutuna

göre zemin sınıfları ve sembolleri gösterilmiş olup buna ek olarak organik zeminler için (O), turba zeminler için ise (Pt) kullanılmaktadır (Özaydın, 2016). Tablonun anlaşılabilirliğini artırmak için Şekil 5. 5'deki akış diyagramı verilmiştir.

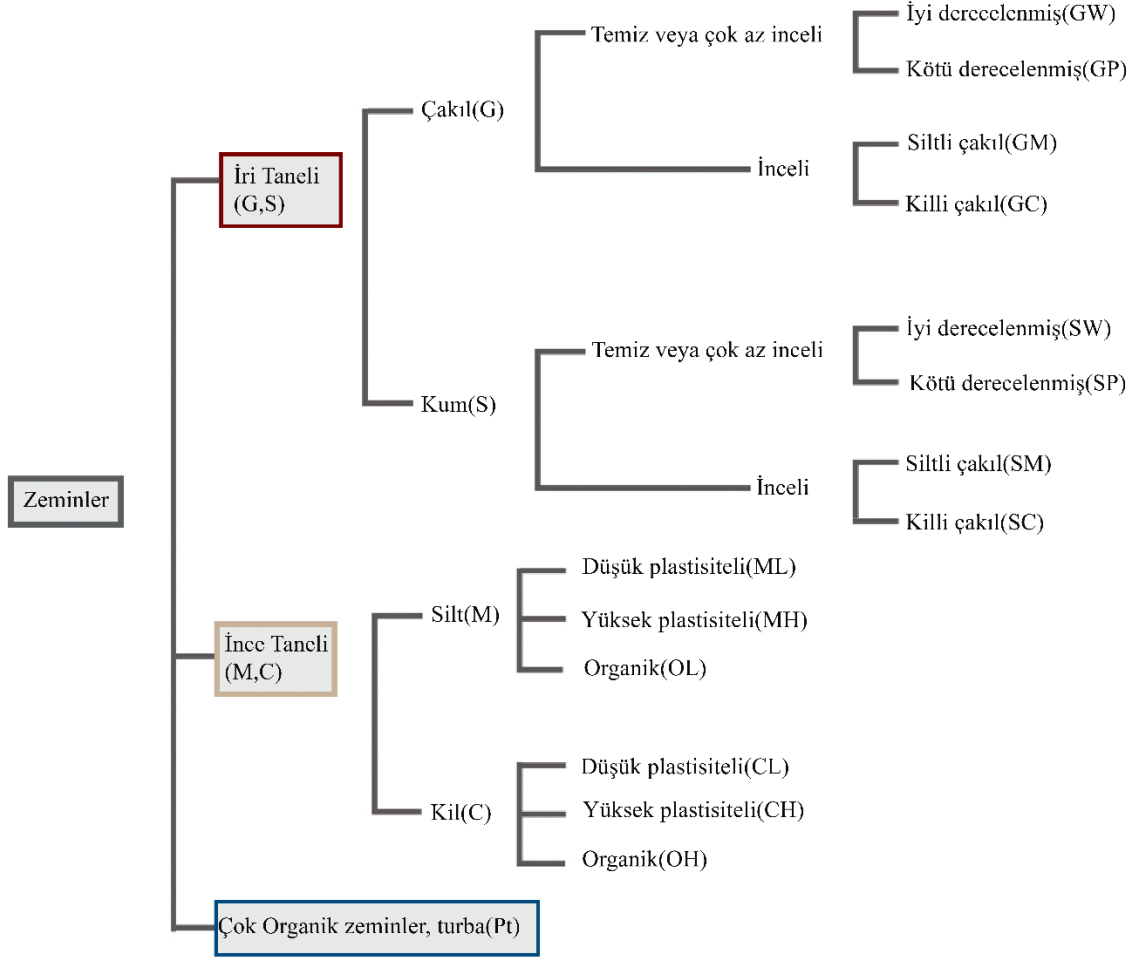
Zeminler çoğunlukla doğal halde iken farklı kategorideki zeminlerin karışımı şeklinde olduğundan ikinci sembol olarak iri daneli zeminler granülometrisine göre iyi derecelenmiş (W), kötü derecelenmiş (P) şeklinde gösterilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde ise düşük plastisiteli zeminler için ikinci sembol olarak (L), yüksek plastisiteli zeminler için ise ikinci sembol olarak (H) şeklinde gösterilir (Özaydın, 2016).



Laboratuvar Sınıflandırma Kriterleri		Zemin Cinsi	Grup Sembolü	Ana Gruplar	
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ve $C_c = \frac{D_{60}^2}{(D_{10})(D_{60})} - 1 - 3$ $C_u \leq 4$ veya $C_c \neq 1-3$				Çakıllar (Tri kısmın No.4 Elekten Geçen %'si < %50)	Çakıllar (Tri kısmın No.4 Elekten Geçen %'si < %5)
$C_u \leq 4$ veya $C_c \neq 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		İyi derecelenmiş temiz çakıllar ve çakıl-kum karışımları	GW	Temiz çakıllar (No.200 Elekt altı < %5)	İyi Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen < %50)
$C_u \leq 6$ veya $C_c = \frac{D_{60}^2}{(D_{10})(D_{60})} - 1 - 3$ $C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$		Kötü derecelenmiş temiz çakıllar ve çakıl-kum karışımları	GP	Siltli ve killi çakıllar (No.200 Elekt altı > %12)	
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Siltli çakıllar, çakıl-kum-silt karışımları	GM	Temiz kumlar (No.200 Elekt altı < %5)	Kumlar (Tri kısmın No.4 Elekten Geçen %'si > %50)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Killi çakıllar, çakıl-kum-killi karışımları	GC	Siltli ve killi kumlar (No.200 Elekt altı > %12)	
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		İyi derecelenmiş temiz kumlar, çakıllı kumlar	SW	Siltler ve Killiler (No.200 Elekten Geçen > %50)	İnce Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen > %50)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Kötü derecelenmiş temiz kumlar, çakıllı kumlar	SP		
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Siltli kumlar	SM	Düşük plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler Düşük plastisiteli inorganik killer ve siltli killer Düşük plastisiteli organik siltler ve killi siltler	Siltler ve Killiler ($W_L \leq \%50$)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Killi kumlar	SC		
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Düşük plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler	ML	Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler	Yüksek Plastisiteli Organik Killiler ve Siltler ($W_L > \%50$)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Düşük plastisiteli inorganik killer ve siltli killer	CL		
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Düşük plastisiteli organik siltler ve killi siltler	OL	Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler	Yüksek Plastisiteli Organik Killiler ve Siltler ($W_L > \%50$)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler	MH		
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer	CH	Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler	Yüksek Plastisiteli Organik Killiler ve Siltler ($W_L > \%50$)
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler	OHI		
$C_u \leq 6$ veya $C_c / 1-3$ A hattının altında veya $I_p < 4$ A hattının üzerinde ve $I_p > 7$ çift sembol		Türba zeminler ve diğer organik zeminler	Pt	Organik Zeminler	



Şekil 5. 4 : Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi (USCS) (Özaydin, 2016).



Şekil 5. 5 :Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi akış diyagramı (Uzuner, 2020).

5.9 Yerel Zemin Sınıflarının Tespiti

Deprem tasarım spektrumlarının belirlenmesinde yerel zemin sınıfı baz alınmaktadır. Bu kapsamda, arazide sismik ölçümler ile belirlenen kayma dalgası hızı V_s temel parametrelerden biridir. Ölçülen V_s kayma dalgası hız aralıklarına göre TBDY (2018), NEHRP, Eurocede 8 gibi yönetmeliklerde zeminlerin sınıflandırması yapılmaktadır. Aşağıda söz konusu yönetmeliklerdeki sınıflandırma kriterleri verilmiştir.

5.9.1 TBDY (2018)'e göre yerel zemin sınıfları

18 Mart 2018 tarihli ve 30364 sayılı Resmî Gazetede 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yayımlanan ve 01 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin (TBDY)'nin "Deprem Etkisi Altında Temel Zemini ve Temellerin Tasarımı İçin Özel Kurallar" başlıklı 16'ncı bölümünde üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı (V_s)₃₀ Denklem 5.6 değerlerine göre hesaplanmaktadır. Yerel zemin sınıfları

Çizelge 5. 4'te verilmiş olup bu tez çalışmasında mikro bölgeleme etüt raporlarından elde edilen $(V_s)_{30}$ değerlerinden veri tabanı oluşturularak ArcGIS'te çalışma alanı zemin sınıfı haritaları hazırlanmıştır.

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (5.6)$$

Çizelge 5. 4 :Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları.
(TBDY, 2018)

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

Ayrıca TBDY (2018)'de SPT-N değerlerine göre de sınıflandırma kriterleri Çizelge 5. 4'te verilmiştir. Yönetmelikte belirtilen sınıflandırma için öncelikle arazide SPT deneyi ile elde edilen ham SPT değerine Denklem 5.7 ve Denklem 5.8'de verilen bazı düzeltmeler gerekmektedir. Bu kapsamda;

$$(N_{60}) = N C_R C_S C_B C_E \quad (5.7)$$

Burada;

- N : arazide elde edilen ham SPT-N sayısı
C_R : tij boyu düzeltme katsayısı
C_S : numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
C_B : sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C_E : enerji oranı düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

$$(N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{N_{60i}}} \quad (5.8)$$

(N₆₀)₃₀ : üst 30 metredeki ortalama standart penetrasyon darbe sayısı

5.9.2 NEHRP'e göre yerel zemin sınıfları

National Earthquake Hazard Reduction Programme (NEHRP) A.B.D'de mühendislik alanında dikkate alınan, deprem sonrası oluşabilecek risklerin minimize edilmesi ve yapıların depreme dayanıklı tasarlanmasında yoğun kullanılan bir kriterdir. NEHRP'de jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen zeminin 30 m derinliğe kadar ortalama kayma dalgası hızından (V_s)₃₀ yola çıkarak sınıflandırması yapılmıştır. Söz konusu zemin sınıflandırması Çizelge 5. 5'te verilmiştir (Zor ve diğ., 2007; Bozkurt ve diğ., 2013; Halaç, 2016).

Çizelge 5. 5 :NEHRP hükümlerinde ve Uniform Building Code'a göre zemin sınıflandırması (Güzel, 2009).

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	V _s >1500
B	Kaya	760<V _s <=1500
C	Çok sıkı/Sert zemin yada Yumuşak Kaya	360<V _s <=760
D	Sert/Sıkı Zemin	180<V _s <=360
E	Zayıf Zemin	V _s <180

5.9.3 Eurocode 8'e göre yerel zemin sınıfları

Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) tarafından 2004 'te onaylanan ve limit durum tasarım düşüncesiyle depreme dayanıklı yapı tasarımı ilke ve kriterlerini veren Avrupa standardıdır (Anonim, 2023c). Söz konusu standartta arazide jeofizik çalışmalar sonucu belirlenen (V_s)₃₀ kayma dalgası hızı değerlerine göre zemin sınıflandırması yapılmıştır. Söz konusu zemin sınıflandırma kriterleri Çizelge 5. 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. 6 :Eurocode 8'e göre zemin sınıflaması (Güzel, 2009).

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşekten orta sıkıya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşaktan serte kadar kohezyonlu zemin	$180 < V_s$

5.10. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0)

Deprem esnasında kaynaktan yayılan dalgalar zemin ortamından geçerken zeminin özelliğine göre farklı frekanslar içerir ve davranış gösterirler. Buna bağlı olarak hasarın türü ve mertebesi değişebilir. Bu kapsamda zeminin davranışının tespitinde en önemli parametrelerden biri sarsıntı esnasındaki zemin hakim periyodudur. Bina kat adeti ve yüksekliği ile zemin hakim periyodu arasında deprem esnasında oluşan rezonans hasar türü önemli ve tasarımda dikkat edilmesi gereken bir husustur (Keçeli ve Cevher, 2018).

Hâkim periyot, zemin hareketinin frekansını belirlemek için gerekli olup Fourier genlik spektrumunun pik değerine karşılık gelen titreşim periyodunu ifade eder. Bu değer 0 ila 1 arasındadır. Hâkim periyot yumuşak zeminlerde kayaç zeminlere göre daha yüksek değerlerdedir. Birbiri üzerinde tabaka halindeki zeminde tabaka kalınlığı ve kayma dalgası hızı (V_s)₃₀ değerlerinden Denklem 5.9 ile hesaplanır.

$$T_0 = \sum \frac{4H}{(V_s)_{30}} \quad (5.9)$$

Denklem 5.9'da;

T_0 : Zemin hâkim titreşim periyodu

$(V_s)_{30}$: Zemin yüzeyinden 30 m derinlikteki ortalama kayma dalgası hızı

H : Tabaka kalınlığını ifade etmektedir.

Bu kapsamda, yapıların deprem esnasındaki yer hareketine karşı davranışının değerlendirilmesinde kullanılan zeminin hâkim titreşim periyodu önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında zeminin deprem esnasındaki titreşiminin bilinmesi önem arz etmektedir (Öncül, 2016).

5.11. Deprem Tehlike Düzeyinin Belirlenmesi

19 Eylül 1985 Michoacan Depremi ($M_s = 8.1$) episantır dediğimiz odak noktasına en yakın yeryüzündeki noktada orta hasara sebep olurken 350 km uzaklıktaki Mexico City’de ağır hasara sebep olmuştur. Burada yapılan çalışmalarda dağlık, göl yatağı ve geçiş olmak üzere 3 farklı jeolojik birimde yer alan şehrin deprem esnasında zemin türüne göre çok farklı ivme değerlerinin elde edildiği ve farklı hasarlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Öyle ki yumuşak zemindeki maksimum ivme değerlerinin sert zemine göre 5 kat fazla mertebelerde olduğu görülmüştür. Buradan anlaşılacağı üzere deprem dalgaları zemin tabakalarından geçerken zeminin özelliğine göre değişime uğrar. Bunun üzerine bölgesel zemin özelliklerinin etkisi üzerine çalışmalar yoğunlaşmış ve birçok araştırmacı zemin büyütme hesabına farklı yaklaşımlar önermişlerdir. Bu tez çalışmasında Midorikawa (1987) formülüne göre zemin büyütme hesabı yapılmıştır (Kramer, 1996; Yalçınkaya, 2002).

Çizelge 5. 7 :Kayma dalgası hızına (V_s)₃₀ bağlı zemin büyütme ilişkileri (Midorikawa, 1987).

Araştırmacı	İlişki
Midorikawa (1987)	$A=68V_1^{-0.6}$ ($V_1 < 1100$ m/s)
	$A=1$ ($V_1 > 1100$ m/s)
A :Bağıl amplifikasyon katsayısı	
V_1 :30 m derinlikteki ortalama kayma dalgası hızı	

Çizelge 5. 7’deki Midorikawa bağıntısı ile çalışma alanında elde edilen yüzeyden itibaren 30 m aşağıdaki ortalama kayma dalgası hızı (V_s)₃₀ verileri kullanılarak zemin büyütme hesabı yapılmıştır. Zemin büyütme değerlerine göre de deprem tehlike düzeyleri belirlenmiştir. Buna göre, 0.0-2.0 büyütme değeri düşük tehlike (C), 2.0-4.0 büyütme değeri orta tehlike (B) ve 4.0-6.5 büyütme değeri yüksek tehlike (A) düzeylerini ifade etmektedir (Kurnaz, 2011).

5.12 Zemin Sıvılaşması Değerlendirmesi

Deprem esnasında boşluk suyu basıncında aşırı yükselme meydana gelmektedir. Boşluk suyu basıncındaki bu aşırı yükselme daneleri bir arada tutan kuvveti aşması durumunda daneler arasında bir çekim kuvveti kalmaz ve zemin sıvı gibi davranır. Bu duruma zemin sıvılaşması denir.

Zemin sıvılaşma riskinin hesaplanması için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında TBDY (2018) EK 16B’de önerilen basitleştirilmiş zemin sıvılaşma değerlendirmesi kısmında belirtilen yöntem ve kriterler uygulanmıştır.

5.12.1 SPT-N verilerinin düzeltilmesi

5.12.1.1 Ham SPT-N değerlerinin düzeltilmesi

TBDY (2018)’de belirtilen basitleştirilmiş zemin sıvılaşma değerlendirmesi için öncelikle arazide elde edilen ham SPT-N değerleri için belirli düzeltmeler yapılması gerekmektedir. Arazide elde edilen ham SPT-N değerleri Denklem 5.10 kullanılarak $N_{1,60}$ hesaplanacaktır.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad (5.10)$$

Burada;

- N : arazide elde edilen ham SPT-N sayısı
- C_N : kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı
- C_R : tij boyu düzeltme katsayısı
- C_S : numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
- C_B : sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
- C_E : enerji oranı düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

Derinlik düzeltme katsayısı C_N Denklem 5.11 ile hesaplanacaktır.

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.70 \quad (5.11)$$

C_R tij boyu düzeltmesi için Çizelge 5. 8’den uygulamada ağırlıkla kullanıldığından Skempton (1986) değerleri alınmıştır (Erol ve Çekinmez, 2014).

Çizelge 5. 8 :Düzeltilme faktörleri (Aggour ve Radding, 2001).

Değişkenler	Düzeltilme Faktörü				
	Semboller	Skempton* (1986)	Robertson ve Wride (1997)	McGregor ve Duncan (1998)	Bowles (1996)
Tij Uzunluğu					
> 30 m		1	<1.0	1	1
10 - 30 m		1	1	1	1
6 - 10 m	Cr	0.95	0.95	1	0.95
4 - 6 m		0.85	0.85	1	0.85
3 - 4 m		0.75	0.75	1	0.75
0 - 3 m		0.75	-	0.75	0.75
Tüp					
		1.2	1.1-1.3	-	1.0
	Cs				
Astar olmayan örnek alıcı kullanılmış ise Standart tüp (astar olan) örnek alıcı :					
Gevşek kum		1	1	-	0.9
Sıkı kum ve kil		1	1	-	0.8
Delgi Çapı					
60 - 120 mm		1	1	-	1
150 mm	Cb	1.05	1.05	-	1.05
200 mm		1.15	1.15	-	1.15
Darbe Vuruş Hızı					
20'den az ve 10-20 darbe/dk		-	-	0.95	-
20'den fazla ve 10-20 darbe/dk	C _{BF}	-	-	1.05	-

* Uygulamada genellikle Skempton (1986) faktörleri kullanılmaktadır.

C_s numune alıcı tipi düzeltme katsayısı Çizelge 5. 9'dan Youd ve Idriss (1997) ve TBDY (2018)'e göre alınmıştır.

Çizelge 5. 9 :Kılıf düzeltme faktörleri (Skempton, 1986; Youd ve Idriss, 1997).

Numune alıcı şekli	C_s	
	Youd ve Idriss (1997)	Skempton (1986)
Kılıflı (Standart)	1.00	1.00
Kılıfsız (Amerika)	1.10-1.30	1.20

C_B sondaj delgi çapı düzeltme faktörü için Çizelge 5. 8'den Skempton (1986) alınmıştır. C_E enerji oranı düzeltme katsayısı için ise Çizelge 5. 10 ve Çizelge 5. 11'den Seed ve diğ, (1985)'e göre alınmıştır.

Çizelge 5. 10 :SPT Düzeltme Katsayıları (TBDY, 2018).

Düzeltilme Katsayısı	Değişken	Değer
C_R	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00
C_s	Standart numune alıcı (iç tüpü olan)	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10-1.30
C_B	Çap 65mm - 115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
C_E	Güvenli tokmak	0.60-1.17
	Halkalı tokmak	0.45-1.00
	Otomatik darbeli tokmak	0.90-1.60

Çizelge 5. 11 : C_E düzeltme katsayısı aralıkları (Sivrikaya ve Toğrol, 2019).

Referans	Toprak tipi	E_R (%)	C_E
Seed ve diğ. (1984)	Otomatik	78	1.3
	Güvenli	60	1.0
	Halka	45	0.75
Seed ve diğ. (1985)	Halka	45	0.75
	Güvenli	60	1.00
	Trip	100	1.67
Youd ve Idriss (1997)	Halka	30-60	0.50-1.00
	Güvenli	42-72	0.70-1.20
	Otomatik-trip halka	48-78	0.80-1.30
Durgunoğlu ve diğ. (2000)	Güvenli	52-60	0.87-1.00

5.12.1.2 İnce dane içeriğine göre SPT-N değerlerinin düzeltilmesi

İnce dane içeriğine (IDI) göre düzeltilmiş SPT-N değeri ($N_{1,60f}$) Denklem 5.12 ile hesaplanmıştır.

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (5.12)$$

$$\alpha = 0 ; \beta = 1.0 \quad (IDI \leq \%5) \quad (5.13)$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/IDI^2)] ; \beta = 0.99 + IDI^{1.5} / 1000 \quad (\%5 < IDI \leq \%35) \quad (5.14)$$

$$\alpha = 5.0 ; \beta = 1.2 \quad (IDI \geq \%35) \quad (5.15)$$

5.12.2 Sıvılaşma direncinin hesaplanması

Sıvılaşma direnci τ_R Denklem 5.16'ya göre hesaplanmıştır. Burada $CRR_{M7.5}$ moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı, C_M : tasarım depremi moment büyüklüğü düzeltme katsayısı σ'_{V0} ise efektif düşey gerilmeyi ifade etmektedir. $CRR_{M7.5}$ Denklem 5.17 ile C_M ise Denklem 5.18 ile hesaplanmıştır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} C_M \sigma'_{V0} \quad (5.16)$$

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10 N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (5.17)$$

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (5.18)$$

5.12.3 Deprem esnasında zeminde oluşan kayma gerilmesinin hesabı

Deprem esnasında zeminde oluşan kayma gerilmesinin hesabı τ_{deprem} Denklem 5.19 ile hesaplanmıştır. Burada σ_{V0} sıvılaşma değerlendirme yapılan derinlikteki toplam düşey gerilmeyi, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını r_d ise sıvılaşma değerlendirme yapılacak derinlikteki azaltma katsayısını ifade etmekte olup S_{DS} AFAD internet sitesinden deprem tehlike düzeyi DD-2 olarak zemin sınıfı SPT-N 'e göre zemin sınıfı girilerek alınmıştır. Sıvılaşma değerlendirme yapılacak derinlikteki azaltma katsayısı (r_d) ise Denklem 5.20 ve Denklem 5.21 ile hesaplanmıştır.

$$\tau_{\text{deprem}} = 0.65\sigma_{V0}(0.4S_{DS})r_d \quad (5.19)$$

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \quad z \leq 9.15 \text{ m} \quad (5.20)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad (5.21)$$

Sonuç olarak zeminin sıvılaşmaya karşı direnci τ_R depremin sebep olduğu kayma gerilmesi τ_{deprem} ise; çalışma alanında 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m ve 9.0 m derinliklerdeki sıvılaşma değerlendirme hesaplamaları yukarıda belirtildiği üzere TBDY (2018)'e göre yapılmış ve Denklem 5.22'de verilen güvenlik koşuluna göre sıvılaşma risk haritaları oluşturulmuştur.

$$\frac{\tau_R}{\tau_{\text{deprem}}} \geq 1.10 \quad (5.22)$$

BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 Genel

Bu bölümde tez çalışması kapsamında Van ili merkezinde 2011 Van depremi sonrası parça parça belirli bölgelerde yapılan mikro bölgeleme etüt raporlarından İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerinin belirli bölümlerini içeren çalışmalar irdelenerek yerleşimin yoğun olduğu bölümlere denk gelen 4 farklı çalışmadaki 238 sondaj noktası birleştirilerek anlamlı bir bütün oluşturularak belirlenen çalışma alanı sınırları içerisindeki raporlarından elde edilen parametreler ile oluşturulan veri tabanı ile 3'üncü bölümde açıklanan teorik hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ArcGIS programında Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted = IDW) ile haritalar hazırlanmış ve elde edilen sonuçlar grafiklerle desteklenerek yorumlanmıştır.

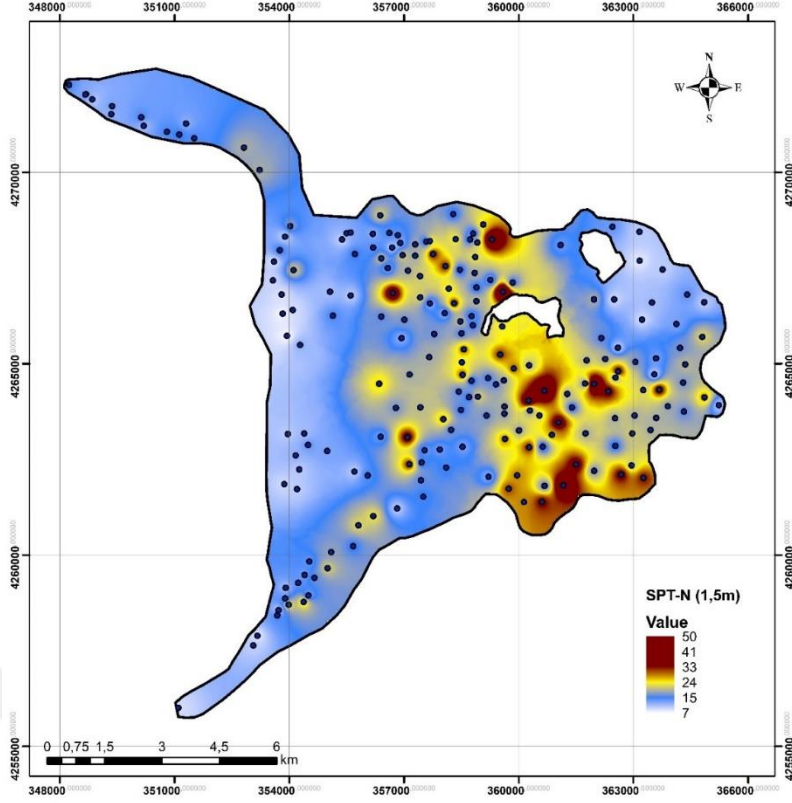
6.2 SPT-N Haritaları ve Yorumları

Çalışma alanında yapılan toplamda 238 sondaj kuyusu verisi incelenmiş ve 1.5 m, 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m, 9.0 m ve 15.0 m derinliklerdeki SPT-N değerlerini içeren haritalar üretilmiştir.

Çizelge 6. 1 :SPT-N -D_r ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1967).

SPT-N aralığı	Bağıl yoğunluk	D _r (%)
0-4	Çok gevşek	0-15
4-10	Gevşek	15-35
10-30	Orta sıkı	35-65
30-50	Sıkı	65-85
>50	Çok sıkı	85-100

Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklığı arasındaki ilişkiyi genel bir yaklaşımla Çizelge 6. 1'deki gibi tanımlamışlardır. Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisinde 1.5 m derinlikte 210 sondaj kuyusundaki SPT-N değerleri dağılımını gösteren harita oluşturulmuş ve Şekil 6. 1'de sunulmuştur.



Şekil 6.1 :Çalışma alanı 1.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

Söz konusu 1.5 m'deki SPT-N dağılım haritası Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklığı arasındaki ilişkiye göre Çizelge 6. 1 incelendiğinde zemin;

Çalışma alanı güneyinde 1.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 10 ila 43 arasında değişmekle birlikte Süphan, Şabaniye ve Selâhattin Eyyubi Mahalleleri genelinde 10 ila 32 arasında değerler aldığından “orta sıkı”, Hacıbekir mahallesi genelinde ise SPT-N değerleri 34 ila 43 değerleri arasında olduğundan “sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı güneydoğusundaki Kevenli ve Karşiyaka Mahalleleri genelinde de SPT-N değerleri 14 ila 33 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı doğusundaki Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde SPT-N değerleri 10 ila 22 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

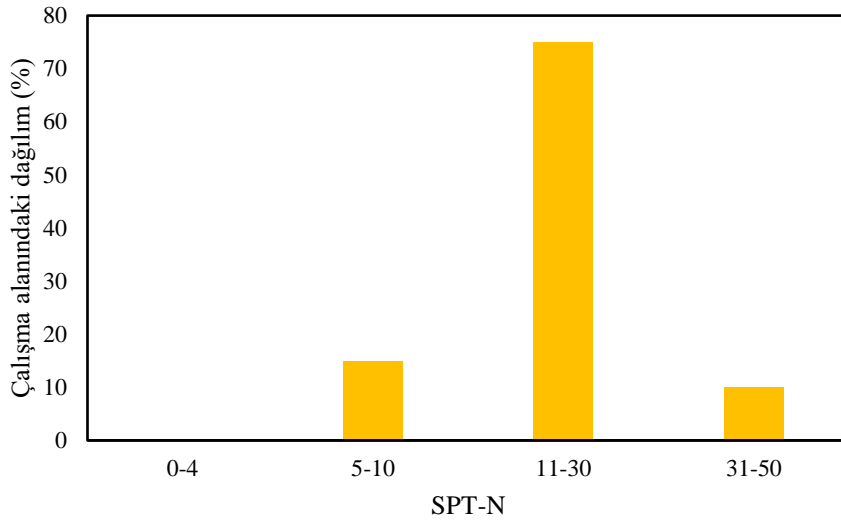
Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü Mahallesi güneybatı kesiminde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişim gösterdiğinden zemin “sıkı” yapıda, Kalecik ve Seyrantep Mahalleleri geneli ile Bostaniçi mahallesi güney kesimlerinde SPT-N değerlerinin 10 ila 27 arasında değerler alması sebebiyle zemin “orta sıkı” yapıda, Bostaniçi mahallesi kuzeyi

Bostaniçi Göleti çevresinde ise SPT-N değerlerinin 7 ila 9 arasında değiştiğinden “gevşek” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesiminde SPT-N değerleri 7 ila 25 arasında değişim göstermektedir. Sahil kesimindeki İskele, Yalı ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde SPT-N değerleri 7 ila 10 arasında değişmekte ve bu kesimde zemin “gevşek” yapıdadır. Bardakçı mahallesi, Eminpaşa Mahallesi güneyi ile İskele Mahallesi kuzey kesimlerinde ise SPT-N değerleri 11 ila 25 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

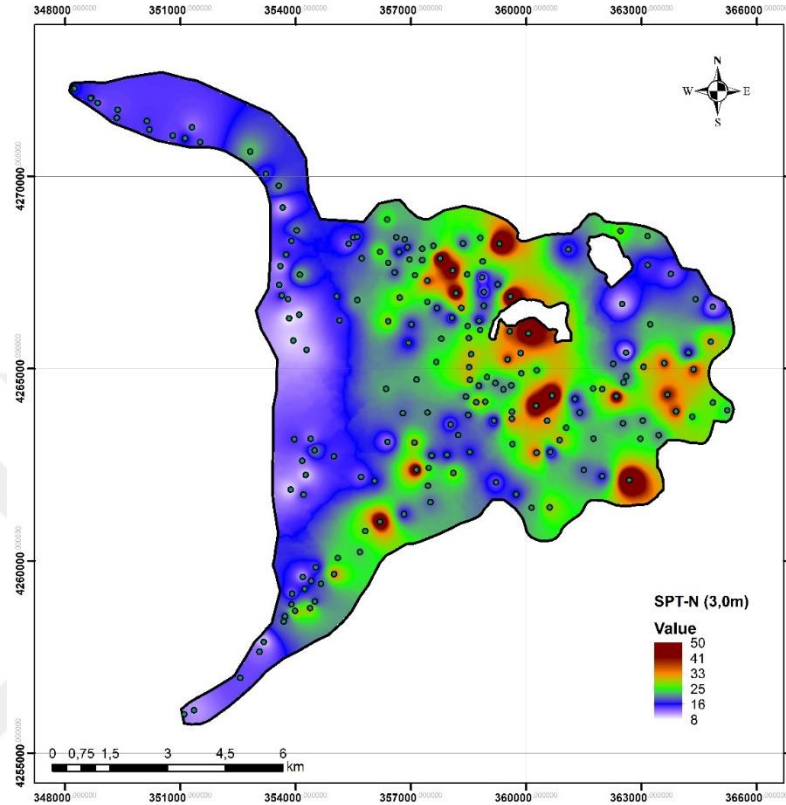
Çalışma alanı iç kesimlerinde SPT-N değerleri 10 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. Serhat, Şerefiye, Esenler, Akköprü, Vali Mithat Bey ve Alipaşa Mahallelerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 10 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 1.5 m derinlikteki 210 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdelik dağılımı Şekil 6. 2’de verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında olan bulunmamaktadır. Sondaj kuyularının %15’inde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %75’inde SPT-N değerleri 11-30 arasında, %10’unda ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.



Şekil 6. 2 :Çalışma alanında 1.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 3.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusunda elde edilen SPT-N değerleri dağılım haritası Şekil 6. 3'te sunulmuş olup Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklılığı arasındaki ilişkiye göre, Çizelge 6. 1 de dikkate alındığında, zeminin rölatif sıklılığı aşağıdaki paragraflarda yorumlanmıştır.



Şekil 6. 3 :Çalışma alanı 3.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

Çalışma alanı güneyinde 3.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 15 ila 50 arasında değişmekle birlikte, Süphan Mahallesi doğu kesimi ile Kevenli Mahallesi SPT-N değerleri 33 ila 50 arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıdadır. Süphan Mahallesinin diğer kesimleri, Şabaniye, Hacıbekir, Karşıyaka ve Selâhattin Eyyubi Mahalleri genelinde ise SPT-N değerleri 15 ila 28 arasında dağılım göstermekte ve bu kesimlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

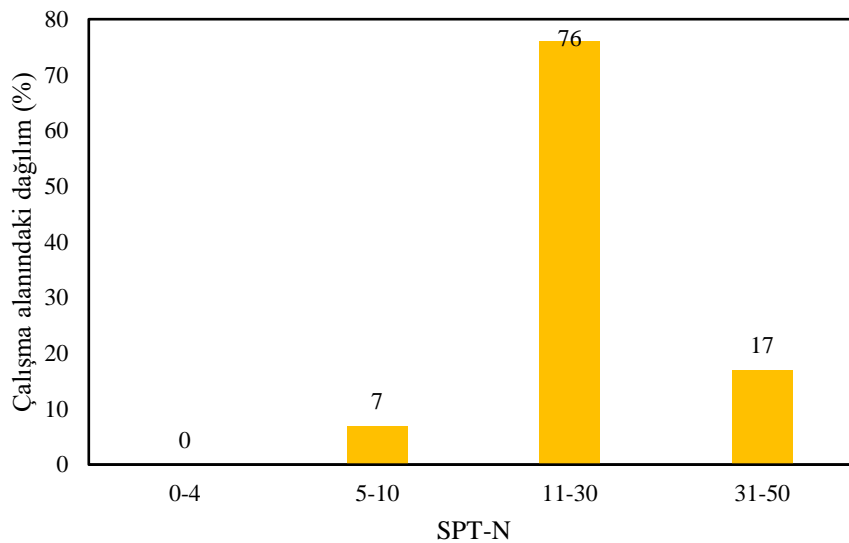
Çalışma alanı doğusunda SPT-N değerleri 8 ila 50 arasında değişmekle birlikte, Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesiminde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişmekte olup bu kesimler “sıkı” yapıdadır. Bostaniçi Mahallesi kuzeyi Bostaniçi Göleti güneyinde küçük bir alanda SPT-N değerleri 8 ila 10 arasında değişim göstermekte ve bu kesimler “gevşek” yapıdadır. Bostaniçi Mahallesi diğer kesimleri ile Kıratlı Mahallesi genelinde SPT-N değerleri 11 ila 26 arasında değişim göstermekte ve bu bölümler “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı kuzeyinde SPT-N değerleri 12 ila 50 arasında değişim göstermekte olup Beyüzümü Mahallesi güneybatı kesiminde SPT-N değerleri 37-50 arasında değişim göstermekte ve bu kesimde zemin “sıkı” yapıdadır. Beyüzümü ve Seyrantepe Mahalleleri diğer kesimleri ile Kalecik Mahallesi genelinde SPT-N değerleri 12 ila 26 arasında değişim göstermekte ve bu bölümler “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesiminde 3,0 m’deki SPT-N değerleri 8 ila 36 arasında değişim göstermektedir. Sahil kesimindeki İskele, Yalı ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde SPT-N değerleri 8 ila 10 arasında değişmekte ve bu kesimde zemin “gevşek” yapıdadır. Bardakçı mahallesi, Eminpaşa Mahallesi güneyi ile İskele Mahallesi kuzey kesimlerinde ise SPT-N değerleri 11 ila 36 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı iç kesimlerinde SPT-N değerleri 11 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. Serhat, Şerefiye, Esenler, Akköprü, Vali Mithat Bey, İstasyon ve Alipaşa Mahalleleri bazı bölümlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 11 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 3.0 m derinlikteki 195 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdeleri dağılımı Şekil 6. 4’te verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında bulunmamaktadır. Sondaj kuyularının %7’sinde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %76’sında SPT-N değerleri 11-30 arasında, %17’sinde ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.

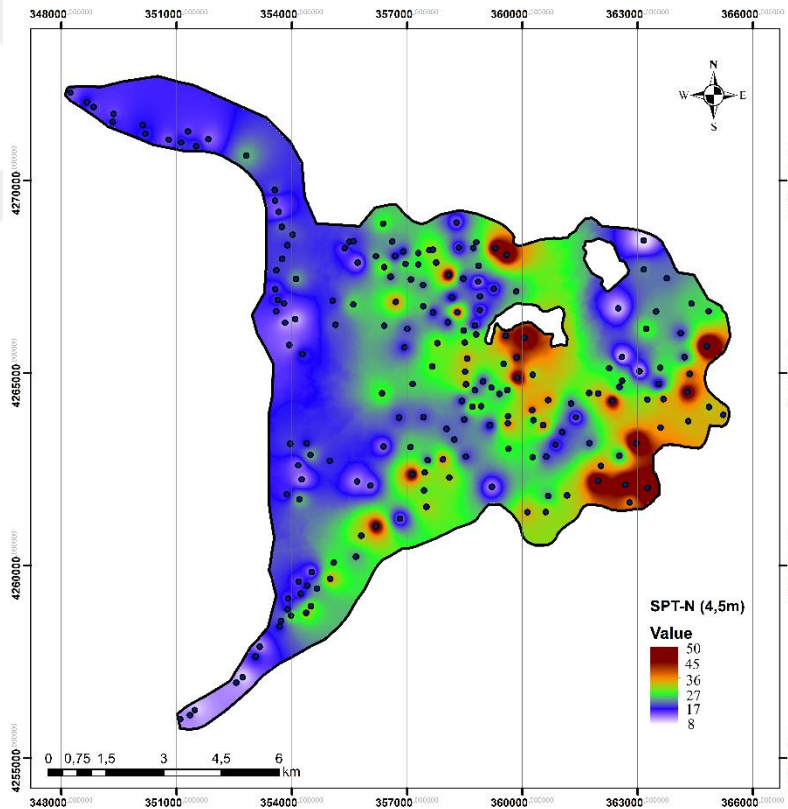


Şekil 6. 4 :Çalışma alanında 3.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 4.5 m derinlikte 206 sondaj kuyusunda elde edilen SPT-N değerleri dağılım haritası Şekil 6. 5'te sunulmuş olup Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklılığı arasındaki ilişkiye göre Çizelge 6. 1 incelendiğinde zemin;

Çalışma alanı güneyinde 4.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 13 ila 50 değerleri arasında değişmekle birlikte, Süphan mahallesi kuzey kesiminde, Karşıyaka Mahallesi güney kesiminde, Kevenli Mahallesi büyük bölümü ile Karşıyaka ve Yeni Mahallenin güney kesiminde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıda, güneyde diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 13 ila 30 arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı doğusunda 4.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 25 ila 50 arasında değişim göstermektedir. Kapuzalanı Mahallesi kuzey kesimi bir bölümde SPT-N değerleri 50 civarında olup bu bölümde zemin “sıkı” diğer bölümlerde ise “orta sıkı” yapıdadır.



Şekil 6. 5 :Çalışma alanı 4.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

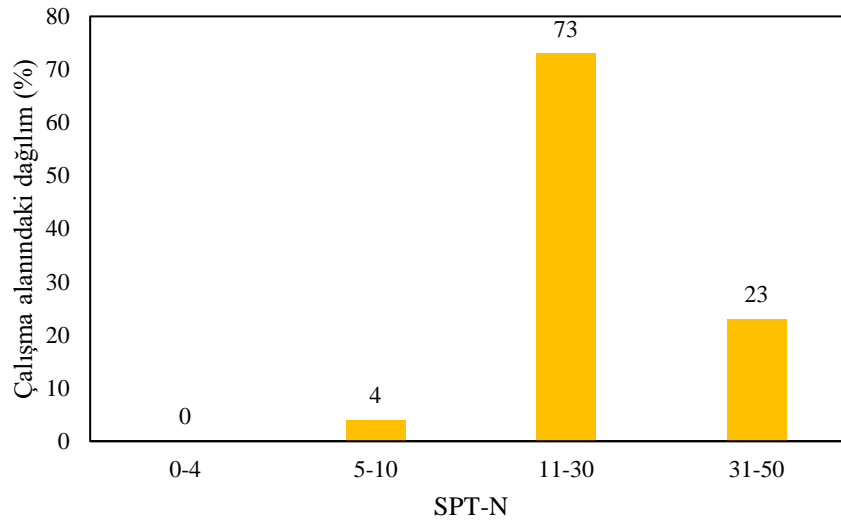
Çalışma alanı kuzeyinde 4.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 8 ila 50 arasında değişmekle birlikte, Bostaniçi Mahallesinde Bostaniçi göletinin kuzey ve güney kesimlerinde SPT-N değerleri 8 ila 10 arasında değişmekte ve bu bölümlerde zemin “gevşek” yapıdadır. Beyüzümü Mahallesi güneybatı kesiminde ve Bostaniçi Mahallesi

güneydoğu kesimlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıdadır. Bostaniçi Mahallesi ile Seyrantepe ve Kalecik Mahalleleri genelinde ise SPT-N değerleri 12 ila 28 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesiminde 4.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 9 ila 32 arasında değişim göstermektedir. Sahil kesimindeki Yalı Mahallesi kuzey kesimi ile Edremit/Yeni Mahalle genelinde SPT-N değerleri 9 ila 10 arasında değişmekte ve bu kesimde zemin “gevşek” yapıdadır. Bardakçı, Eminpaşa ve İskele Mahalleleri genelinde ise SPT-N değerleri 11 ila 32 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

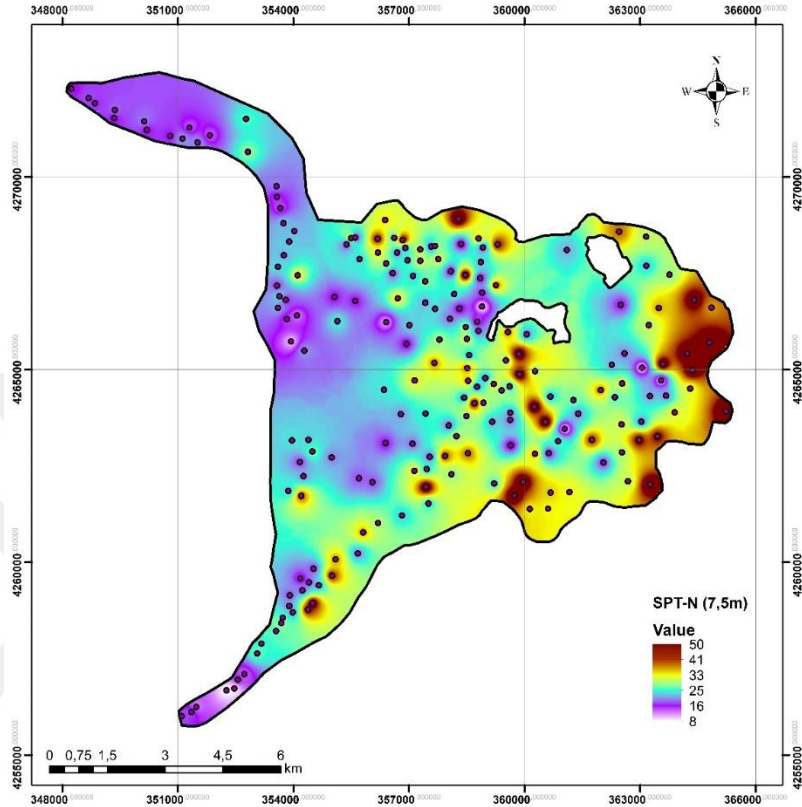
Çalışma alanı iç kesimlerinde 4.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 11 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. Serhat, Şerefiye, Esenler, Akköprü, Vali Mithat Bey, Bahçıvan ve Cumhuriyet Mahalleleri bazı bölümlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 11 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 4.5 m derinlikteki 206 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdeleri dağılımı Şekil 6. 6’da verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında bulunmamaktadır. Sondaj kuyularının %4’ünde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %73’ünde SPT-N değerleri 11-30 arasında, %23’ünde ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.



Şekil 6. 6 :Çalışma alanında 4.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 7.5 m derinlikte 210 sondaj kuyusunda elde edilen SPT-N değerleri dağılım haritası Şekil 6. 7’te sunulmuş olup Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklılığı arasındaki ilişkiye göre, Çizelge 6. 1 de dikkate alındığında, zeminin rölatif sıklılığı aşağıdaki paragraflarda yorumlanmıştır.



Şekil 6. 7 :Çalışma alanı 7.5 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

Çalışma alanı güneyinde 7.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 17 ile 50 değerleri arasında değişmekle birlikte, Süphan mahallesi belli kesimlerinde, Selâhattin Eyyubi Mahallesi kuzey kesimlerinde, Kevenli Mahallesi büyük bölümü ile Hacıbekir Mahallesi belli kesimlerinde SPT-N değerleri 31 ile 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıda, güneyde diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 17 ile 30 arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı doğusunda 7.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 17 ile 50 arasında değişim göstermektedir. Kapuzalanı Mahallesi büyük bölümde, Bostaniçi Mahallesi güneydoğusu, Kıratlı Mahallesi güney kesimleri ile Kevenli Mahallesi doğu kesimlerinde SPT-N değerleri 30 -50 değerleri arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde zemin “sıkı” diğer bölümlerde ise “orta sıkı” yapıdadır.

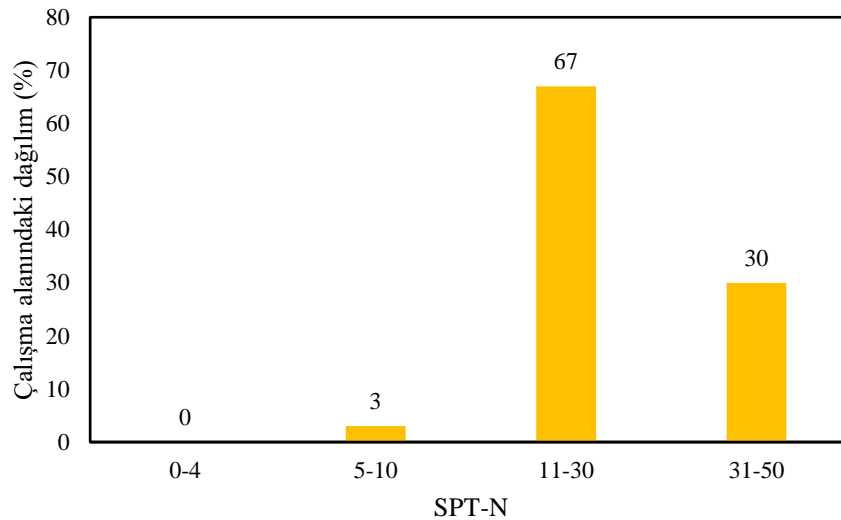
Çalışma alanı kuzeyinde 7.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 9 ile 50 arasında değişmekle birlikte, Bostaniçi Mahallesi belli kesimlerinde SPT-N değerleri 9 ile 10 arasında

değişmekte ve bu bölümlerde zemin “gevşek” yapıdadır. Seyrantepe Mahallesi belli kesimleri ile Beyüzümü Mahallesi güneybatı kesimlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıda olmakla birlikte diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 12 ila 30 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesiminde 7.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 9 ila 40 arasında değişim göstermektedir. Sahil kesimindeki Yalı Mahallesi ile Edremit/Yeni Mahalle belirli kesimlerinde SPT-N değerleri 9 ila 10 arasında değişmekte ve bu kesimde zemin “gevşek” yapıdadır. Bardakçı, Eminpaşa ve İskele Mahalleleri genelinde ise SPT-N değerleri 11 ila 40 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

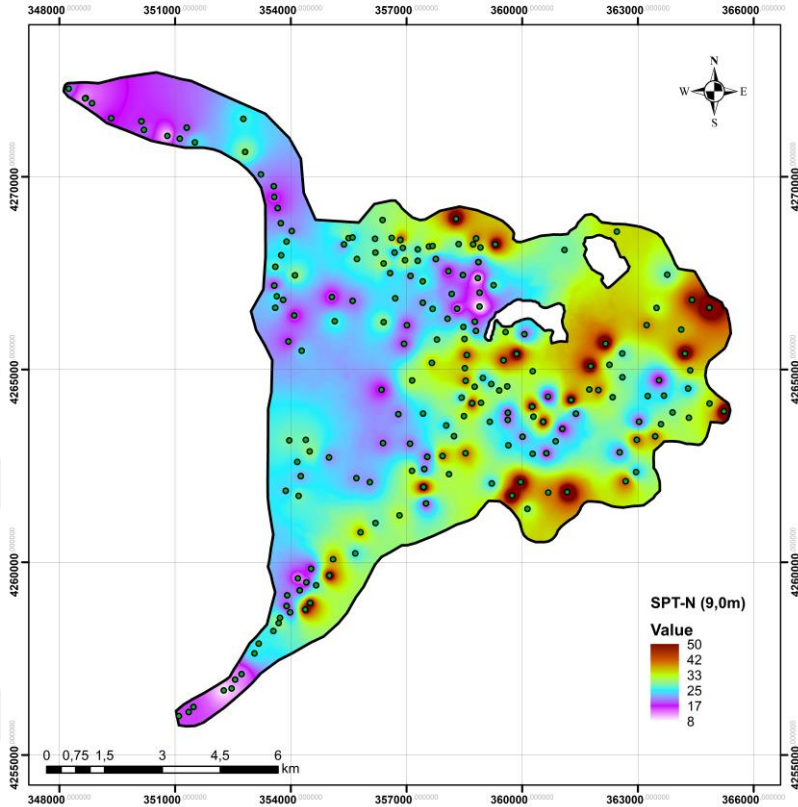
Çalışma alanı iç kesimlerinde 7.5 m derinlikteki SPT-N değerleri 8 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. İstasyon ve Abdurrahman Gazi Mahallelerinin belli kesimlerinde SPT-N değerleri 8 ila 10 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “gevşek” yapıdadır. Serhat, Şerefiye, Esenler, Akköprü, Vali Mithat Bey, Yeni ve Selimbey Mahalleleri bazı bölümlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 11 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 7.5 m derinlikteki 210 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdelik dağılımı Şekil 6. 8’de verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında olan bulunmamaktadır. Sondaj kuyularının %3’ünde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %67’sinde SPT-N değerleri 11-30 arasında, %30’unda ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.



Şekil 6. 8 :Çalışma alanında 7.5 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 9.0 m derinlikte 208 sondaj kuyusunda elde edilen SPT-N değerleri dağılım haritası Şekil 6. 9’da sunulmuş olup Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklılığı arasındaki ilişkiye göre, Çizelge 6. 1 de dikkate alındığında, zeminin rölatif sıklılığı aşağıdaki paragraflarda yorumlanmıştır.



Şekil 6. 9 :Çalışma alanı 9.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

Çalışma alanı güneyinde 9.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 18 ila 50 değerleri arasında değişmekle birlikte, Süphan ve Şabaniye Mahalleleri belli kesimleri ile Selâhattin Eyyubi Mahallesi kuzeyi ile Hacıbekir Mahallesi güneybatı kesimlerinde SPT-N değerleri 32 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıda, güneyde diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 18 ila 30 arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı doğusunda 9.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 14 ila 50 arasında değişim göstermektedir. Kapuzalanı Mahallesi kuzeyi, Bostaniçi Mahallesi güneydoğusu ve Kıratlı Mahallesi batısında belirli kesimlerinde SPT-N değerleri 32 -50 değerleri arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde zemin “sıkı” diğer bölümlerde ise “orta sıkı” yapıdadır.

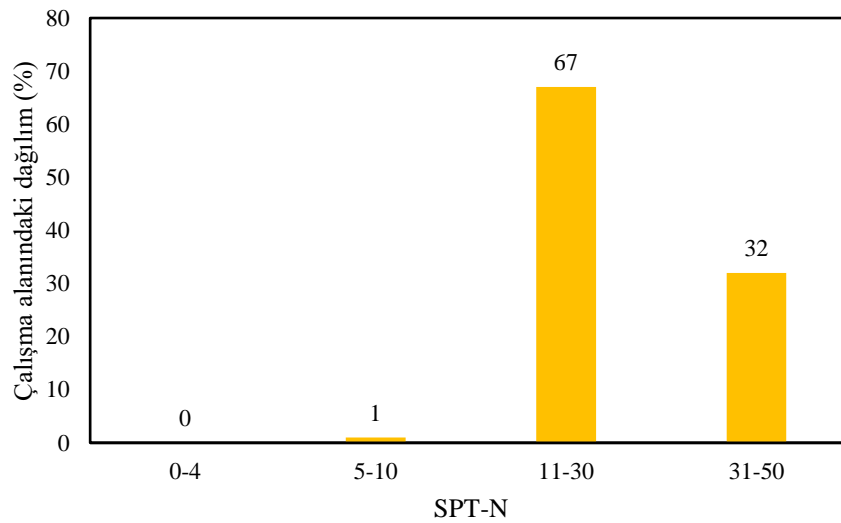
Çalışma alanı kuzeyinde 9.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 9 ila 50 arasında değişmekle birlikte, Bostaniçi Mahallesi belli kesimlerinde SPT-N değerleri 9 ila 10 arasında

değişmekte ve bu bölümlerde zemin “gevşek” yapıdadır. Seyrantepe Mahallesi belli kesimleri ile Beyüzümü Mahallesi güneybatı kesimlerinde SPT-N değerleri 32 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıda olmakla birlikte diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 14 ila 30 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesimi genelinde 9.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 11 ila 30 arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

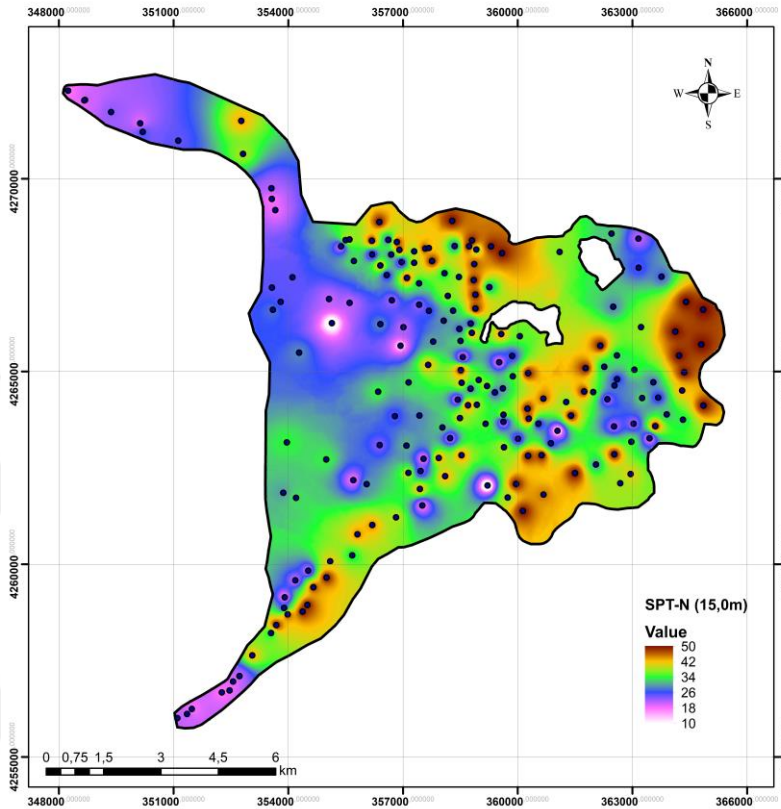
Çalışma alanı iç kesimlerinde 9.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 8 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. İstasyon Mahallesinin belirli bir kesiminde SPT-N değerleri 8 ila 10 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde zemin “gevşek” yapıdadır. Serhat, Şerefiye, Esenler, Vali Mithat Bey, Yeni ve Selimbey Mahalleleri bazı bölümlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 11 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 9.0 m derinlikteki 208 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdelik dağılımı Şekil 6. 10’da verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında olan bulunmamaktadır. Sondaj kuyularınının %1’inde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %67’sinde SPT-N değerleri 11-30 arasında, %32’sinde ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.



Şekil 6. 10 :Çalışma alanında 9.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 15.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusunda elde edilen SPT-N değerleri dağılım haritası Şekil 6. 11’de sunulmuş olup Terzaghi ve Peck (1967) SPT-N değerleri ile zeminlerin rölatif sıklığı arasındaki ilişkiye göre Çizelge 6. 1 de dikkate alındığında, zeminin rölatif sıklığı aşağıdaki paragraflarda yorumlanmıştır.



Şekil 6. 11 :Çalışma alanı 15.0 m SPT-N değerleri dağılım haritası.

Çalışma alanı güneyinde 15.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 16 ila 50 değerleri arasında değişmekle birlikte, Süphan ve Şabaniye Mahalleleri belli kesimleri ile Selâhattin Eyyubi Mahallesi kuzeydoğusu, Hacıbekir Mahallesi güneybatı kesimleri ile Kevenli Mahallesi belli kesimlerinde SPT-N değerleri 33 ila 50 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıda, güneyde diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 16 ila 30 arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı doğusunda 15.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 21 ila 50 arasında değişim göstermektedir. Kapuzalanı ve Kıratlı Mahalleleri batısı ile, Bostaniçi Mahallesi doğusu belirli kesimlerinde SPT-N değerleri 31 -50 değerleri arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde zemin “sıkı” diğer bölümlerde ise “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı kuzeyinde 15.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 16 ila 50 arasında değişmekle birlikte, Beyüzümü Mahallesi güneyi ile Kalecik, Seyrantepe ve Bostaniçi

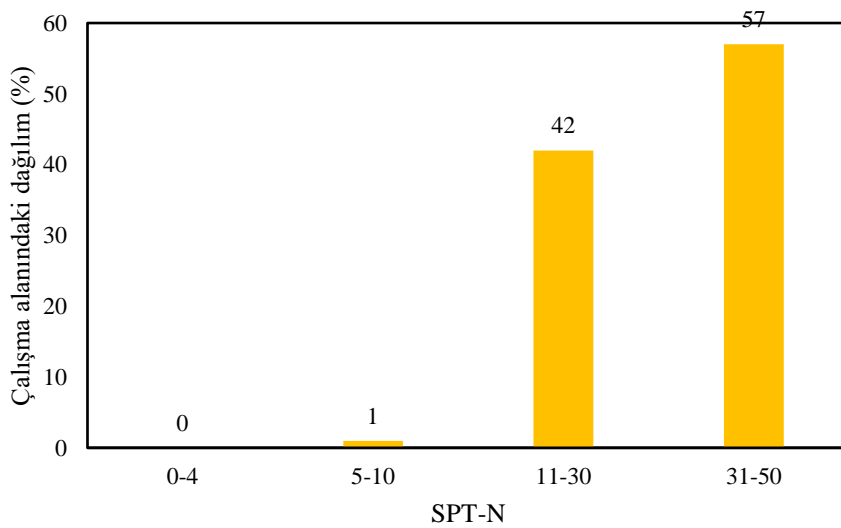
Mahalleleri belirli kesimlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 arasında değişmekte ve bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıdadır. Çalışma alanı kuzeyinin diğer bölümlerde ise SPT-N değerleri 16 ila 30 arasında değişim göstermekte ve bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü’ne sınır sahil kesimi genelinde 15.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 15 ila 50 arasında değişim göstermektedir. Şemsibey ile Edremit/Yeni Mahalle belirli kesimlerinde SPT-N değerleri 33 ila 50 değerleri arasında değişim göstermekte olup bu bölümlerde zemin “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 15 ila 30 arasında değişmekte ve bu bölümlerde zemin “orta sıkı” yapıdadır.

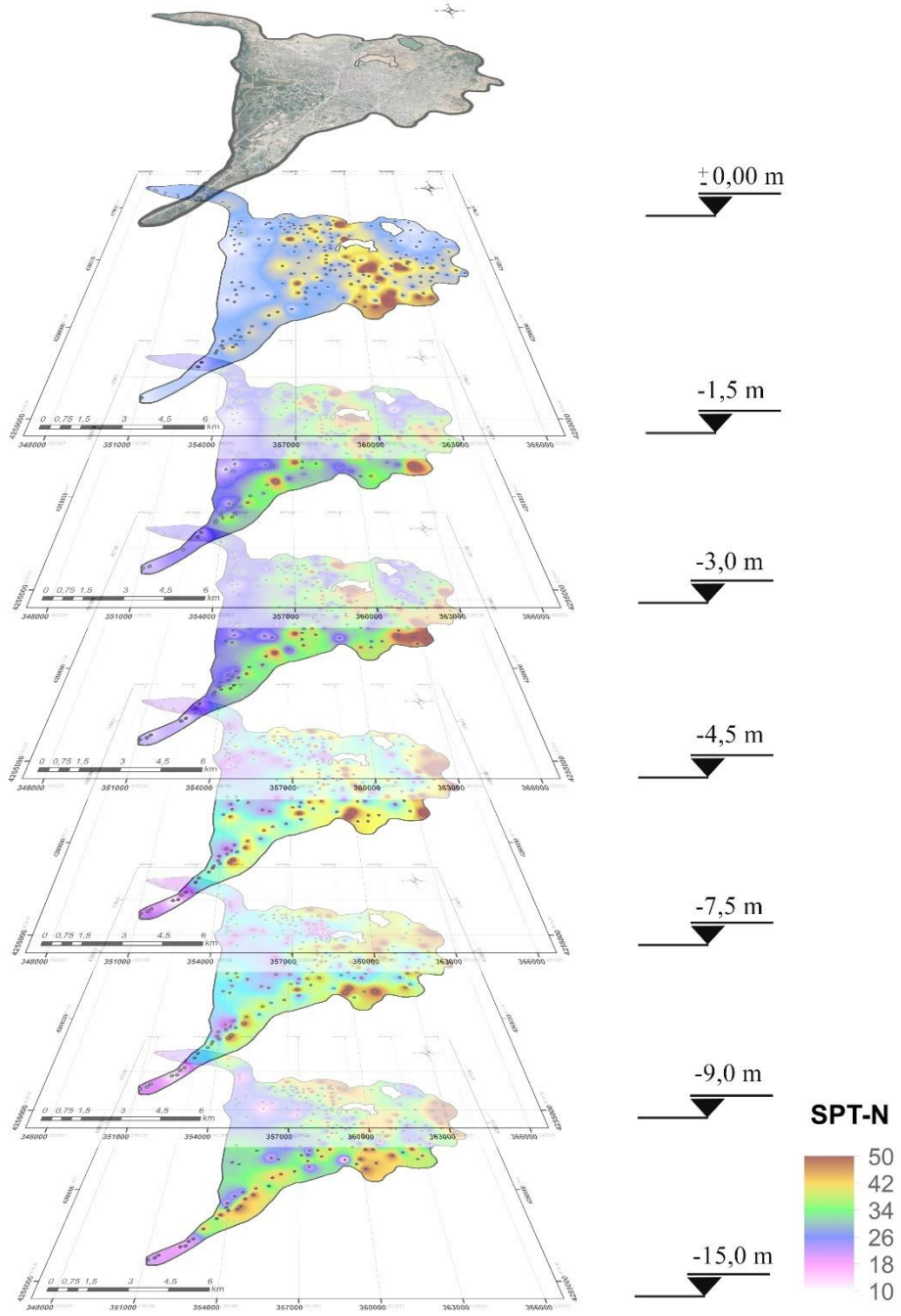
Çalışma alanı iç kesimlerinde 15.0 m derinlikteki SPT-N değerleri 10 ila 50 arasında dağılım göstermektedir. Şerefiye, Esenler, Vali Mithat Bey, Yeni, Alipaşa, Hatuniye ve Halılağa Mahalleleri bazı bölümlerinde SPT-N değerleri 31 ila 50 değerleri arasında dağılım göstermekte ve bu bölümlerde “sıkı” yapıdadır. Diğer kesimlerde ise SPT-N değerleri 10 ila 30 arasında dağılım gösterdiğinden “orta sıkı” yapıdadır.

Bu kapsamda çalışma alanı sınırları içerisindeki 15.0 m derinlikteki 195 sondaj kuyusundan elde edilen SPT-N değerlerinin yüzdelik dağılımı Şekil 6. 12’de verilmiştir. Buna göre sondaj kuyuları içerisinde SPT-N değeri 0-4 aralığında olan bulunmamaktadır. Sondaj kuyularının %1’inde SPT-N değerleri 5-10 arasında, %42’sinde SPT-N değerleri 11-30 arasında, %57’sinde ise SPT-N değerleri 31-50 arasında dağılım göstermektedir.

Çalışma alanında inceleme yapılan derinliklerde SPT-N değerleri değişimi Şekil 6. 13’de sunulmuştur.



Şekil 6. 12 :Çalışma alanında 15.0 m'deki SPT-N değerleri dağılımı.

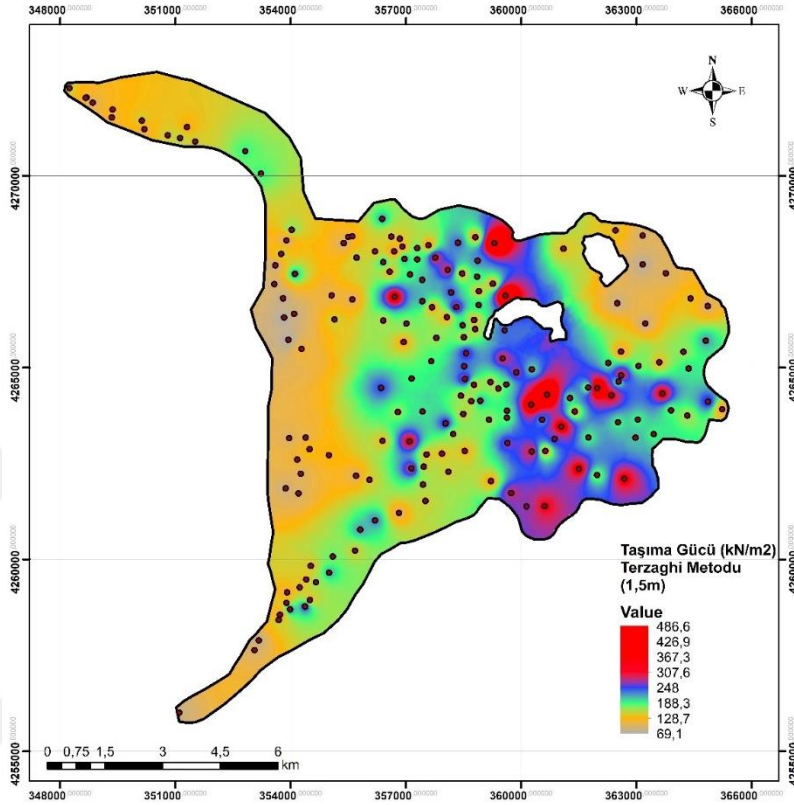


Şekil 6. 13 :SPT-N değerlerinin derinlikle değişimi.

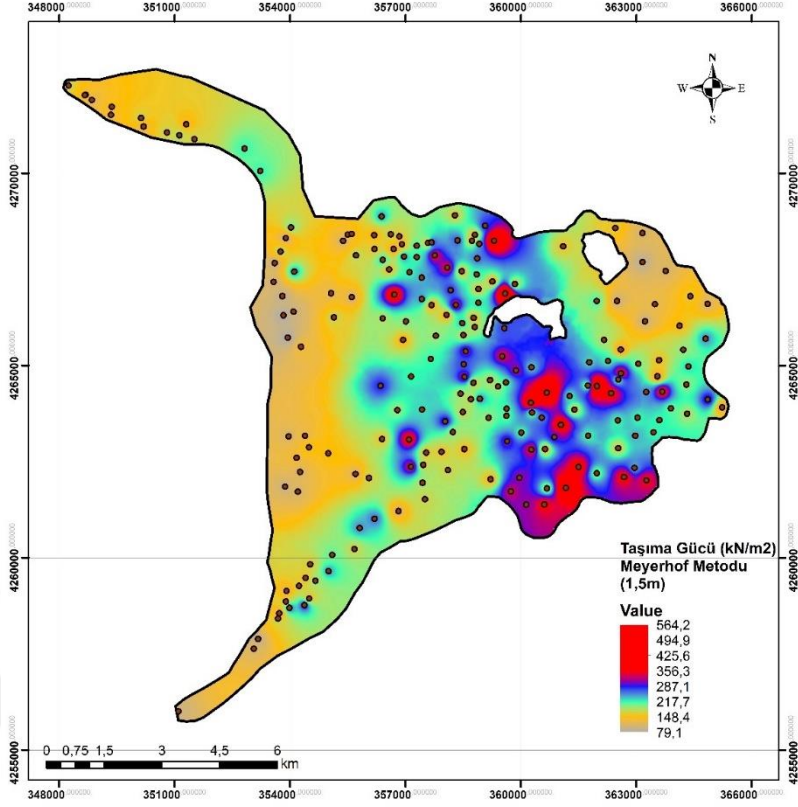
6.3 Taşıma Gücü Haritaları ve Yorumları

Çalışma alanında yapılan arazi deneyleri sonucu elde edilen SPT-N değerlerine bağlı olarak 5'inci bölümde verilen Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü metodu ve Meyerhof (1974) taşıma gücü metoduna göre tekil temel ve temel genişliği 3.0 m kabul edilerek ayrı ayrı taşıma gücü hesaplamaları yapılmış ve buna bağlı olarak haritaları üretilmiş ve karşılaştırması yapılmıştır.

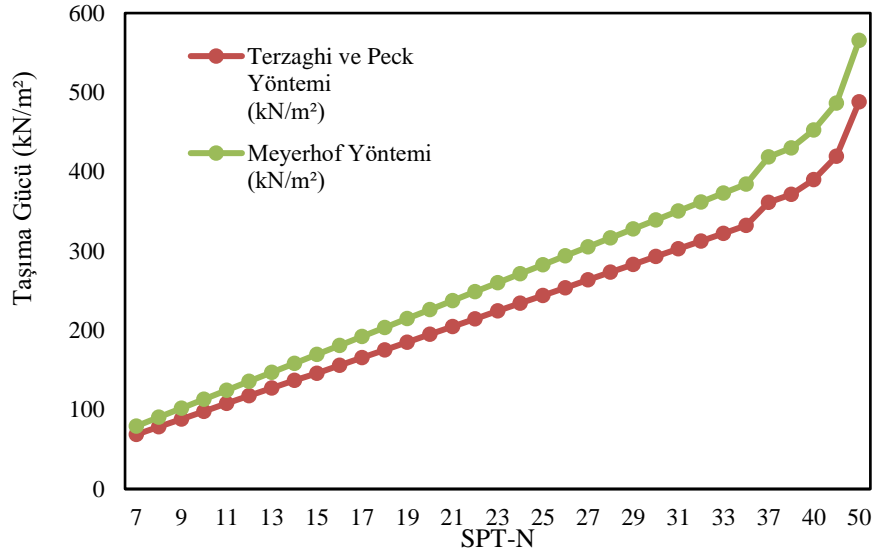
Bu kapsamda çalışma alanında 1.5 m derinlikte 210 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası Şekil 6. 14'te, Meyerhof (1974) taşıma gücü harita ise Şekil 6. 15'te, Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması Şekil 6. 16'da sunulmuştur.



Şekil 6. 14 :Çalışma alanı 1.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 15 :Çalışma alanı 1.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 16 :1.50 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

Güneyde Süphan, Hacıbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 98-419 kN/m² değerleri

arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 113-486 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gucu güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

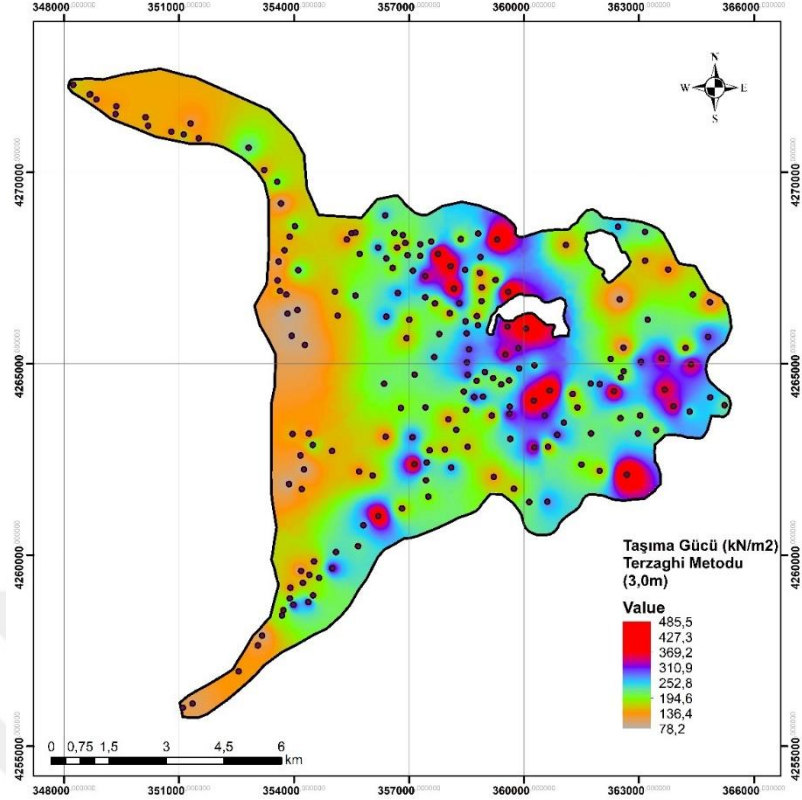
Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gucunun 78-332 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-385 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı kuzeydoğu kesiminde Bostaniçi Göleti etrafındaki bolumlerde taşıma gucu kuzeydeki diğer kısımlara göre daha duşuk değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyuşuşu, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gucunun 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-566 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyuşuşu Mahallesi batısında belli bir kesimde taşıma gucu kuzeydeki diğer bolumlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

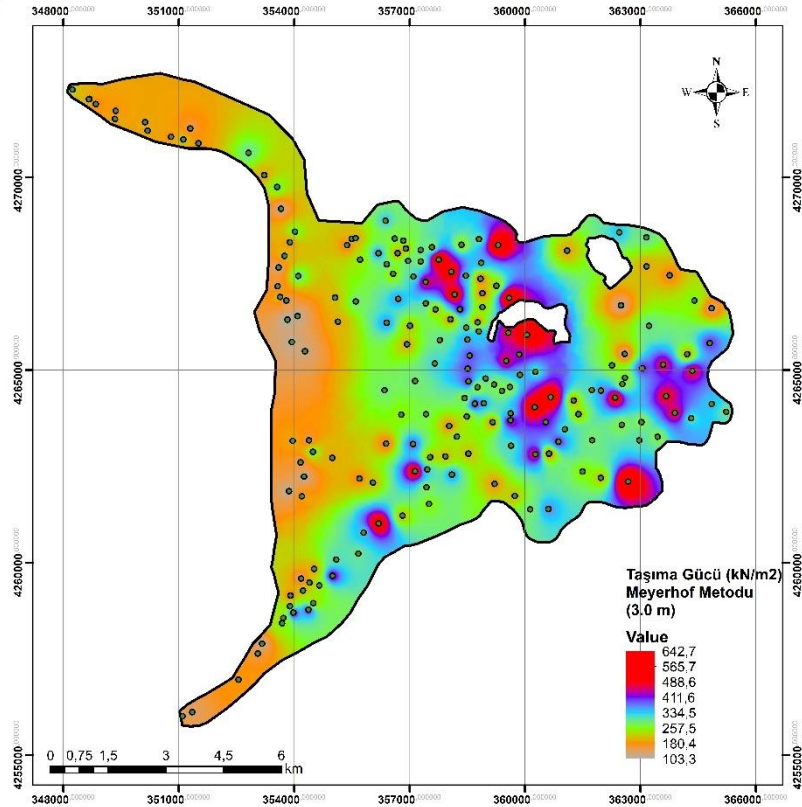
Çalışma alanı batısı Van Golu'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gucunun 69-244 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 79-283 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sahil kesiminde taşıma gucu bariz şekilde çalışma alanının diğer kesimlerinden duşuk değerler almaktadır.

Çalışma alanı i kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gucunun 98-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 113-566 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. şerefiye, Akköprü ve Esenler Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gucu daha yüksek değerler almaktadır.

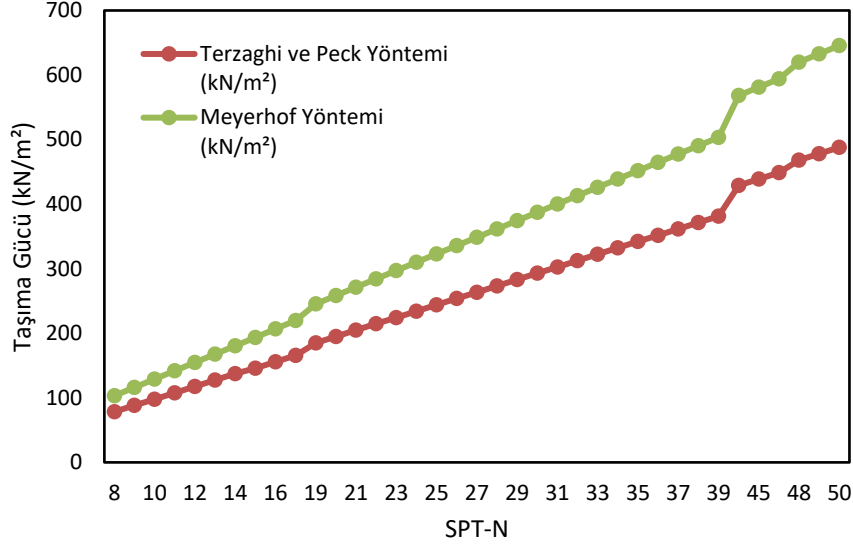
Çalışma alanı sınırları içerisinde 3.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gucu haritası şekil 6. 17'de, Meyerhof (1974)'e göre taşıma gucu haritası şekil 6. 18'de ve Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gucu değerleri karşılaştırması şekil 6. 19'da sunulmuştur.



Şekil 6. 17 :Çalışma alanı 3.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 18 : Çalışma alanı 3.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 19 :3.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

Bu kapsamda, 3.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak güneyde Süphan, Hacıbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 146-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 170-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gücü güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

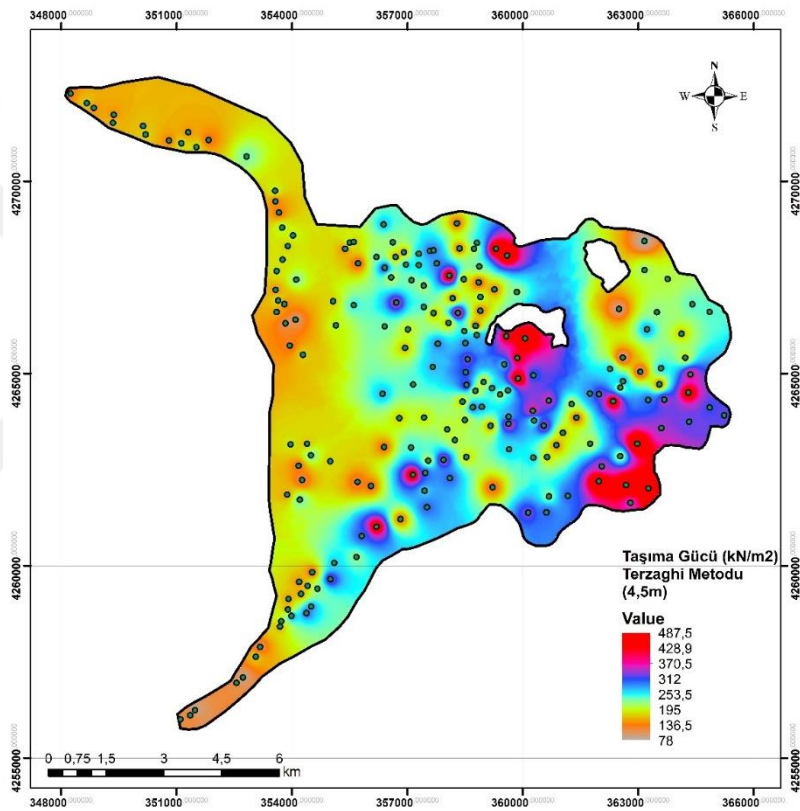
Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı kuzeydoğu kesiminde Bostaniçi Göleti etrafındaki bölümlerde taşıma gücü kuzeydeki diğer kısımlara göre daha düşük değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyüzümü Mahallesi batısında belli bir kesimde taşıma gücü kuzeydeki diğer bölümlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

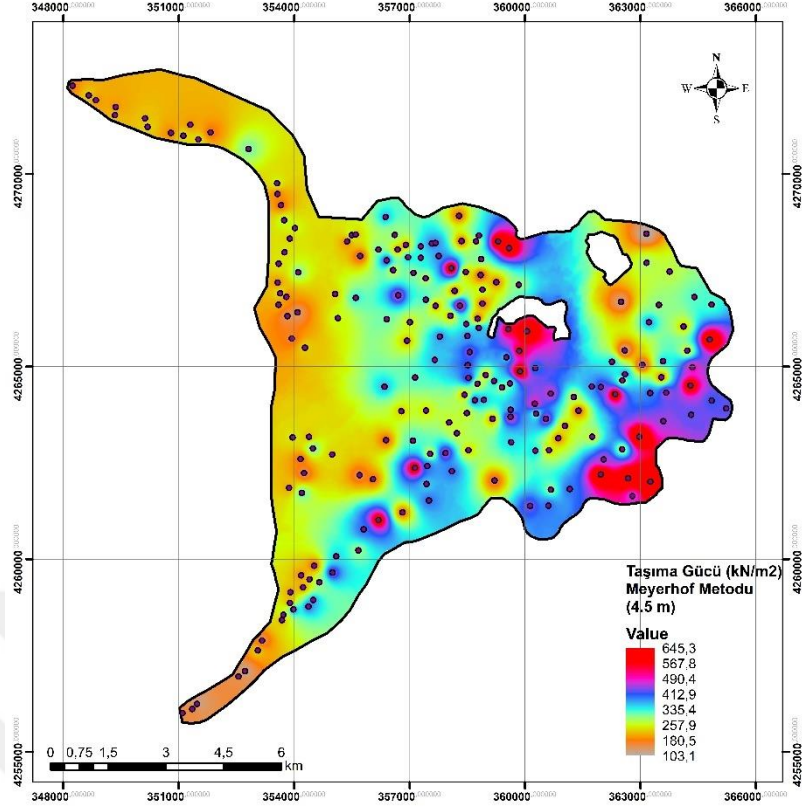
Çalışma alanı batısı Van Gölü'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-352 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-407 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sahil kesiminde taşıma gücü bariz şekilde çalışma alanının diğer kesimlerinden düşük değerler almaktadır.

Çalışma alanı iç kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 108-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 124-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Şerefiye, Yeni ve Akköprü Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gücü daha yüksek değerler almaktadır.

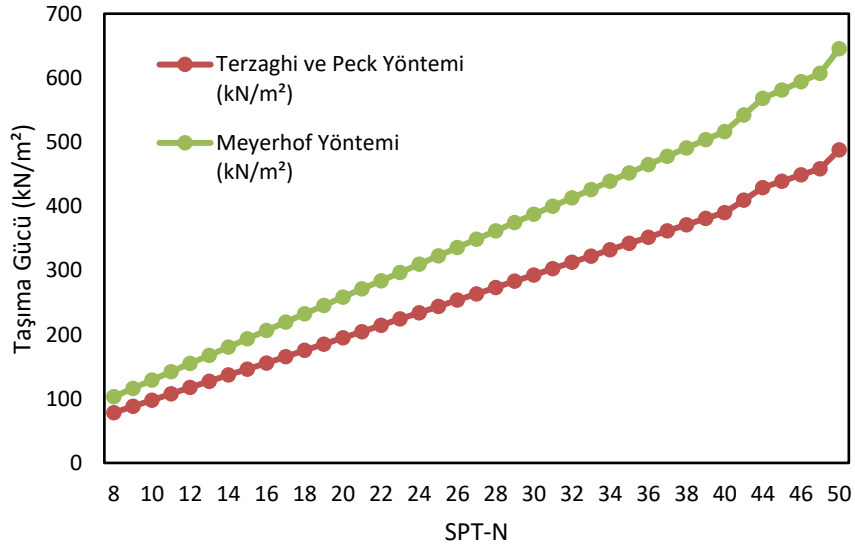
Çalışma alanı sınırları içerisinde 4.5 m derinlikte 206 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 20'de, Meyerhof (1974)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 21'de ve Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması Şekil 6. 22'de sunulmuştur.



Şekil 6. 20 :Çalışma alanı 4.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 21 :Çalışma alanı 4.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 22 :4.5 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

Bu kapsamda, 4.5 m derinlikte 206 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak güneyde Süphan, Hacıbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck

(1967)'e göre taşıma gücünün 127-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 147-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gücü güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

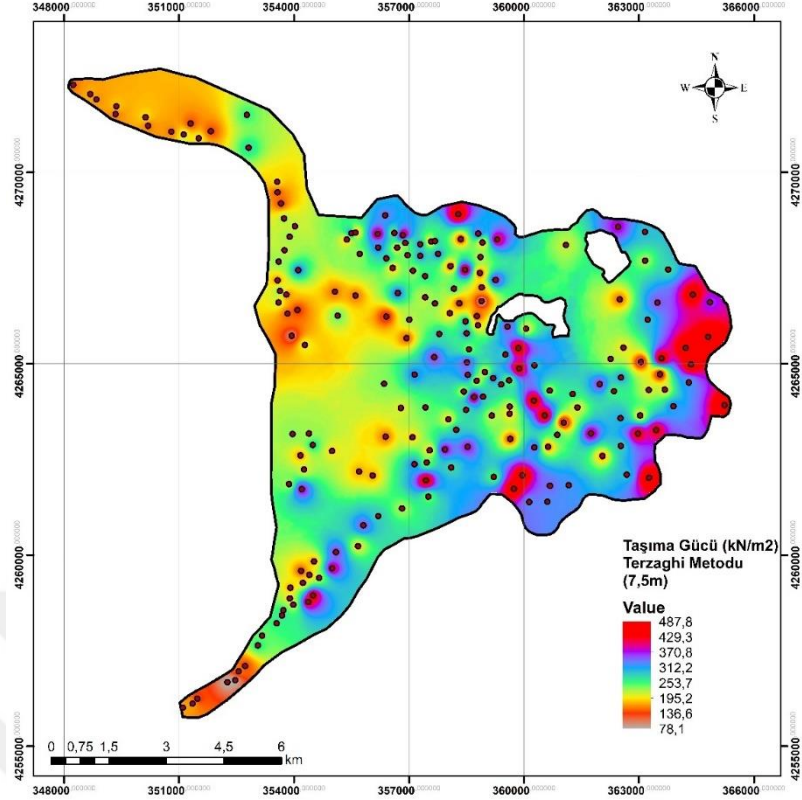
Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı doğusunda Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesimi diğer kesimlerden daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyüzümü Mahallesi batısında belli bir kesimde taşıma gücü kuzeydeki diğer bölümlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

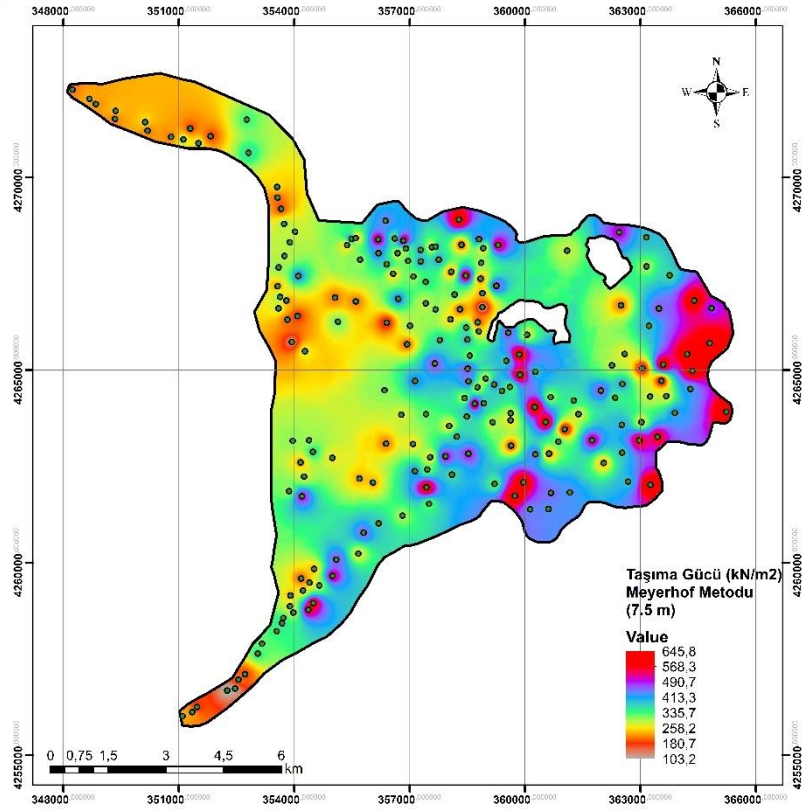
Çalışma alanı batısı Van Gölü'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 88-313 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 102-362 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sahil kesiminde taşıma gücü bariz şekilde çalışma alanının diğer kesimlerinden düşük değerler almaktadır.

Çalışma alanı iç kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 108-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 124-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yeni ve Akköprü, İstasyon ve Vali Mithat Bey Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gücü daha yüksek değerler almaktadır.

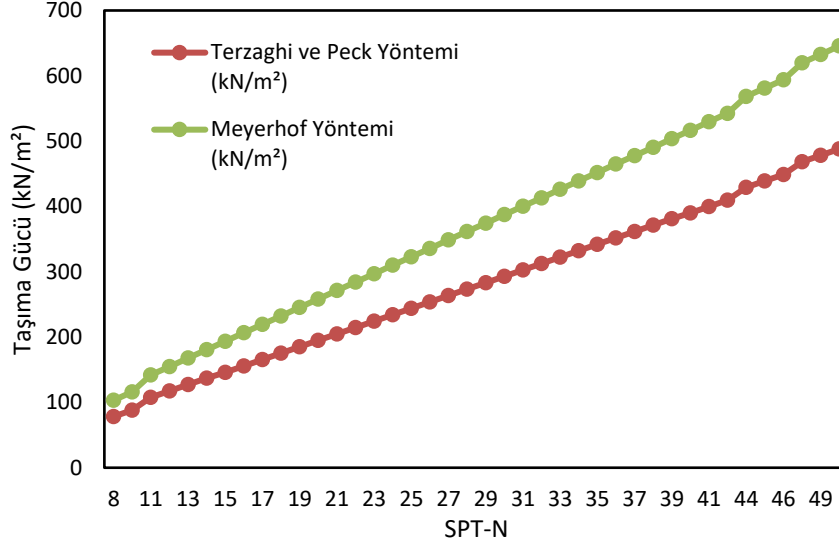
Çalışma alanı sınırları içerisinde 7.5 m derinlikte 210 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 23'te, Meyerhof (1974)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 24'te ve Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması Şekil 6. 25'te sunulmuştur.



Şekil 6. 23 :Çalışma alanı 7.5 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 24 :Çalışma alanı 7.5 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 25 :7.5 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

Bu kapsamda, 7.5 m derinlikte 210 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak güneyde Süphan, Hacıbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 166-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 192-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gücü güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

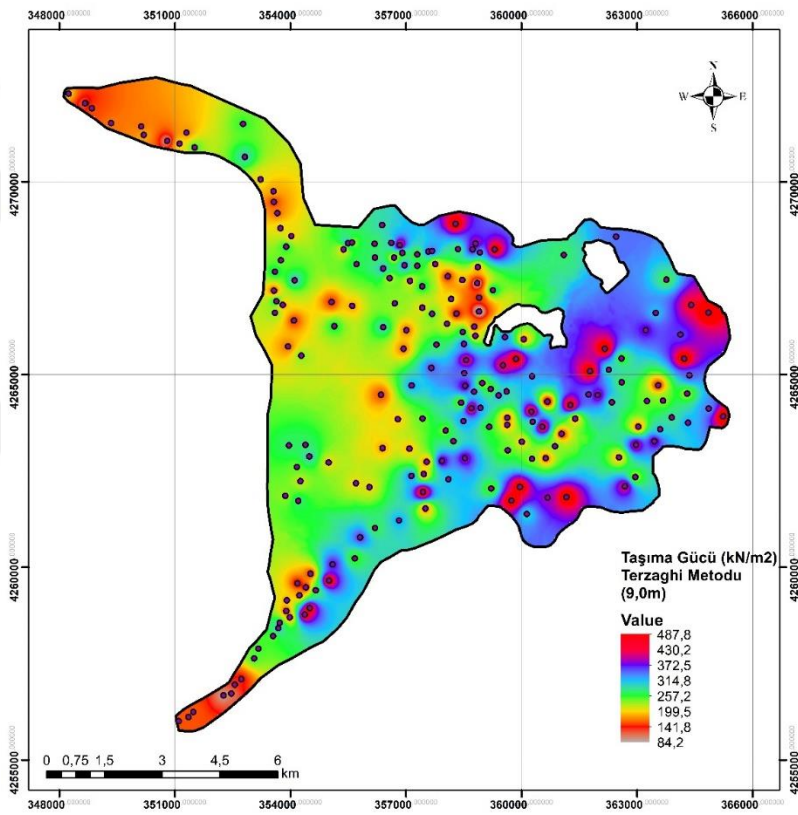
Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 88-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 102-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı doğusunda Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesimi ile Kapuzalanı ve Kevenli Mahalleleri belli kesimleri diğer kesimlerden daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 88-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 102-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyüzümü Mahallesi batısında ve Seyrantepe Mahallesi belli bir kesiminde taşıma gücü kuzeydeki diğer bölümlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

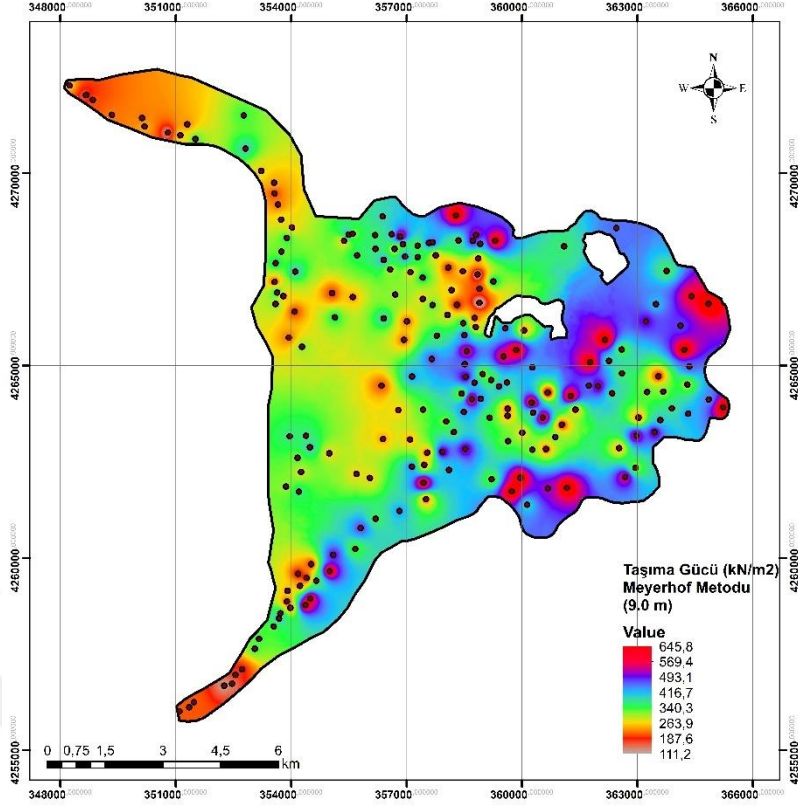
Çalışma alanı batısı Van Gölü'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 88-390 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 102-452 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği söylenebilir.

Çalışma alanı iç kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hafiziye, Serhat, Yeni ve Akköprü ve Vali Mithat Bey Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gücü daha yüksek değerler almaktadır.

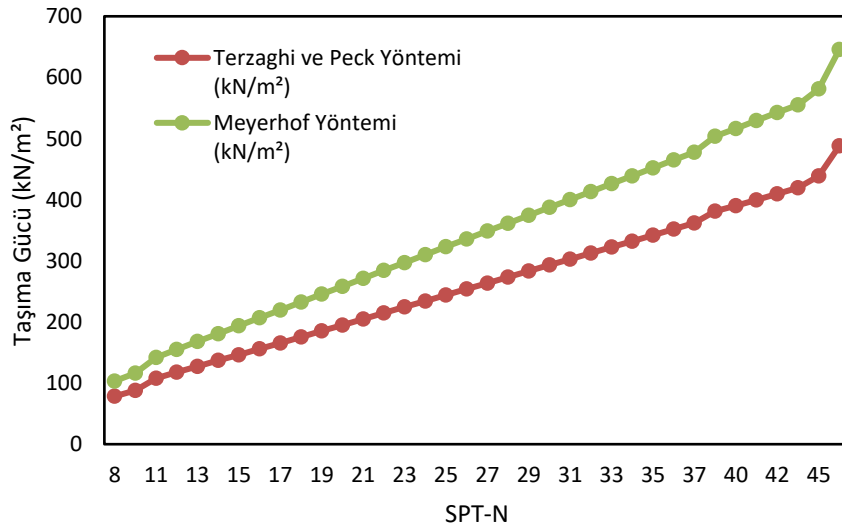
Çalışma alanı sınırları içerisinde 9.0 m derinlikte 208 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 26'da, Meyerhof (1974)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 27'de ve Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması Şekil 6. 28'de sunulmuştur.



Şekil 6. 26 :Çalışma alanı 9.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 27 :Çalışma alanı 9.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 28 :9.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

9.0 m derinlikte 208 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak güneyde Süphan, Hacbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 156-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 181-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gücü güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

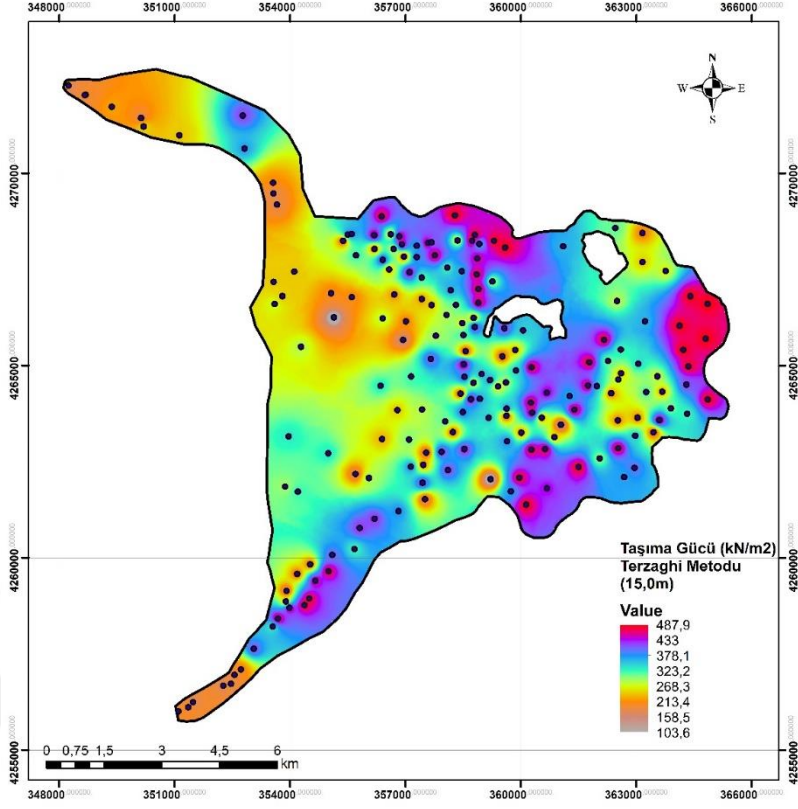
Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 137-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 158-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı doğusunda Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesimi ile Kapuzalanı, Kratlı ve Kevenli Mahalleleri belli kesimleri diğer kesimlerden daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 88-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 102-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyüzümü Mahallesi batısında, Kalecik ve Seyrantepe Mahallesi belli bir kesiminde taşıma gücü kuzeydeki diğer bölümlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

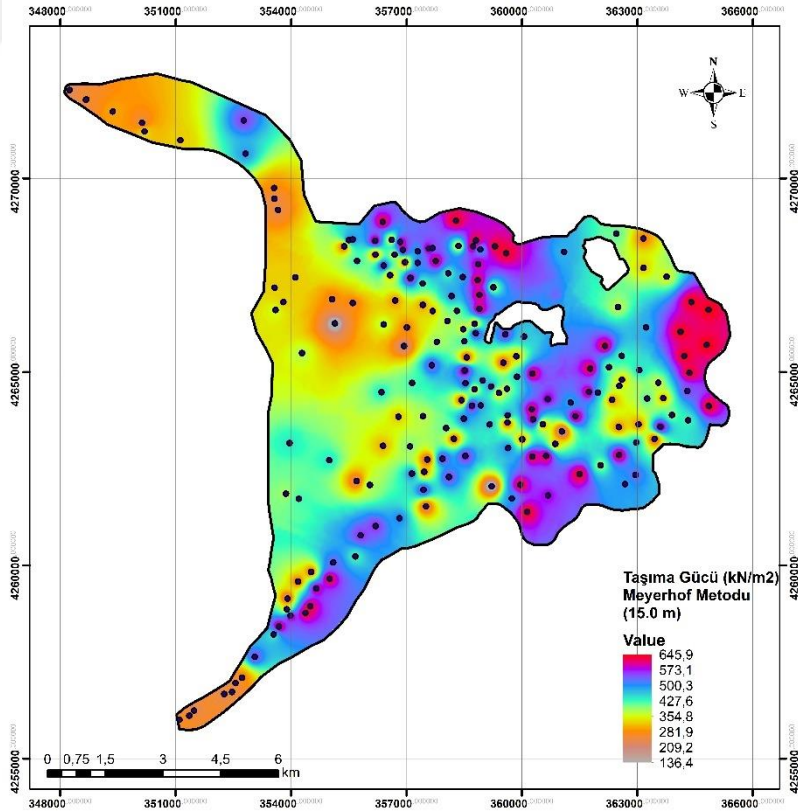
Çalışma alanı batısı Van Gölü'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 108-381 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 124-441 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanı i kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 78-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 90-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hafiziye, Serhat, Cevdetpaşa, Yeni, Esenler, Akköprü ve Vali Mithat Bey Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gücü daha yüksek değerler almaktadır.

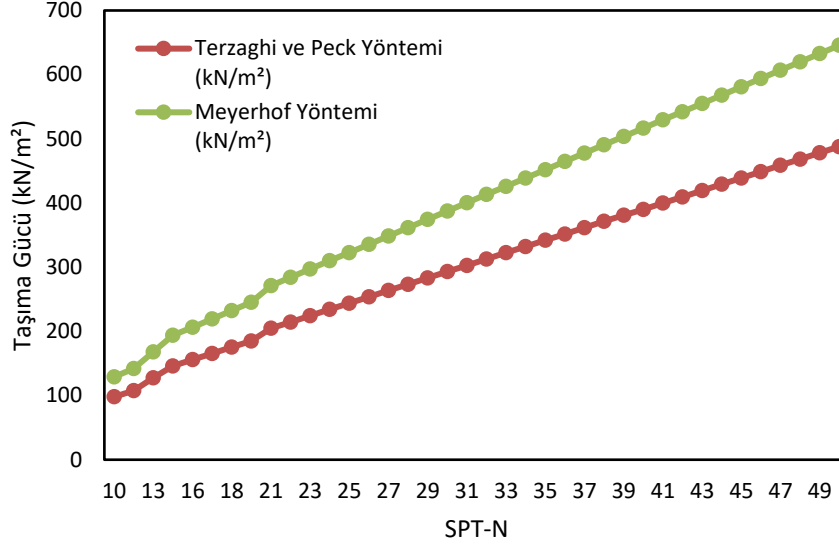
Çalışma alanı sınırları içerisinde 15.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 29'da, Meyerhof (1974)'e göre taşıma gücü haritası Şekil 6. 30'da ve Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması Şekil 6. 31'de sunulmuştur.



Şekil 6. 29 :Çalışma alanı 15.0 m derinlikte Terzaghi-Peck (1967) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 30 :Çalışma alanı 15.0 m derinlikte Meyerhof (1974) taşıma gücü haritası.



Şekil 6. 31 :15.0 m'deki Terzaghi-Peck (1967) ve Meyerhof (1974) taşıma gücü değerleri karşılaştırması.

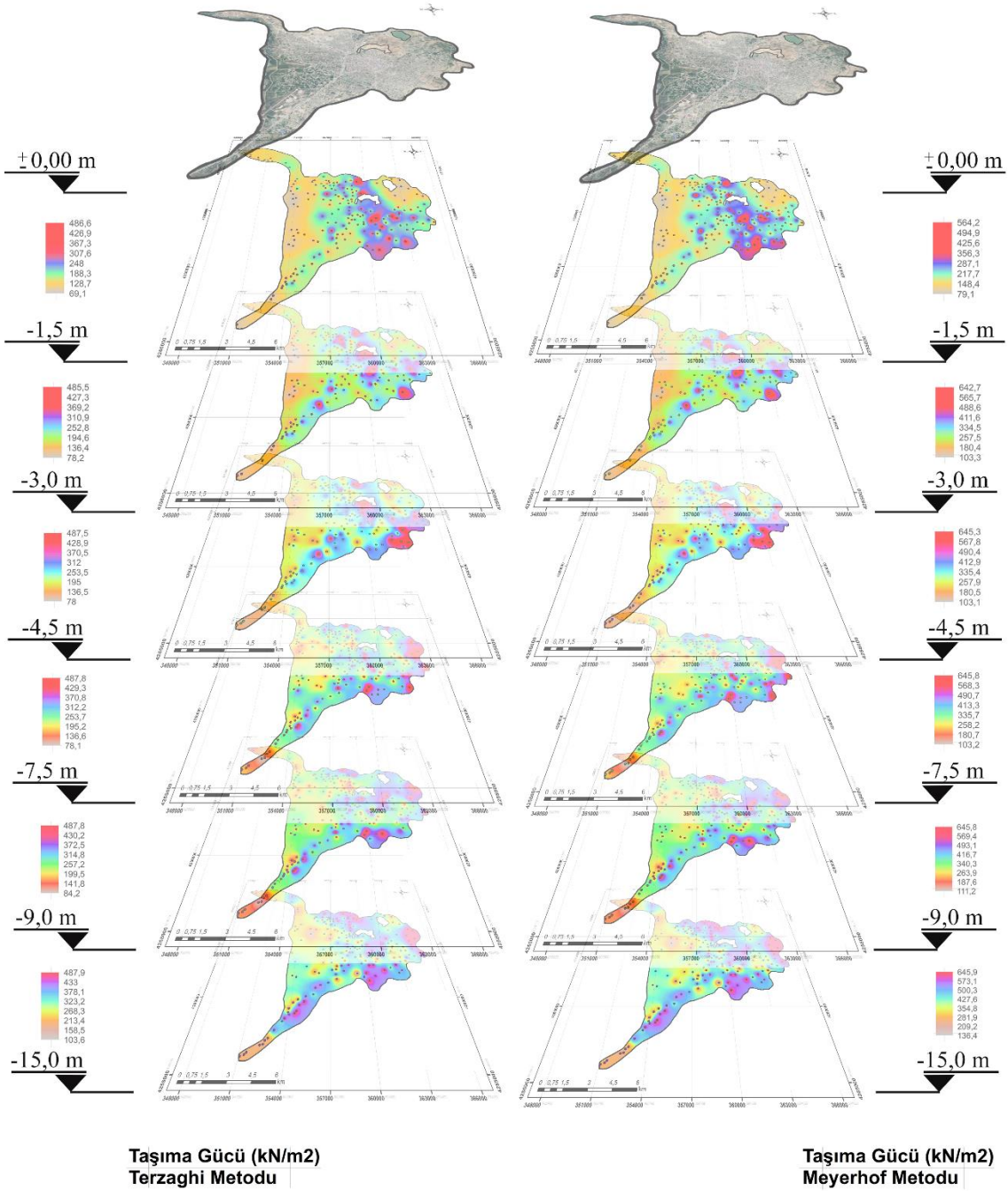
Bu kapsamda, 15.0 m derinlikte 195 sondaj kuyusu verisine bağlı olarak güneyde Süphan, Hacıbekir, Şabaniye, Kevenli ve Selâhattin Eyyubi Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 156-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 181-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı güneydoğu kesimlerindeki mahallelerde taşıma gücü güneydeki diğer kısımlara göre daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı doğusundaki Bostaniçi, Kapuzalanı ve Kıratlı mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 205-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 238-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı doğusunda Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesimi ile Kapuzalanı, Kıratlı ve Kevenli Mahalleleri belli kesimleri diğer kesimlerden daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyrantepe, Kalecik Mahallelerinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 156-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 181-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Beyüzümü Mahallesi batısında, Kalecik ve Seyrantepe Mahallesi belli bir kesiminde taşıma gücü kuzeydeki diğer bölümlere göre daha yüksek değerler almaktadır.

Çalışma alanı batısı Van Gölü'ne sınır sahil kesimindeki İskele, Yalı, Bardakçı, Buzhane ve Eminpaşa Mahalleleri genelinde Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 146-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 170-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanı iç kesimlerinde ise Terzaghi-Peck (1967)'e göre taşıma gücünün 98-488 kN/m² değerleri arasında değiştiği, Meyerhof (1974)'e göre ise 113-646 kN/m² değerleri arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hafiziye, Serhat, Cevdetpaşa, Alipaşa Yeni, Esenler, Akköprü ve Vali Mithat Bey Mahalleleri belli kesimlerinde diğer kesimlere göre taşıma gücü daha yüksek değerler almaktadır. Terzaghi-Peck ve Meyerhof Taşıma gücü metotlarına göre değerlerin derinlikle değişimi Şekil 6. 32'de sunulmuştur.

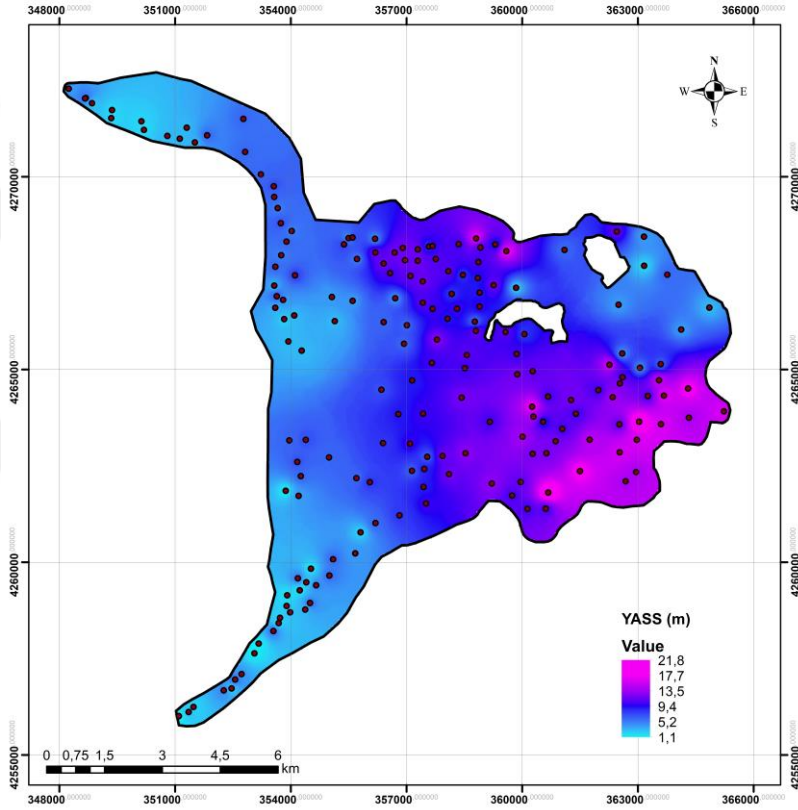


Şekil 6. 32 :Terzaghi-Peck ve Meyerhof Taşıma gücü metotlarına göre değerlerin derinlikle değişimi.

6.4 Yeraltı Su Seviyesi Haritası ve Yorumları

Çalışma alanındaki 189 sondaj verisinden yeraltı su seviyeleri tespit edilmiş ve dağılım haritası Şekil 6. 33’de sunulmuştur. Bu kapsamda;

Çalışma alanı güneyinde yeraltı su seviyesi 2.5 m ile 22.0 m arasında değişmekte olup sahil kesimine yakın olan Süphan Mahallesi 2.5 m ile 10.2 m arasında, sahilden uzaklaştıkça Şabaniye Mahallesi 6.3 m ile 12.1 m arasında, Selâhattin Eyyubi Mahallesi 9.5 m ile 10.5 m arasında, Hacıbekir Mahallesi 18.0 m ile 22.0 m arasında, Kevenli Mahallesi 13,5 m ile 16.5 m arasında değişim gösterdiği,



Şekil 6. 33 :Çalışma alanı yeraltı su seviyesi dağılımı.

Çalışma alanı doğusunda yeraltı su seviyesi 2.0 m ile 18.0 m arasında değişim göstermekle birlikte Bostaniçi Mahallesi güneydoğu kesimlerinde 14.0 m ile 18.0 m arasında, Bostaniçi Mahallesi kuzeydoğu kesimi Bostaniçi Göleti çevresi ve Kıratlı Mahallesi 2.0 ile 11.0 m arasında değişim gösterdiği,

Çalışma alanı kuzeyinde yeraltı su seviyesi 3.0 m ile 18.0 m arasında değişim göstermekle birlikte, Beyüzümü Mahallesi 8.5 m ile 18.0 m arasında, Seyrantepe

Mahallesinde 7.0 m ila 18.0 m arasında, Kalecik Mahallesinde 3.0 m ila 12.1 m arasında değişim gösterdiği,

Çalışma alanı batısı sahil kesiminde yeraltı su seviyesi 1.1 m ila 8.4 m arasında değişim göstermekle birlikte, Bardakçı Mahallesinde 1.9 m ila 5.2 m arasında, İskele Mahallesinde 3.15 m ila 7.5 m arasında, Yalı Mahallesinde 2.15 m ila 3.45 m arasında, Eminpaşa Mahallesinde 1.1 m ila 8.4 m arasında, Edremit/Yeni Mahallede 1.1 m ila 6.35 m arasında değişim gösterdiği,

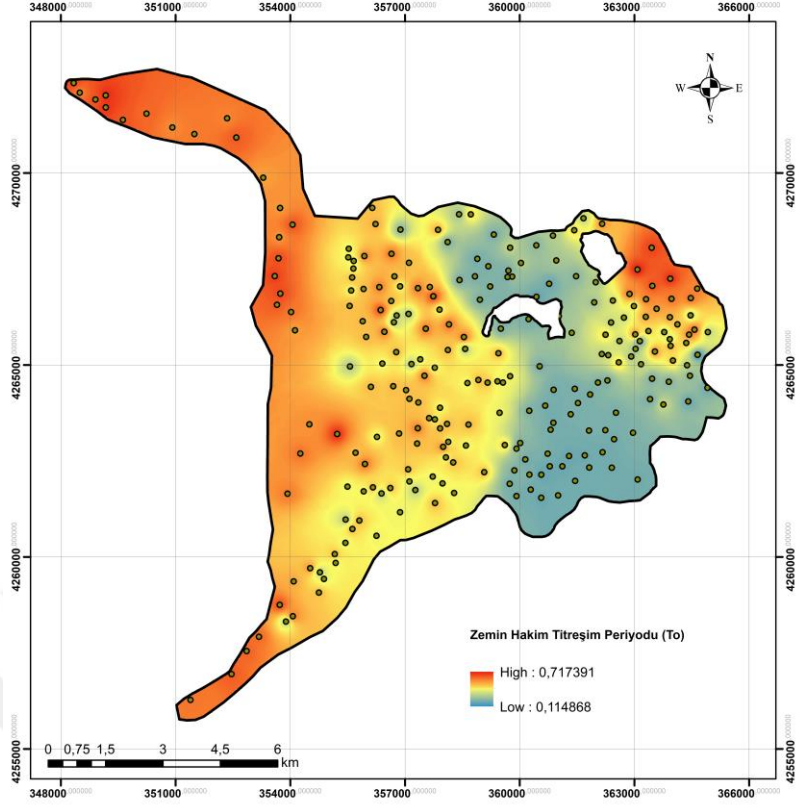
Çalışma alanı iç kesimlerinde yeraltı su seviyesi 2.0 m ila 21.0 m arasında değişim göstermekle birlikte, İstasyon, Abdurrahman Gazi, Altın-tepe Mahalleleri belirli kesimlerinde 2.0 m ila 6.0 m arasında, Akköprü, Vali Mithat Bey, Yeni, Şerefiye, Halilağa, Esenler, Cevdetpaşa, İstasyon ve Seyit Fehim Arvasi Mahalleleri belirli bölümlerinde ise 6.0 m ila 21.0 m arasında değişim gösterdiği söylenebilir.

6.5 Zemin Hâkim Titreşim Periyodu (T_0) Haritaları ve Yorumları

Hakim periyot, zemin hareketinin frekansını belirlemek için gerekli olup Fourier genlik spektrumunun pik değerine karşılık gelen titreşim periyodunu ifade eder. Bu değer 0 ila 1 arasındadır. Hâkim periyot yumuşak zeminlerde kayaç zeminlere göre daha yüksek değerlerdedir (Öncül, 2016).

Bu kapsamda mikro bölgeleme etüt raporlarındaki sismik ve mikrotrömer ölçümler incelenmiş, çalışma alanındaki 230 ölçüm değerlendirilmiş ve çalışma alanına ait T_0 dağılım haritası Şekil 6. 34'te sunulmuştur.

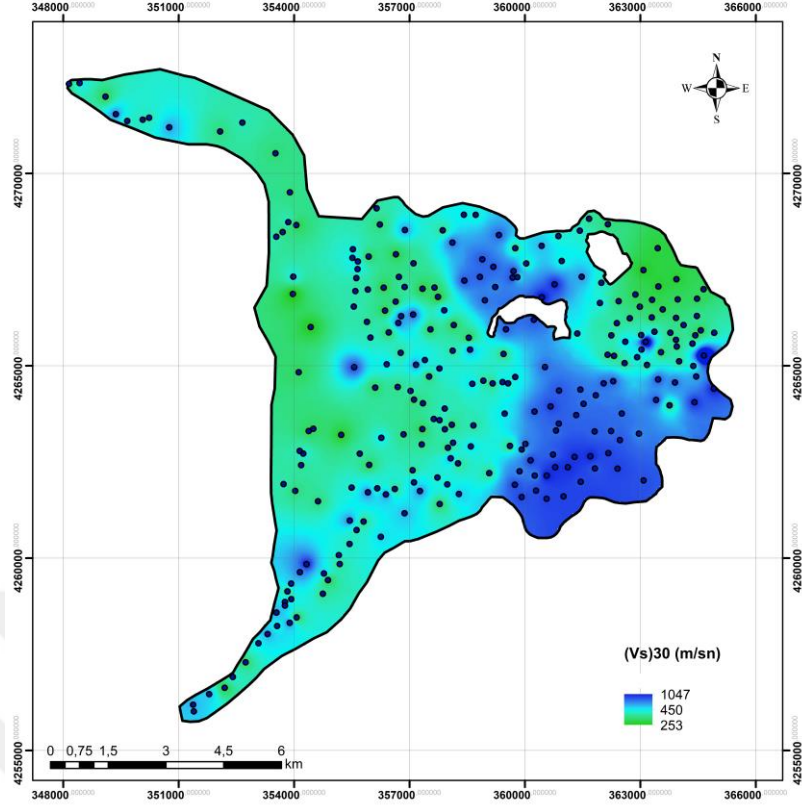
Bu doğrultuda T_0 değerleri 0.11 ila 0.72 arasında değişim göstermekle birlikte, özellikle çalışma alanı batısı sahil kesiminde, Bostaniçi Mahallesi kuzeydoğusu Bostaniçi Göleti doğusunda belirli bir kısmında, iç kesimlerde ise Akköprü Mahallesi güneybatısı, Abdurrahman Gazi, Seyit Fehim Arvasi ve Serhat Mahallelerinin belirli kesimlerinde T_0 değerlerinin 0.6 ila 0.72 arasında değerler aldığı ve bu kesimlerin zeminlerinin çalışma alanı diğer kesimlerine göre daha yumuşak olduğu, çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü, Seyranteppe Mahallelerinde belirli kesimler, Akköprü Mahallesi kuzeydoğusunda belirli bir kesim, güneyde ise Kevenli , Hacıbekir ve Selâhattin Eyyubi Mahalleleri belirli kesimlerinin T_0 değerlerinin ise 0.11 ila 0.30 arasında daha düşük değerler aldığı söylenebilir.



Şekil 6. 34 :Çalışma alanı hâkim titreşim periyodu dağılımı.

6.9 Kayma Dalgası Hızı (V_s)₃₀ ve Yerel Zemin Sınıfları Haritaları ve Yorumları

Çalışma alanı mikro bölgeleme etüt raporlarındaki jeofizik çalışmalar sonucu 262 noktada elde edilen zeminin 30 m derinliğe kadar ortalama kayma dalgası hızından (V_s)₃₀ üretilen dağılım haritası Şekil 6. 35’de, buna bağlı olarak çalışma alanının TBDY (2018)’e göre yerel zemin sınıfları dağılımı haritası Şekil 6. 36’da, NEHRP’e göre yerel zemin sınıfları dağılımı haritası Şekil 6. 37’de, Eurocode 8’e göre yerel zemin sınıfları dağılımı haritası Şekil 6. 38’de sunulmuştur.



Şekil 6. 35 :Çalışma alanı $(V_s)_{30}$ dağılımı.

Bu kapsamda, çalışma alanında $(V_s)_{30}$ değerlerinin 253 m/sn ile 1047 m/sn arasında dağılım göstermekle birlikte çalışma alanı doğusunda Kapuzalanı ve Bostaniçi Mahallelerinin sınırlı bir kesiminde $(V_s)_{30}$ değerlerinin 800 m/sn ile 1047 m/sn arasında değişim gösterdiğinden bu kesimde yerel zemin sınıfı;

- TBDY (2018)'e göre “ZB” “az ayrılmış orta sağlam kaya”,
- NEHRP'e göre “B” “kaya”,
- Eurocode 8'e göre ise “A” kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar”

Çalışma alanı batısı sahil kesiminde Şemsibey, İskele, Yalı ve Buzhane Mahalleleri belli kesimleri, kuzey ve iç kesimlerde Kalecik, Abdurrahman Gazi ve İstasyon Mahalleleri belli kesimleri ile çalışma alanı kuzeydoğusundaki Bostaniçi ve Kıratlı Mahalleleri belli kesimlerinde (özellikle Bostaniçi Göleti batı kesimi) $(V_s)_{30}$ değerlerinin 253 ile 360 arasında değişim gösterdiğinden bu kesimlerde zemin;

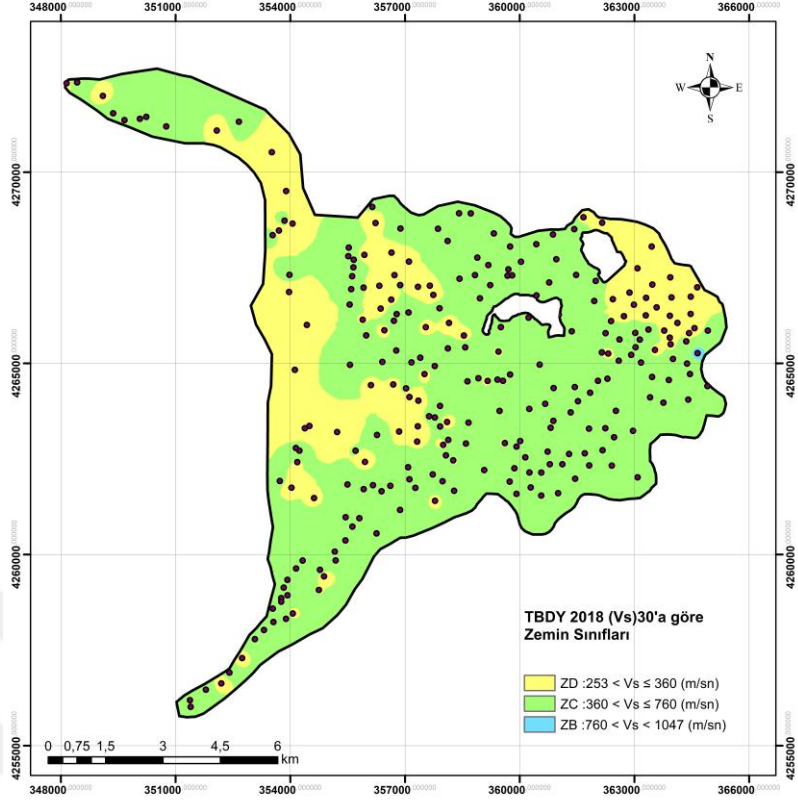
- TBDY (2018)'e göre “ZD” “orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları”,
- NEHRP'e göre “D” “sert/sıkı zemin”,
- Eurocode 8'e göre ise “C” sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kil”

Çalışma alanı diğer kesimlerinde ise $(V_s)_{30}$ değerlerinin 360 ila 760-800 arasında dağılım gösterdiğinden bu bölümlerde ise zemin;

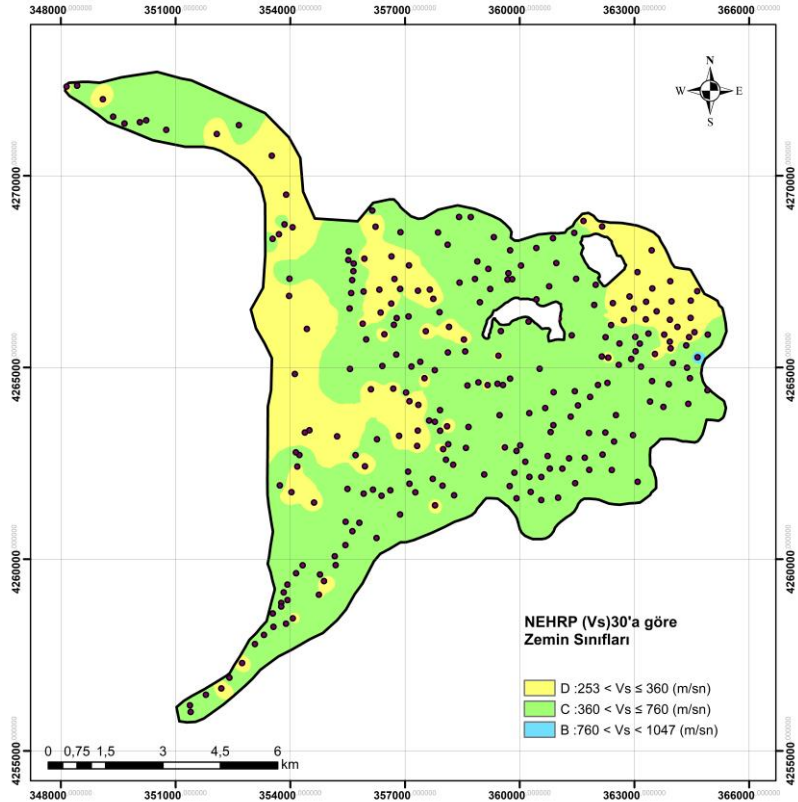
- TBDY (2018)'e göre "ZC" "çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları",
- NEHRP'e göre "C" "çok sıkı/sert zemin ya da yumuşak kaya",
- Eurocode 8'e göre ise "B" çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer" olduğu söylenebilir.

Ayrıca TBDY (2018)'de yer alan $(N_{60})_{30}$ değerlerine göre yerel zemin sınıflandırması Çizelge 5. 4'te verilmiş, bu doğrultuda hazırlanan çalışma alanı dağılım haritası Şekil 6. 40'ta sunulmuş olup bu kapsamda değerlendirildiğinde;

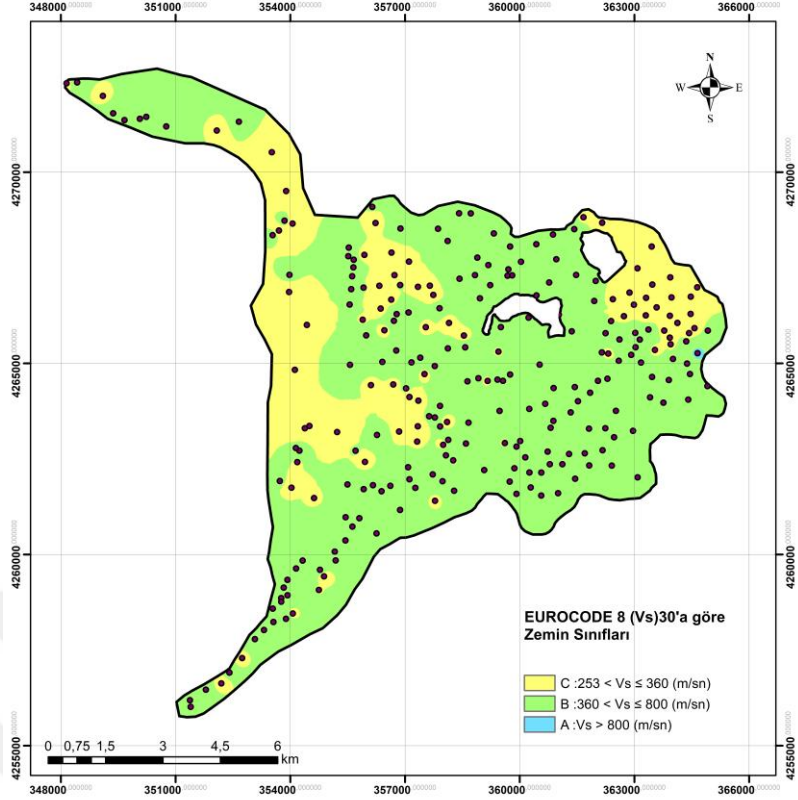
- Çalışma alanı güneyinde Kevenli ve Karşıyaka Mahalleleri belirli kesimlerinde "ZC", Süphan ve Şabaniye Mahallelerinin belirli kesimlerinde "ZE" güneyde diğer kesimlerde ise "ZD",
- Çalışma alanı doğusunda Bostaniçi Göleti doğusunda belli kesimlerde "ZE" diğer kesimlerde ağırlıklı "ZD",
- Çalışma alanı kuzeyinde Beyüzümü Mahallesi belli kesimlerinde "ZC", Kalecik ve Seyrantepe Mahalleleri belli kesimlerinde "ZE", kuzeyde diğer kesimlerde ise ağırlıklı olarak "ZD",
- Çalışma alanı batısı sahil kesiminde Şemsibey, İskele ve Eminpaşa Mahalleleri belli kesimlerinde "ZD", batı sahil kesimi ve bu bölüme komşu iç kesimlerde ise ağırlıklı olarak dağılımın "ZE" şeklinde olduğu söylenebilir.



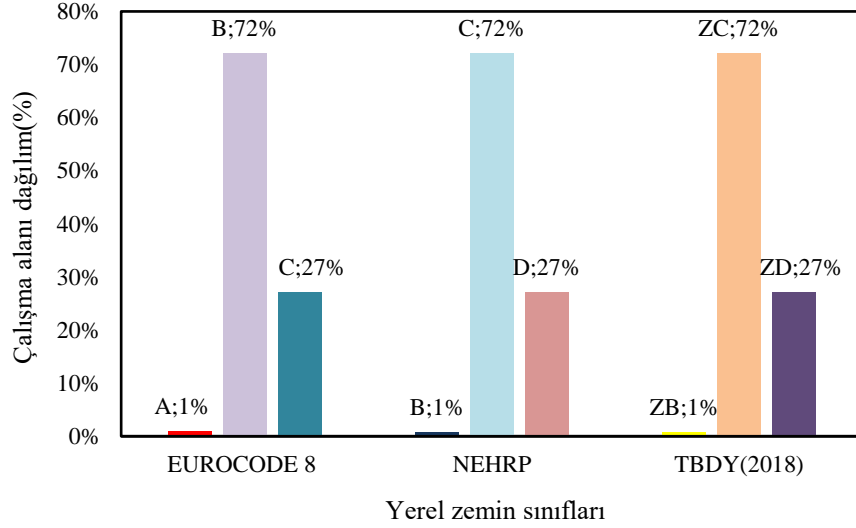
Şekil 6. 36 :Çalışma alanı (V_s)₃₀ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.



Şekil 6. 37 :(V_s)₃₀ değerlerinden NEHRP'ye göre yerel zemin sınıfları dağılımı.



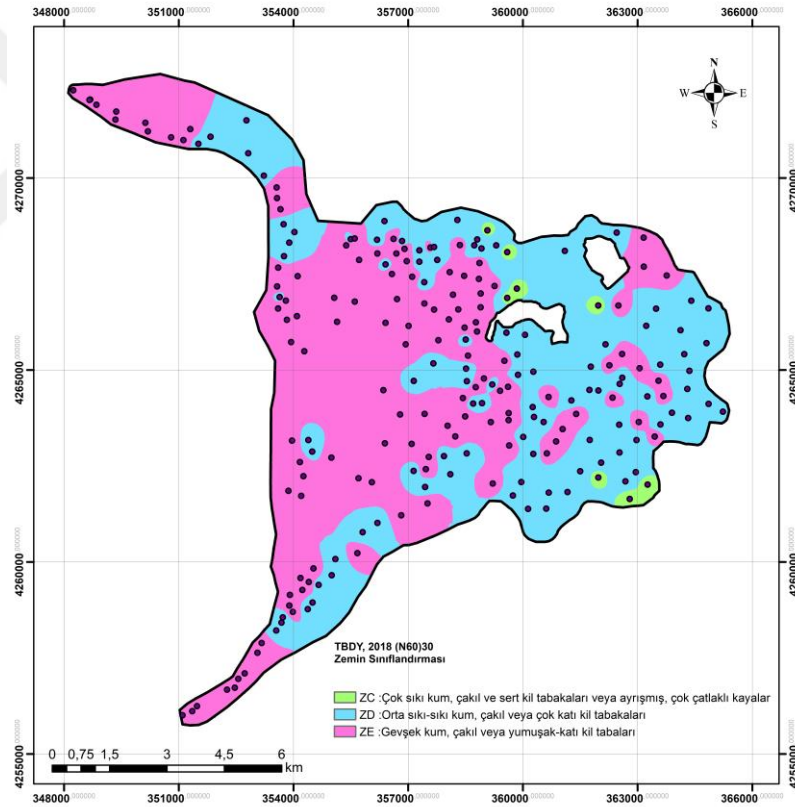
Şekil 6. 38 :Çalışma alanı (V_s)₃₀ değerlerinden Eurocode 8'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.



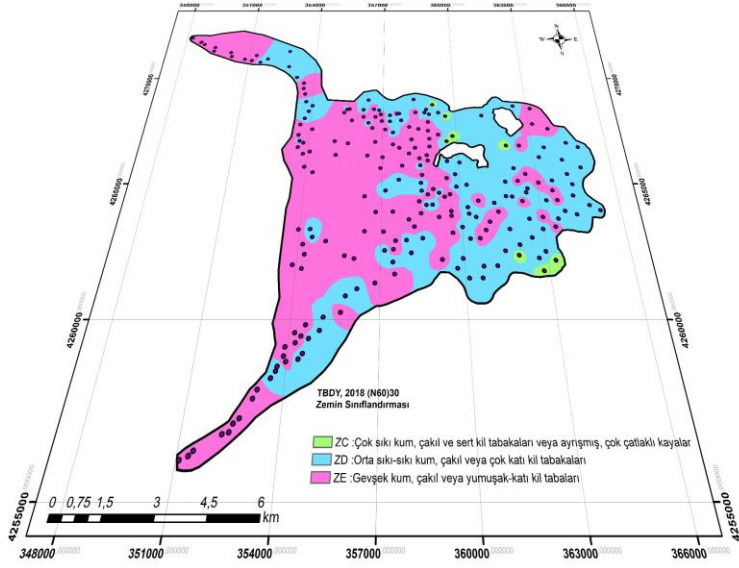
Şekil 6. 39 :Çalışma alanında yerel zemin sınıfları dağılımı.

Diğer taraftan, çalışma alanı sınırları içerisinde $(N_{60})_{30}$ değerlerinden TBDY (2018)'e göre yerel zemin sınıfları dağılım haritası oluşturulmuş ve Şekil 6. 40'da sunulmuştur. $(V_s)_{30}$ ve $(N_{60})_{30}$ değerlerine göre yerel zemin sınıfları dağılımında farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda farkların daha iyi görülebilmesi amacıyla Şekil 6. 41'de iki harita birlikte sunulmuştur.

Söz konusu haritalar birlikte değerlendirildiğinde, $(V_s)_{30}$ 'a göre yerel zemin sınıfı "ZD" olarak gözüken bölümlerin $(N_{60})_{30}$ 'a göre sınıflandırmada alanının arttığı ve sınıfının "ZE" ye dönüştüğü, $(V_s)_{30}$ 'a göre zemin sınıflandırmasında "ZC" olarak gözüken bölümlerin ise $(N_{60})_{30}$ 'a göre sınıflandırmada alanının arttığı ve sınıfının "ZD" ye dönüştüğü ve bu zemin sınıfına ait alanın azaldığı söylenebilir, buradan da anlaşılacağı üzere $(N_{60})_{30}$ 'a göre zemin sınıflandırmasının daha güvenli tarafta kaldığı ve daha tutucu sonuçlar verdiği düşünülebilir.

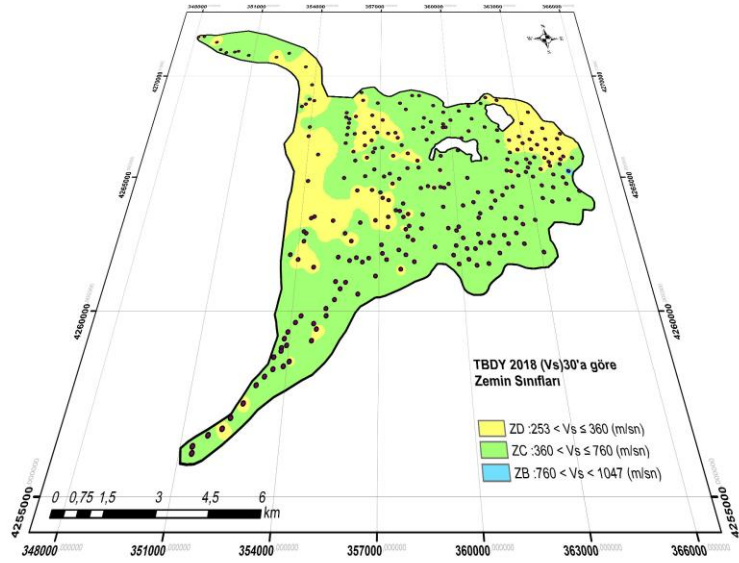


Şekil 6. 40 :Çalışma alanı $(N_{60})_{30}$ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfları dağılımı.



TBDY, 2018 (N60)30
Zemin Sınıflandırması

- ZC :Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı kayalar
- ZD :Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
- ZE :Geveşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabaları



TBDY 2018 (Vs)30'a göre
Zemin Sınıfları

- ZD :253 < Vs ≤ 360 (m/sn)
- ZC :360 < Vs ≤ 760 (m/sn)
- ZB :760 < Vs < 1047 (m/sn)

Şekil 6. 41 :Çalışma alanı (N₆₀)₃₀ ve (V_s)₃₀ değerlerinden TBDY, 2018'e göre yerel zemin sınıfı dağılımları karşılaştırması.

6.10 Deprem Tehlike Düzeyi Haritaları ve Yorumları

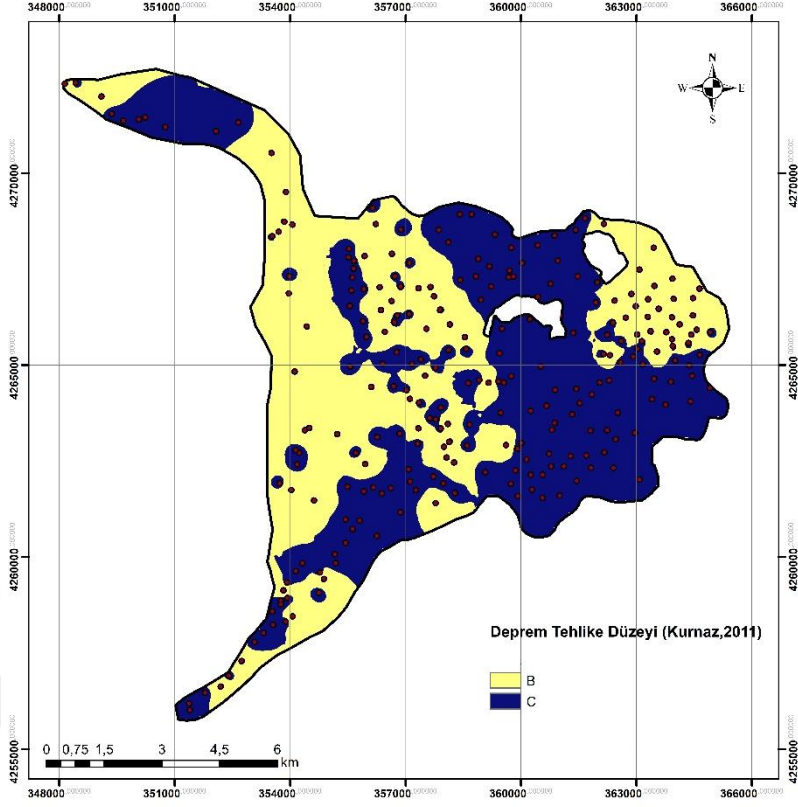
Çizelge 6. 2 : Kayma dalgası hızına (V_s)₃₀ bağlı zemin büyütme ilişkileri (Midorikawa, 1987).

Araştırmacı	İlişki
Midorikawa (1987)	$A=68V_1^{-0.6}$ ($V_1 < 1100$ m/s)
	$A=1$ ($V_1 > 1100$ m/s)
A :Bağıl amplifikasyon katsayısı	
V_1 :30 m derinlikteki ortalama kayma dalgası hızı	

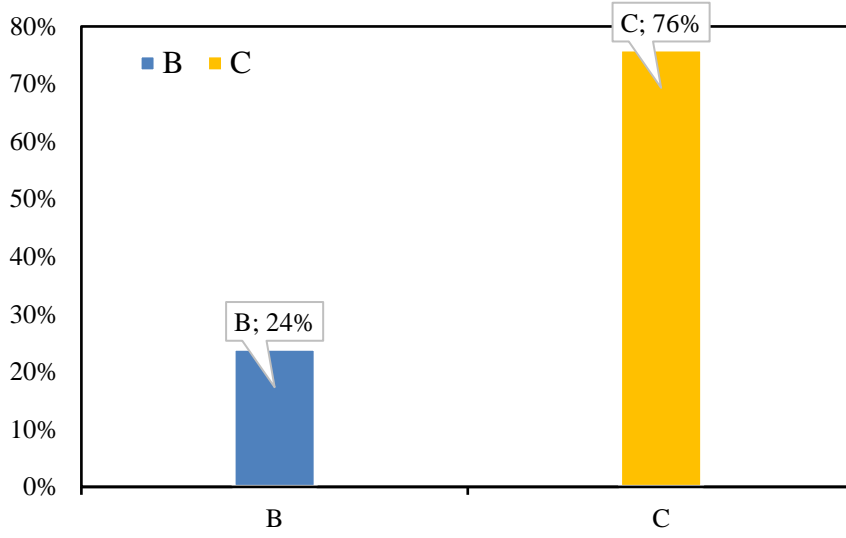
Çizelge 6. 2’deki Midorikawa bağıntısı ile çalışma alanında elde edilen yüzeyden itibaren 30 m aşağıdaki ortalama kayma dalgası hızı (V_s)₃₀ verileri kullanılarak zemin büyütme hesabı yapılmıştır. Zemin büyütme değerlerine göre de deprem tehlike düzeyleri belirlenmiştir. Buna göre, 0.0-2.0 büyütme değeri düşük tehlike (C), 2.0-4.0 büyütme değeri orta tehlike (B) ve 4.0-6.5 büyütme değeri yüksek tehlike (A) düzeylerini ifade etmektedir (Kurnaz, 2011).

Bu kapsamda çalışma alanındaki 262 sismik ölçüm noktasındaki (V_s)₃₀ değerlerinden Midorikawa bağıntısı ile A (Bağıl amplifikasyon katsayısı) katsayıları hesaplanmış ve (Kurnaz, 2011)’e göre deprem tehlike düzeyi haritası oluşturularak Şekil 6. 42’de, çalışma alanı yüzdesel dağılımı ise Şekil 6. 43’te sunulmuştur.

Bu kapsamda, inceleme alanı batısı sahil kesiminde ağırlıklı olarak İskele, Yalı ve Buzhane Mahalleleri belirli kesimleri, çalışma alanı kuzeydoğu kesimindeki Bostaniçi ve Kıratlı Mahalleleri belli kesimleri ile, iç kesimlerdeki Kalecik, Seyrantepe, Altıntepe, Abdurrahman Gazi ve İstasyon Mahalleleri belli kesimlerinde amplifikasyon katsayısı 2.0 ila 2.45 arasında olduğundan bu bölümlerde deprem tehlike düzeyi “B” “orta tehlike”, diğer kesimlerde ise 1.05 ila 2.0 arasında olduğundan deprem tehlike düzeyi “C” “düşük tehlike” olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 6. 42 :Çalışma alanı deprem tehlike düzeyi.



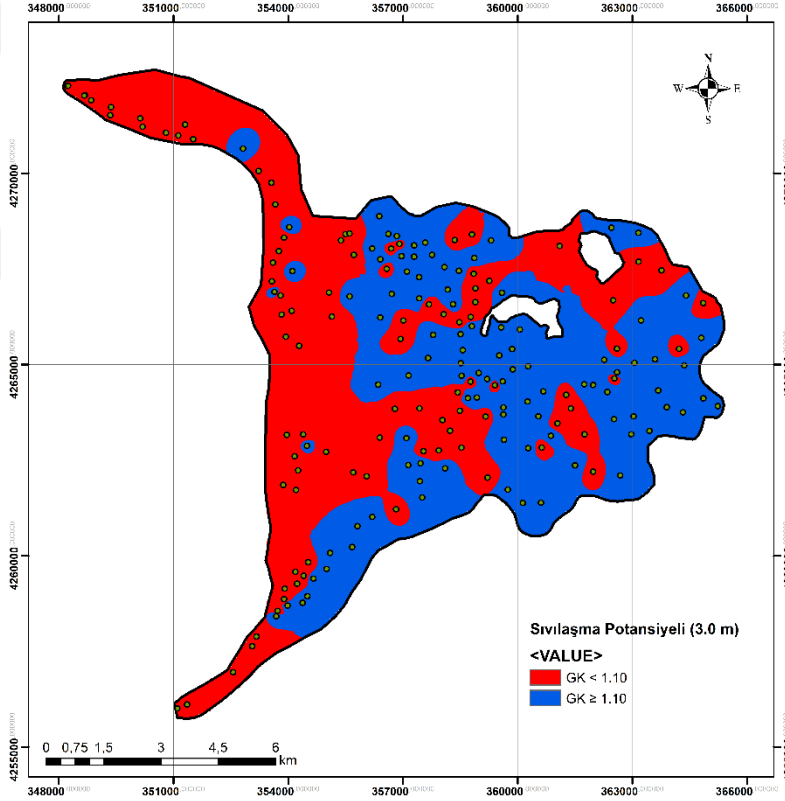
Şekil 6. 43 :Çalışma alanı deprem tehlike düzeyi dağılımı.

6.11 Sıvılaşma Analizi Haritaları ve Yorumları

Çalışma alanı sınırları içerisinde mikro bölgeleme etüt raporlarındaki 238 sondaj kuyusundan elde edilen verilerden 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m ve 9.0 m derinlikler için TBDY (2018)'deki basitleştirilmiş zemin sıvılaşma değerlendirme hesapları yapılmış, τ_R sıvılaşma direnci τ_{deprem} deprem esnasında oluşan kayma gerilmesi olmak üzere, Denklem 5.22 güvenlik koşuluna göre sıvılaşma analiz sonuçları ArcGIS ile haritalandırılmıştır.

Hesaplamalarda deprem büyüklüğü 7.5 Mw olarak alınmış ve sıvılaşma analizi yapılacak derinlikte veri bulunan sondaj kuyularının koordinatlarına göre S_{DS} kısa periyot spektral ivme katsayıları AFAD deprem haritasından alınmıştır. Bu kapsamda;

Çalışma alanı sınırları içerisinde 3.0 m derinlikte 195 adet sondaj kuyusu verisinden yapılan sıvılaşma analizi haritası Şekil 6. 44'te sunulmuş olup;



Şekil 6. 44 :Çalışma alanı 3.0 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.

Güneyde, Süphan Mahallesi kuzeydoğusunda belli bir kesim ile Şabaniye, Hacıbekir ve Cevdetpaşa Mahalleleri belli bir kesiminde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanmadığı, güneyde diğer kesimlerde ise ağırlıklı olarak sıvılaşma riski güvenlik koşulunun sağlandığı,

Doğuda, Bostaniçi Mahallesi güneydoğusunda belirli bir kesim ile kuzeydoğu bölümünde Bostaniçi Göleti çevresi belli kesimlerinde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanamadığı doğuda diğer kesimlerde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlandığı,

Kuzeyde, Bostaniçi Göleti batısında belli bir bölüm ile Seyrantepe ve Kalecik Mahalleleri belli kesimlerinde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanamadığı kuzeyde diğer bölümlerde ise sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlandığı,

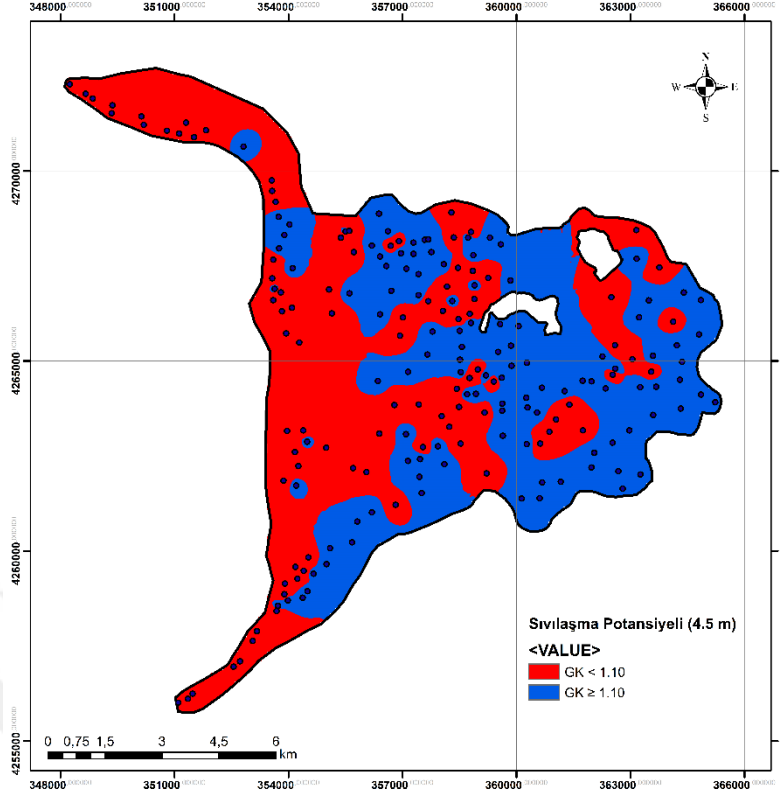
Batıda sahil kesiminde İskele ve Şemsibey Mahalleleri belli bir kesimi dışında genelinde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanamadığı,

İç kesimlerde ise sahil kanadına yakın kısımlar genelinde, Abdurrahman Gazi, İstasyon, Cevdetpaşa, Hafiziye, Hatuniye, Seyit Fehim Arvası, Yeni ve Karşıyaka Mahalleleri belirli kesimlerinde sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanamadığı söylenebilir.

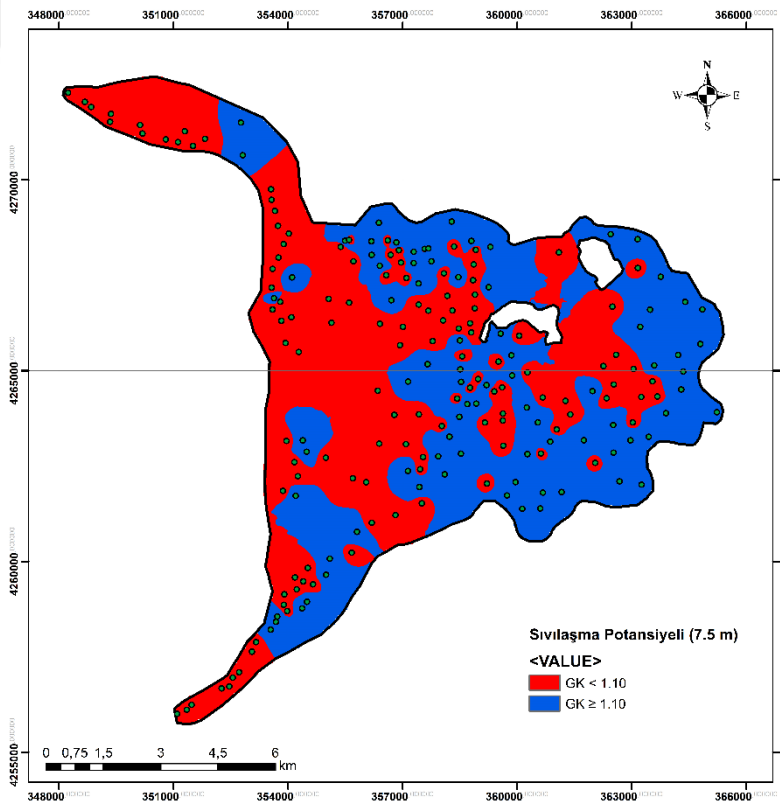
Çalışma alanı sınırları içerisinde 4.5 m derinlikte 207 adet sondaj kuyusu verisinden yapılan sıvılaşma analizi haritası Şekil 6. 45'te, 7.5 m derinlikte 210 adet sondaj kuyusu verisinden yapılan sıvılaşma analizi haritası Şekil 6. 46'da, 9.0 m derinlikte 208 adet sondaj kuyusu verisi kullanılarak oluşturulan sıvılaşma analizi haritası Şekil 6. 47'de sunulmuştur.

Bu kapsamda ağırlıklı çalışma alanı batısı sahil kesimi ile buraya komşu iç kesimler ve çalışma alanı kuzeydoğusundaki Bostaniçi Göleti çevresi ve özellikle gölet doğusunda belirli kesimlerde TBDY (2018)'de belirtilen sıvılaşmaya karşı güvenlik koşulunun sağlanamadığı yani sıvılaşma riski bulunduğu söylenebilir.

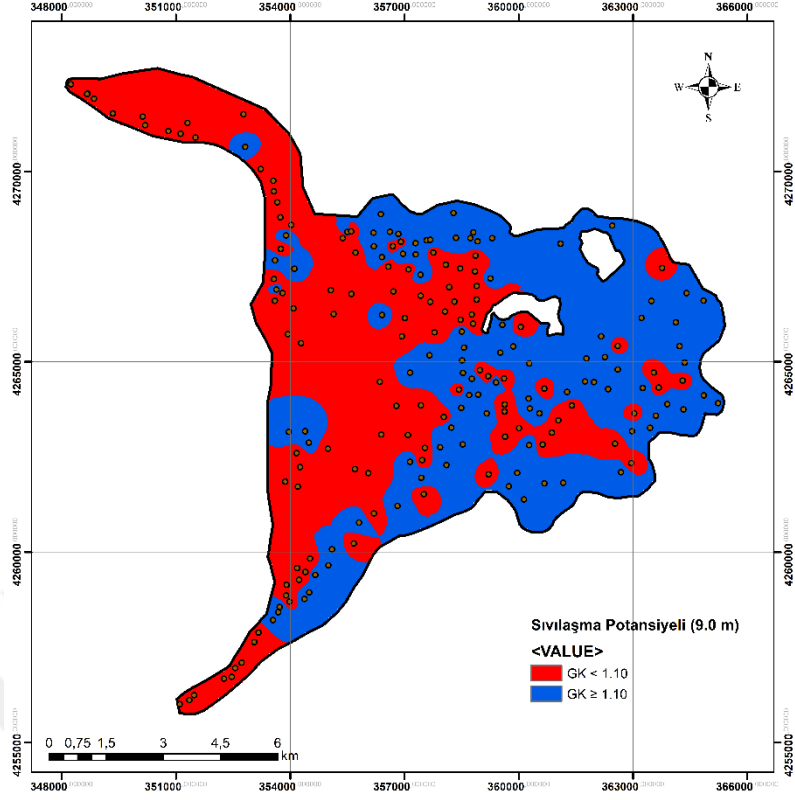
Ayrıca çalışma alanı sınırları içerisinde sıvılaşma analizi yapılan 3.0 m, 4.5 m, 7.5 m, 9.0 m derinliklerdeki üretilen haritalar toplu olarak Şekil 6. 48'de verilmiş olup derinlikle sıvılaşma potansiyelinin değişimi görülebilmektedir.



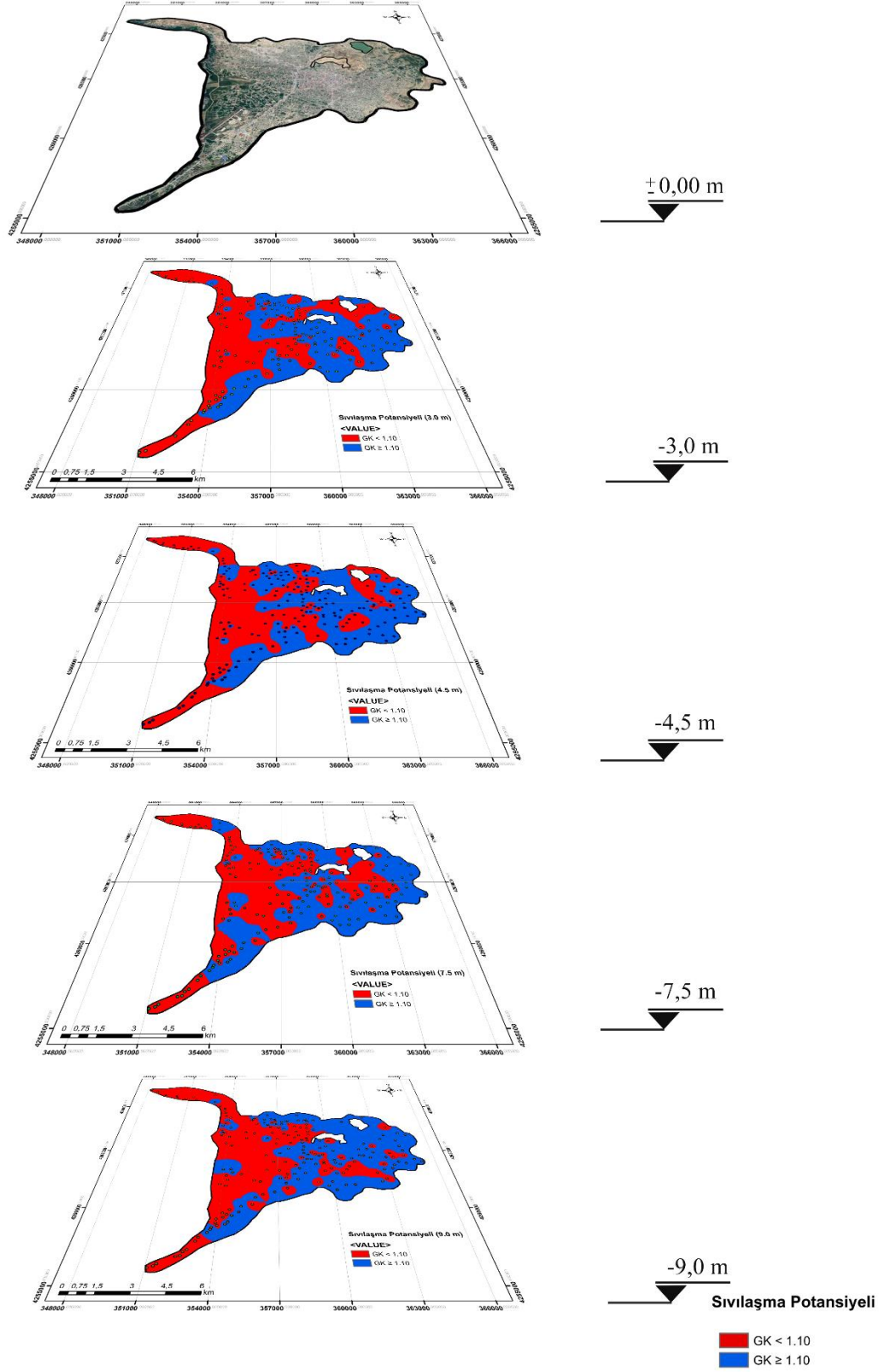
Şekil 6. 45 :Çalışma alanı 4.5 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.



Şekil 6. 46 :Çalışma alanı 7.5 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.



Şekil 6. 47 :Çalışma alanı 9.0 m derinlik için sıvılaşma potansiyeli.



Şekil 6. 48 :Çalışma alanında derinlikle sıvılaşma potansiyelinin değişimi.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Çalışma kapsamında çalışma alanı sınırları içerisindeki sondaj kuyularında elde edilen SPT-N değerlerine bağlı olarak oluşturulan Terzaghi-Peck ve Meyerhof metotlarına göre taşıma gücü haritaları incelendiğinde özellikle güneyde Selâhattin Eyyubi ve Kevenli Mahalleleri belli kesimlerinde, kuzeyde Beyüzümü Mahallesi belli kesimlerinde, iç kesimlerde ise Akköprü, Bahçıvan, Şerefiye Mahalleleri belli kesimlerinde diğer bölümlere göre taşıma gücünün daha yüksek çıktığı söylenebilir. Ayrıca Terzaghi-Peck Taşıma gücü metodunda elde edilen değerler Meyerhof metodunda elde edilen değerlere göre daha düşük çıktığı ve buna bağlı olarak Terzaghi-Peck yönteminin daha güvenli tarafta ve tutucu olduğu söylenebilir.
- Diğer taraftan yeraltı su seviyesinin bariz şekilde çalışma alanı batısı sahil kesiminde yüksek olduğu söylenebilir. Yeraltı su seviyesi haritası taşıma gücü haritaları ile birlikte değerlendirildiğinde taşıma gücünün yüksek olduğu kesimlerde yeraltı su seviyesinin düşük olduğu ve tek başına bir yargı vermemekle birlikte, hatta literatürdeki yaklaşımlarında belirttiği üzere, yeraltı su seviyesinin taşıma gücünü etkilediği söylenebilir.
- $(V_s)_{30}$ 'a göre zemin sınıfları haritalarına göre, Eurocode 8'e göre "C" zemin sınıfında olan kesimlerin NEHRP'e göre "D", TBDY (2018)'e göre ise "ZD" zemin sınıfında; Eurocode 8'e göre "B" zemin sınıfında olan kesimlerin NEHRP'e göre "C", TBDY, 2018'e göre ise "ZC" zemin sınıfında; Eurocode 8'e göre "A" zemin sınıfında olan kesimlerin NEHRP'e göre "B", TBDY, 2018'e göre ise "ZB" zemin sınıfında olduğu görülmüştür. Çalışma alanı sınırları içerisindeki zeminlerin Eurocode 8'e göre %1'i "A", %72'si "B", %27'si ise "C" yerel zemin sınıfında, NEHRP'ye göre %1'i "B", %72'si "C", %27'si ise "D" yerel zemin sınıfında, TBDY (2018)'e göre ise %1'i "ZB", %72'si "ZC", %27'si ise "ZD" yerel zemin sınıfında dağılım göstermiştir. Bu yüzden, NEHRP ve TBDY (2018)'e göre zemin sınıflandırmasının Eurocode 8'e göre daha güvenli tarafta kaldığı söylenebilir.
- TBDY 2018'de $(V_s)_{30}$ ve $(N_{60})_{30}$ değerlerine göre zemin sınıfı haritaları incelendiğinde, $(V_s)_{30}$ 'a göre zemin sınıflandırmasında "ZD" olarak gözüken bölümlerin $(N_{60})_{30}$ 'a göre sınıflandırmada alanının arttığı ve sınıfının "ZE" 'ye dönüştüğü, $(V_s)_{30}$ 'a göre zemin

sınıflandırmasında “ZC” olarak gözüken bölümlerin ise $(N_{60})_{30}$ ’a göre sınıflandırmada alanının arttığı ve sınıfının “ZD” ‘ye dönüştüğü ve bu zemin sınıfına ait alanın azaldığı söylenebilir, buradan da anlaşılacağı üzere $(N_{60})_{30}$ ’a göre zemin sınıflandırmasının daha güvenli tarafta kaldığı ve daha tutucu sonuçlar verdiği düşünülebilir.

- Sıvılaşma değerlendirme hesabı sonrası sıvılaşma potansiyeli haritaları incelendiğinde ise inceleme alanı 3.0 m derinlikte yaklaşık %49’unda, 4.5 m derinlik için yaklaşık %45’inde, 7.5 m derinlik için yaklaşık %60’ında ve 9.0 m derinlik için yaklaşık %53’ünde sıvılaşma riski bulunmakla birlikte özellikle çalışma alanı batısı sahil kesimi ve bu bölüme yakın iç kesimler ile Bostaniçi Göleti çevresinde sıvılaşma riskinin bulunduğu söylenebilir.
- CBS’nin depolanabilir ve güncellenebilir olması gibi avantajlarından dolayı sıkı denetlenmek şartıyla ülke çapında yapılan tüm mikro bölgeleme çalışmalarının genel bir veri tabanı oluşturularak haritalandırılabilir ve bu sayede herhangi bir yerde yapılacak bir geoteknik çalışmanın idarelerce ve ilgili mühendislerince kontrolünde fayda sağlayabilir.
- Zemin heterojen ve süreksizdir. Bu çalışma kapsamında kullanılan imara esas mikro bölgeleme çalışmalarında sondaj kuyuları arasındaki büyük mesafeler bulunduğu için zeminin araştırma yapılmayan bölümlerde büyük farklılıklar gösterebileceği unutulmamalıdır. Ayrıca yapılan deneyler esnasında olası hatalarda muhtemeldir. Bu kapsamda enterpolasyonla veri olmayan yerler için üretilen değerler yalnızca bir yaklaşım olup verilen değerler ve oluşturulan haritalar tasarıma yönelik değildir.
- Çalışma alanı içerisinde doğrudan tasarıma yönelik yapılacak çalışmalarda yapının yapılacağı parsel üzerinde ruhsata esas daha detaylı ve mikro ölçekte çalışmalar yapılması, bu kapsamda yapılacak olan arazi ve laboratuvar deneylerinde hem yürürlükteki mevzuat hükümlerine ve işin tekniğine uygun yapılmasına hem de deneylerin yapılması esnasında yapılacak ve/veya yapılması muhtemel hatalara azami dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Arazi deneyleri ile elde edilen parametreler laboratuvar deneyleri ile kontrol edilmelidir. Bir zemin hakkında ne kadar çok ve güvenilir veri bulunursa yapılacak olan hesaplamalarla zeminin yatay ve düşey yükler altındaki davranışı da o kadar doğru ve isabetli tahmin edilebileceğinden elde edilen geoteknik verilerin birbirleriyle ilişkileri ve birbirlerine etkilerinin bütüncül olarak ele alınması doğru tasarım yapmada ve olası depremler sonrası oluşabilecek hasarları en aza indirmede büyük önem arz etmektedir.

BÖLÜM 8

KAYNAKLAR

- AFAD.** (2023). <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog> adresinden alındı
- AFAD.** (2023a). <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/> adresinden alındı
- AFAD.** (2023b). <https://van.afad.gov.tr/kurumlar/van.afad/KUTUPHANE/IL-PLANLARI/VAN-IRAP.pdf> adresinden alındı
- Aggour, M. S., & Radding, W. R.** (2001). "Research Report: Standard Penetration Test (SPT) Correction, Final Report". Maryland Department of Transportation-State Highway Administration, Maryland.
- Akpancar, R., & Orhan, A.** (2019). Nevşehir İl Merkezi Kuzey Bölümünün Jeoteknik Değerlendirmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Modellenmesi . *Master's thesis*. Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Alkan, H., Toker, M., & Akkaya, İ.** (2023). Van Gölü Havzası ve Çevresinin Depremselliğine Genel Bir Bakış. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1) :317-333.
- Anonim.** (2023, Ocak 01). <http://www.science.ca/scientists/scientistprofile.php?pID=420&pg=0> adresinden alındı
- Anonim.** (2023a). <https://van.ktb.gov.tr/TR-90248/cografik-konumu.html> (Erişim Tarihi: 04.05.2023) adresinden alındı
- Anonim.** (2023b). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (Erişim Tarihi: 04.05.2023) adresinden alındı
- Anonim.** (2023c). https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocode_8:_Design_of_structures_for_earthquake_resistanc (Erişim:17.05.2023) adresinden alındı
- Anonim.** (2023ç). <https://insapedia.com/kivam-limitlerinin-belirlenmesi-likit-limit-plastik-limit-deneyle/> adresinden alındı
- Arslanoğlu, M., & Özçelik, M.** (28 Mart - 1 Nisan 2005). Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.** (30.04.2008). <http://rega.basbakanlik.gov.tr/Eskiler/2006/03/20060306-3-1.pdf> . Ankara: Başbakanlık Basımevi.
- Baykal, N., & Beyhan, T.** (2004). Bulanık mantık ilke ve temelleri. Ankara: Bıçaklar Kitabevi,182.
- Bilgi, S.** (2017). Haritanın Mekansal Bilgisinin Nicel Ölçme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- Boray, A.** (1975). Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması. *TJK Bült.*, 18/1, 81-84.
- Bowles, J. E.** (1996). *Foundation analysis and design 5th*. New York, USA: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Bozkurt, A., Endeş, H., & Kurtuluş, C.** (2013). JEOLJİK GÖZLEMLER, JEOFİZİK UYGULAMALAR VE JEOTEKNİK TESTLERLE YER ARAŞTIRMASI. *Uygulamalı Yer Bilimleri Sayı:1* , s. 10-30.
- Capper, P. L., & Cassie, W. F.** (1962). *The Mechanics of Engineering Soils*. E.&F, N. Spon Limited, England.
- Casagrande, A.** (1947). Classification and Identification of Soils. *Proc.Am.Soc.C.E.* 73 .
- Clayton, C. R.** (1995). The standard penetration test (SPT): methods and use. Construction Industry Research and Information Association.

- Çağlayan, M. A., İnal, R. N., Şengün, M., & Yurtsever, A.** (1983). Structural setting of Bitlis Massif: Tekeli O. ve Göncüoğlu, C. ed. Geology of the Taurus belt da., International Symposium, 245-254.
- Çiçekel, A.** (2019). Van ili Tuşba İlçesinin Yerleşime Uygunluğunun Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Sorgulanması. *Yüksek Lisans Tezi*. Van: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendiliği Anabilim Dalı.
- Demirtaş, O.** (2022). Mapping geotechnical data by GIS: a case study of Elazığ city, Turkey. *M.Sc. Thesis in civil engineering*. Gaziantep: Hasan Kalyoncu University, Graduate Education Institute.
- Demirtaşlı, E., & Pisoni, C.** (1965). Ahlat-Adilcevaz bölgesinin jeolojisi (Van Gölü kuzeyi). Ankara: MTA Derg., 64, 22-36, .
- Dewey, J. F., Hempton, M., Kidd, W., Saroğlu, F., & Şengör, A.** (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia: a young collision zone. In: Coward, M.P., Ries, A.C. (Eds.) Collision Tectonics. s. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 19: 3-36.
- Dong, P.** (2005). Development of a GIS/GPS-based emergency response system. *Geomatica*, 59(4), 427-433.
- Douglas, D. J.** (1983). "The Standart Penetration Test" In-Situ Testing For Geotechnical Investigations. Sydney, Australia: A.A. Belkama, say: 21-32.
- Elmastaş, N., & Yılmaz, S.** (2015). *Van İlindeki Göçler*. Ankara: Electronic Turkish Studies Volume 10/10 Summer, p.403-428.
- Erol, A. O., & Çekinmez, Z.** (2014). *Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri*. Ankara: Yüksel Proje Yayınları.
- FHWA.** (2002b). NHI-01-31. *Surface Investigations (Geotechnical Site Characterization)*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Fletcher, G. F.** (1965). Standard penetration test: its uses and abuses. *Journal of the Mechanics and Foundations Division*, 91(4), 67-75.
- Girvan, J., & Apple, E.** (2006). Somerset county, New Jersey, developing a county enterprise GIS. *Arcnews Spring*, 28(1), 34.
- Göncüoğlu, M. C., & Turhan, N.** (1983). Geology of the Bitlis metamorphic belt: Tekeli, O. ve Göncüoğlu, C., eds. Geology of the Taurus belt da., International Symposium, 237-244.
- Gümrukçüoğlu, M.** (2003). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ders Kitabı. Sakarya Üniversitesi.
- Günok, E., & Pınar, A.** (2009). Coğrafi Bilgi Sistemi CBS Metodolojisinin Sorgun Çayı Havzası Fiziki Coğrafyasına Uygulanması. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (22), 203-217.
- Güzel, M.** (2009). Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı (Kuzey Adana Örneği). *Doktora Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Haala, N., Brenner, C., & Anders, K.** (1998). 3D urban gis from laser altimeter and 2D map data. Columbus, Ohio, USA.: Proceedings of ISPRS Commission III Symposium "Object Recognition and Scene Classification from Multispatial and Multisensor Pixels.
- Halaç, B.** (2016). Deprem Yönetmeliklerindeki Zemin Sınıflandırma Kriterlerinin Zemin Büyütme Açısından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hellawell, E., Lamont-Black, J., Kemp, A., & Hugles, S.** (2001). GIS as a tool in geotechnical engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering*, 149(2), 85-93.

- Işık, A., Ünsal, N., Gürbüz, A., & Şişman, E.** (2016). Fethiye yerleşim alanındaki zeminlerin spt ve kayma dalga hızı verileriyle sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(4), 1027-1037.
- Kadhim, K. N., & Al-Abody, A.** (2015). The geotechnical maps for bearing capacity by using GIS and quality of ground water for Al-Imam District (Babil-Iraq). *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 6(10), 176-184.
- Kadirioğlu, F. T., Kartal, R. F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T. Y., Eroğlu Azak, T., . . . Emre, Ö.** (2016). An improved earthquake catalogue (M[4.0] for Turkey and its near vicinity. *Bull Earthq Eng* (accepted).
- Karabaş, B.** (2019). Use Of Geographic Information System For Evaluating The Some Geotechnical Properties In Malatya, Turkey. *M.Sc. Thesis In Civil Engineering*. Gaziantep: Hasan Kalyoncu University, Graduate Education Institute.
- Kate, G. K., Parlikar, A. S., & Nayak, C. B.** (2021). Application of GIS for Study of Geotechnical Properties of Baramati Area, India. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES) Volume 9 Issue 8 2021 PP. 88-94.*
- Keçeli, A.** (1990). The determination of the dynamic permissible bearing capacity and Settlement by means of the seismic method. *Jeofizik* 4(2): 83-92.
- Keçeli, A., & Cevher, M.** (2018). Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi. *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi Cilt:17, No:2(203-224).*
- Ketin, İ.** (1977). *Genel Jeoloji*. İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası.
- Ketin, İ.** (1977a). Van Gölü ile İran Sınırı Arasındaki Bölgede Yapılan Jeoloji Gözlemlerinin Sonuçları Hakkında Kısa Bir Açıklama. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, c. 20, 79–85.
- Khan, F., Das, B., Mishra, S., & Awasthy, M.** (2022). A review on the feasibility and application of geospatial techniques in geotechnical engineering field. *Materials Today: Proceedings*, 49, 311-319.
- Khatrı, S., & Suman, S.** (2019). Mapping of soil geotechnical properties using gis. *Geotechnical and Geo-Environmental Engineering (ICGGE-2019, Prayagraj, India).*
- Kıyak, A.** (2008). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak adapazarı ilinin micro zemin parametre haritalarının çıkarılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adarnia, S., & Kuloshvili, S.** (2001). Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to. *s. Geodinamica Acta*, 14: 177-195.
- Koeri.** (2023). *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Merkezi (KOERI)*. KOERI DB search (boun.edu.tr). (Erişim tarihi: 14.05.2023) adresinden alındı
- Köktürk, E.** (2003). Coğrafi bilgi sistemi (CBS) ne değildir. *TUJK Bilimsel Toplantısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, 55, 68.
- Köse, O., & Özkaymak, Ç.** (2002). Van Şehri Kuzeyi Genç Göl Çökellerinde Aktif Tektonik Bulgular. *ATAG-6 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu Altıncı Toplantısı)*. Ankara: Bildiri Özleri Kitabı, s.64-65, MTA Genel Müdürlüğü.
- Kramer, S. L.** (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey, USA: ISBN 0-13-374943-6.
- Kulhway, F. H., & Mayne, P.** (1990). *Manual on estimating soil properties for foundation design*. Electric Power Institute.
- Kumbasar, V., & Kip, F.** (1972). *Zemin Mekaniği Problemleri*. İstanbul: Çağlayan Basımevi.

- Kunapo, J., Dasari, G., Phoon, K., & Tan, T.** (2005). Development of a Web-GIS based geotechnical information system. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 19(3), 323-327.
- Kurnaz, T. F.** (2011). İstanbul Esenler zeminlerinin coğrafi bilgi sistemleri (CSB) tabanlı geoteknik mikrobölgelemesi. *Doktora Tezi*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/handle/20.500.12619/76440>.
- Mamdani, E., & Assilina, S.** (1975). An experiment in linguistic synthesis with fuzzy logic controller. *Inter J. Of Man- Machine Studies*, 7(1), 1-13.
- Marx, C.** (1992). Applications of earthquake hazard maps to land-use planning and regulations in Seattle. Seattle Planning Department, 25 p.
- Meyerhof, G.** (1974). Ultimate Bearing Capacity of Footings on Sand Layer Overlying Clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 11, 223-229.
- Moreno, J. M., Alonso, J., & O'Kelly, B. C.** (2021). Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity. *Applied Clay Science*.
- NAVFAC.** (1982). Soil Mechanics: Design Manual 7.1, Manual No. NAVFAC DM-7, U.S. Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, VA.
- NAVFAC.** (1982). Soil Mechanics: Design Manuel 7.1. *Manuel No. NAVFAC dm-7, U.S. Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, VA.*
- Nixon, I. K.** (1982). Standard penetration test: State of the report. *Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing*, s. 3-21.
- Orhan, M., Özer, M., & Işık, N.** (2013). *Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Öncül, N.** (2016). Jeofizik ve Geoteknik Metotlarla Çamlıtepe Mahallesi(Batman) Zemininin Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Batman: Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özaydın, K.** (2016). *Zemin Mekaniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Özkan, O. S.** (2015). Susurluk ilçe merkezi (Balıkesir) yerleşim alanı zeminlerinin jeomühendislik özelliklerinin CBS ile değerlendirilmesi . *Master's thesis*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Perinçek, D.** (1980). Bitlis metamorfitlelerinde volkanitli Triyas. *TJK Bült.*, 23/2, 201-211.
- Perinçek, D., & Özkaya, I.** (1981). Arabistan levhası kuzey kenan tektonik evrimi. s. *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- Player, R. S.** (2006). Geographic information system (GIS) use in geotechnical engineering. In *GeoCongress 2006:Geotechnical engineering in the information technology age* (pp. 1-6).
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. P., & Chung, R. M.** (1985). Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, . *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 111(12), 1425-1445.
- Sezer, L. İ.** (2010). Van Yöresinin Depremselliği. *İzmir: Ege Coğrafya Dergisi*, 19/1, 67-84,.
- Sharma, Y., Purohit, D. M., & Sharma, S.** (2017). Applicability aspects of geoinformatics in geotechnical engineering. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 6, 71-75.
- Sivrikaya, O., & Toğrol, E.** (2019). *Örnek Problemlerle Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Skempton, A. W.** (1986). "Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation". *Geotechnique*, 36(3): 425-447.

- Sun, C. G.** (2012). Applications of a GIS-based geotechnical tool to assess spatial earthquake hazards in an urban area. *Environmental Earth Sciences*, 65, 1987-2001.
- Şaroğlu, F., & Güner, Y.** (1981). Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *TJK Bült.* 24, 39-50.
- Şaroğlu, F., & Yılmaz, Y.** (1984). *Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili magmatizması*. Ketin Simpozyumu bildirileri,.
- Şengör, A., & Kidd, W.** (1979). Postcollisional tectonics of the Turkish Iranian plateau and a comparison with Tibet. s. *Tectonophysics*, 55(3-4):361-376.
- Şengör, A., & Yılmaz, Y.** (1981). *Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach*. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- TBDY.** (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Resmi Gazete, Sayı: 30364.
- Terzaghi, K., & Peck, R.** (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: 2nd Edition, John Wiley,.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B.** (1948). *Soil mechanics Engineering Practice*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Tezcan, S., Keçeli, A., & Özdemir, Z.** (2010). Seismic technique to determine the allowable bearing pressure for shallow foundations in Soils and Rocks. *Tübvav Science Journal*, 3 (1), 1-10.
- Uyguçgil, H.** (2016). Coğrafi bilgi sistemlerine giriş. *Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 3162*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Uzuner, B. A.** (2006). *Temel Mühendisliğine Giriş*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- Uzuner, B. A.** (2020). *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- Van 2021 Çevre Durum Raporu.** (2022). Van İli 2021 Yılı Çevre Durum Raporu. Van: Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi ve Denetimi Şube Müdürlüğü.
- Wan-Mohamad, W., & Abdul-Ghani, A.** (2011). The use of geographic information system (GIS) for geotechnical data processing and presentation. *Procedia Engineering*, 20, 397-406.
- Wylie, B., Shaffer, M., Brodahl, M., Dubois, D., & Wagner, D.** (1994). Predicting spatial distributions of nitrate leaching in northeastern Colorado. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(3), 288-293.
- Yalçınkaya, E.** (2002). Zemin Özelliklerinin Deprem Yer Hareketine Etkisi: 1 Ekim 1995 Dinar ve 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depremi örnekleri. *Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yılmaz, S.** (2014). Van İlindeki Nüfus Hareketleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, Y., Dilek, Y., & Işık, H.** (1981). , Gevaş (Van) ofiyolitinin jeolojisi ve sinkinematik bir makaslama zonu:. *TJK Bült.*, 24/1, 37-44.
- Youd, T. L., & Idriss, I. M.** (1997). Summary Report, Proceedings of the NCEER workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils. NCEER 97-0022, Salt Lake City, Utah. December 1997.
- Zadeh, L.** (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, 338-353.
- Zor, E., Cevher, M., Mengüç, G., Soydabaş, M., Bilgiç, A., Ayan, E., & Özalaybey, S.** (2007). KOCAELİ İLİNDE ZEMİN SINIFLAMASI VE SİSMİK TEHLİKE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI . İstanbul: Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.



T.C.
VAN BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı

Sayı : E-29940607-622.01-100613
Konu : TEZ Çalışması İzni

20.03.2023

Sayın Oğuzhan GÖVERÇİLE

İlgi : 20.03.2023 tarihli ve sayılı yazınız

İlgi sayılı yazınızda; ilgili gerekli verilerin tez çalışmanızda kullanılması için gerekli izinlerin verilmesini talep etmekteyiz.

Söz konusu talebiniz doğrultusunda; gerekli verilerin kullanılmasında kurumumuzca herhangi bir sakınca yoktur.

Nihat ARPA
Genel Sekreter Yardımcısı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: +RMγPB-j Eb+qZ-MHWs5Q-A934UX-LzOuPQcJ Doğrulama Linki: <https://www.turkiye.gov.tr/icisleri-belediye-ebvx>

Seyit Fehim Arvasi Mahallesi Özdemirler Sok. No:5 İpekyolu Van
Telefon No: (432)444 44 65 Faks No: (432)216 20 08
e-Posta: info@vbb.bel.tr İnternet Adresi: <https://van.bel.tr/>
Kep Adresi: vanbuyuksehir@hs01.kep.tr

Bilgi için: Ozan CİNGÜ
Mühendis
Telefon No:



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :Oğuzhan GÖVERÇİLE

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :2013, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2013-2016 yılları arasında özel sektörde saha/kontrol mühendisliği, altyapı proje mühendisliği ve şantiye şefliği görevlerinde çalışmıştır.
- 2016 yılından itibaren kamuda mühendis olarak çalışmaktadır.