ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAZİLLİ (AYDIN) İLÇESİ KENT MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ ZEMİNLERİN JEOLOJİK VE JEOTEKNİK İNCELENMESİ

Hayrullah YÜREKLİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **19.07.2012**

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HAYRULLAH YÜREKLİ tarafından **YRD. DOÇ. DR. ÖZNUR KARACA** yönetiminde hazırlanan "**NAZİLLİ (AYDIN) İLÇESİ KENT MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ ZEMİNLERİN JEOLOJİK VE JEOTEKNİK İNCELENMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Celal TUNUSLUOĞLU

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 19/07/2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (ÇOMÜ-BAP) tarafından 2010/165 no'lu projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Hayrullah YÜREKLİ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen Havva AKI, Çalışmam da emeği geçen değerli hocam Arş. Gör. Mustafa AVCIOĞLU, Jeoloji Mühendisi Mehmet Ali YAVUZ, Sondör Cüneyt YAVUZ, sevgili arkadaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi Hasan Kerim YAVAŞ, , Jeoloji Yüksek Mühendisi Levent CAN, Güzin AKIN, Doğukan GÜLER ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayrullah YÜREKLİ

SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

SPT: Standart Penetrasyon Deneyi

CPT: Konik Penetrasyon Deneyi

FL: Güvenlik Sayısı

Vs: Sismik Kırılma

LI: Sıvılaşma Indeksi

CRR: Tekrarlı Dayanım Oranı

CSR: Tekrarlı Gerilme Oranı

MSF: Magnitüd Skala Faktörü

M: Magnitüd

YASS: Yeraltısuyu Seviyesi

SK: Sondaj Kuyusu

USCS: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi

Wn: Doğal Su İçeriği

γ: Birim hacim ağırlık

G: Çakıl

S: Kum

M: Silt

C: Kil

CL: Düşük Plastisiteli Kil

CH: Yüksek Plastisiteli Kil

e: Boşluk Oranı

c: Kohezyon

φ: İçsel Sürtünme Açısı

ÖZET

NAZİLLİ (AYDIN) İLÇESİ KENT MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ ZEMİNLERİN JEOLOJİK VE JEOTEKNİK İNCELENMESİNİ

Hayrullah YÜREKLİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

19/07/ 2012, 80

Bu çalışma, Nazilli (Aydın) ilçesi kent merkezi ve yakın çevresindeki zeminlerin jeolojik ve jeoteknik incelenmesini amaçlamaktadır.

Nazilli, 1. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yapılan literatür çalışmalarına göre, 1900 - 2006 yılları arasında Büyüklüğü 6'dan fazla olan depremlerin sayısı 4 olup, 1960 yılına kadar her 20 yıllık periyotta en az bir tane büyük deprem meydana gelmiştir.

Çalışma alanında, zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla 110 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlar sırasında her 1.50 m'de bir SPT yapılmıştır. Uygun olan ortamlardan UD örnek alıcıları yardımıyla örselenmemiş örnekler alınmıştır. Zeminlerin fiziko - mekanik parametrelerini belirlenmeye yönelik laboratuar deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak q_u değerlerinin 0.90 ile 1.01 kg/cm^2 arasında; c_u değerlerinin 0.45 ile 0.51 kg/cm^2 arasında, içsel sürtünme açılarının 24^0 ile 32^0 arasında değiştiği görülmüştür.

Tez kapsamında, yeraltısuyu seviyesini belirlemek için sondaj kuyularından ölçümler yapılmış olup yeraltısuyunun yüzeyden derinliğinin 1 m ile 18 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu ölçümlere göre yeraltısuyu yüzeyden derinlik ve yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır.

Arazide yapılan sondajlardan elde edilen SPT-N değerlerinin düzeltilmesi ile belirlenen SPT-$(N1)_{60}$ değerlerinden yararlanılarak, sıvılaşma analizi yapılarak sıvılaşma potansiyeli haritası hazırlanmıştır. Zeminlerin sıvılaşma potansiyeli indeksi belirlenmiş olup sıvılaşma potansiyeli indeksi haritası hazırlanmıştır. Bu haritalara göre Nazilli yerleşim alanının büyük bir çoğunluğu sıvılaşma riski ile karşı karşıyadır.

Anahtar sözcükler: Nazilli, Jeoteknik, Sıvılaşma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).

ABSTRACT

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF SOIL IN NAZILL CITY CENTER AND NEAR SURROUNDINGS

Hayrullah YÜREKLİ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Geological Engineering Thessis of Master Science

Advisor: Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

19/07/2012, 80

This study is aimed to geological and geotechnical investigation of soil in Nazilli settlement area and near surroundings. Nazilli is located in first degree earthquake zone.

According to the literary works done so far, between 1900-2006, the number of earthquakes happened ($M \geq 6$) in that area is four and by 1960, at last one destructive earthquake has occurred every 20 years.

In the study area, 110 drillings have been conducted to determine the engineering properties of the soils. During the drillings, every 1.5 meter, a SPT has been conducted. From the convenient places, undisturbed samples have been taken by the help of UD sample obtainers Laboratory experiments have been done to determine the physico-mechanical parameters of the soils. As a result, q_u values have been investigated between 0.90-1.01 kg/cm^2, c_u values have been found between 0.45-0.51 kg/cm^2, the inner angles of friction have been changed between 24-32 degrees.

Groundwater level was measured from the drillings. Groundwater depth changes between 1-18 meters. Based on these measurements groundwater level and depth to groundwater maps were prepared.

Liquefaction analysis has been done using connected SPT(N1)60 values and liquefaction potential map was prepared. Furthermore, liquefaction potential index was defined and liquefaction potential index map also prepared using ArcGIS 9.3.1. version. Based on these maps the majority of settlement area in Nazilli has liquefaction risk in a possible earthquake.

Key Words: *Nazilli, Ggeotechnical, Liquefaction, Geographical Information Systems(GIS).*

İÇERİK

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafi konumu ve Morfolojik durumu 2
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM 11
3.1. Materyal 11
3.2. Yöntem 11
3.2.1. Mekanik Sondajlar 12
3.2.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) 12
3.2.3. Zemin Sıvılaşma Analizi 12
3.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri 12
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 13
4.1. Genel Jeoloji 13
4.1.1. Asartepe Formasyonu (Tpa) 15
4.1.2. Taraça (Seki) Çökelleri (Qt) 16
4.1.3. Alüvyal yelpaze çökelleri (Qaly) 18
4.1.4. Taşkın ovası bataklık çökelleri (Qtb) 19
4.2. Yapısal Jeoloji 19
4.2.1. Tektonik 19
4.2.2. Depremsellik 21
4.2.2.1. Bölgede Tarihsel Dönemde Olmuş Hasar Yapıcı Depremler 22
4.2.2.2. Bölgede Aletsel Dönemde Olmuş Hasar Yapıcı Depremler 24
4.3. Hidrojeoloji 25

4.3.1. Yeraltısuyu seviye haritası 26
4.3.2. Yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası 26
4.4. Mühendislik Jeolojisi 29
4.4.1. Jeoteknik amaçlı sondajlar 29
4.4.1.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT) 34
4.4.2. Jeoteknik amaçlı laboratuar deneyleri 38
4.4.2.1 Zeminlerin fiziksel özellikleri 39
4.4.2.1.1. Su muhtevası ve doğal-kuru birim hacim ağırlık deneyleri 39
4.4.2.1.2. Zeminlerin Sınıflandırılması 50
4.4.2.2. Zeminlerin Mekanik Özellikleri 53
4.5. Eğim Durumu 57
4.6. Sıvılaşma 58
4.6.1. Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi 61
4.6.1.1. Tekrarlı Gerilme Oranı (CSR)'nın belirlenmesi 61
4.6.1.2. Tekrarlı Dayanım Oranı (CRR)'nın belirlenmesi 62
4.6.1.3. Deprem Büyüklüğü Ölçek Faktörü (MSF) 64
4.6.1.4. Güvenlik Katsayısı (FL) 64
4.6.2. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi 68
BÖLÜM 5- SONUÇLAR VE ÖNERİLER 73
KAYNAKLAR 76
Çizelgeler I
Şekiller II
Özgeçmiş IV

BÖLÜM 1
GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Kentlerde meydana gelebilecek olası depremler ve doğal afetler birçok insanın hayatını kaybetmesine yol açacağı gibi milyonlarca liralık zarara da neden olabilmektedir. Hızlı bir şekilde genişleyen kentlerimizde gerek altyapı çalışmaları, gerek şehir planlaması ve gerekse inşa edilen yapılar için jeoteknik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Türkiye, dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır. Bu yüzden Türkiye deprem riski açısından son derece önemli bir ülkedir. Çalışma alanı, Aydın iline bağlı Nazilli ilçesi olup, birinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. 2011 nüfus sayımına göre Nazilli ilçesinde yaklaşık 161.000 kişi yaşamaktadır. Nazilli ve çevresinde tarihsel ve aletsel dönemlerde büyüklüğü 6 ve üzerinde olan depremler meydana gelmiştir. 1744 yılında meydana gelen Nazilli merkezli 6.2 büyüklüğündeki deprem, Nazilli ve Denizli'de 1600 kişinin ölümüne ve büyük yapı hasarlarına neden olmuştur. Ayrıca 20 Eylül 1899 yılında meydana gelen 6.9 büyüklüğünde olduğu tahmin edilen bir depremle 1117 kişi hayatını kaybetmiştir (Anonim 1). Böyle bir olayın tekrarlanmaması amacıyla yerleşim yerlerinde ayrıntılı jeoteknik çalışmaların yapılıp bunların sonuçlarına göre mevcut yapıların güvenliğinin tartışılması ve yeni yerleşim yerleri için arazi kullanımının sağlıklı yönlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Nazilli belediyesinin imar sınırları içinde kalan 4000 hektarlık bir alanın jeolojik-jeoteknik çalışmalarının yapılması ve yerleşim alanları için zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesidir.

Bu kapsamda, öncelikle çalışma alanında önceki çalışmalar göz önünde bulundurularak genel jeoloji haritası hazırlanmıştır. Zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, çalışma sahasında mekanik sondajlar ve bu sondajlar sırasında SPT yapılmıştır. Sondajlar sırasında, örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınarak laboratuarda, zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler (su muhtevası, dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, birim hacim ağırlık, kesme kutusu, serbest basınç deneyleri) yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler yardımıyla çalışma alanının eğim haritası, yeraltı suyu seviye ve yeraltı suyu yüzeyden derinlik haritaları ile sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşma indeksi haritaları hazırlanmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Morfolojik Durumu

Çalışma alanı, Aydın iline bağlı Nazilli ilçe merkezidir (Şekil 1.1). Nazilli doğuda Kuyucak, batıda Sultanhisar, güneybatıda Yenipazar, kuzeydoğuda Manisa'nın Alaşehir ilçesi, güneyinde Bozdoğan, güneydoğusunda ise Karacasu ilçeleriyle çevrilidir. İlçenin yüzölçümü toplamı 644 km^2'dir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

İlçe sınırları içinden doğarak Büyük Menderes ırmağına dökülen ve bu ırmağı besleyen İsabeyli Deresi, Dallıca-Gereniz Çayı, Dereköy Çayı ve Mergen Çayları başlıca akarsu kaynaklarıdır.

Nazilli'nin kuzeydoğusundaki Çamlık Dağı 1732 m, güneydoğusundaki Karıncalı Dağ 1705 m, güneyindeki Madran Dağı 1792 m, yükseklikleri ile bu bölgedeki en yüksek noktalardır.

Nazilli, Aydın-Denizli karayolu, İzmir-Afyon demiryolu üzerinde, Aydın'a 47 km uzaklıktadır. Kentin kuruluş yerini belirlemiş olan en önemli etkenler sahip olduğu ulaşım kolaylıkları, verimli tarım arazisi ile yerleşmeye uygun topografik yapısıdır. Kent planı kuzey-güney doğrultusunda bir elips şeklindedir. Ancak son yıllarda şehir doğu-batı yönünde gelişme göstermektedir. Verimli tarım arazilerinin imara açılmaması şehrin Menderes Nehri yönüne genişlemesini engellemektedir. Yukarı Nazilli'de genişleyen bu elips Aşağı Nazilli'de daralma gösterir. Bu elipsi İzmir - Aydın - Denizli kara ve demiryolu doğu-batı yönünde enlemesine keser.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Nazilli (Aydın) ilçesinde genellikle bölgenin genel jeolojisi ve tektoniği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Mühendislik jeolojisi kapsamında Nazilli ilçesi için özellikle bir çalışma olmayıp, araştırmalar sadece parsel bazında yapılan etüdlerle sınırlı kalmıştır. Tez konusuyla ilgili ulusal ve uluslar arası düzeyde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Erdik ve ark. (2000)'na göre, ihtiyaçların giderek arttığı ve çeşitlendiği günümüzde, kaynakların üzerinde büyük bir baskı oluşmaktadır. Bu baskının etkisiyle ortaya çıkan yanlış planlama, doğal afetler sırasında kentlerde bazı problemlerle karşılaşılmasına neden olmaktadır. Dünyada yılda ortalama 700 adet hasar yaratıcı deprem meydana gelmektedir. Kentsel bölgelerde meydana gelen depremler en yıkıcı doğal afetler arasında yer almaktadır. 1923 Kanto (Japonya) depreminde 140,000 ve 1976 Tangshan (Çin) depreminde 240,000 insan hayatını kaybetmiş, 1995 Kobe (Japonya) depreminde meydana gelen toplam kayıplar ise 200 milyar USD aşmıştır. Bu tutar Türkiye'nin gayri safi milli gelirine yakındır.

Uyanık (2002) çalışmasında, kayma dalga hız ölçümleri ve deprem dalgasının hakim periyodu kullanılarak sıvılaşmayı oluşturan devir gerilme oranı tespit edilmiştir. Bu oran ile H.B. Seed ve I.M. Idriss tarafından geliştirilen oran arasında iyi bir uyum olduğu gösterilmiştir. Ayrıca R. Dobry tarafından önerilen devir kayma deformasyonu için devir gerilme oran değeri ile kayma dalga hızı arasında ampirik bir ilişkinin uygulanması sonucunda sıvılaşma direnç eğrileri oluşturulmuştur. Devir gerilme oranı, kayma dalga hızı ve sıvılaşma direnç eğrilerinden oluşan bu yöntem penetrasyona bağlı yöntemin genel şeklini izlemektedir. Önerilen yöntem, temiz ince kumdan, kumlu çakıla ve siltli kil tabakalarını içeren zeminlerde farklı araştırmacılar tarafından 24 deprem ve alınan saha ölçüm verileri ile doğrulanmıştır. Bu yöntem sıvılaşmanın gözlendiği saha çalışmaları neticesinde sıvılaşma potansiyelini %98 doğrulukla tahmin etmektedir. Bunun dışında Youd ile birlikte 21 araştırmacı tarafından önerilen standart penetrasyon darbe sayısına bağlı potansiyel sıvılaşma analiz sonuçları ile uyumlu olduğu gösterilmiştir.

Koca ve Kıncal (2003), çalışmalarında, Armutalanı beldesinin yerleşimi için uygun, önemli ve uygun olmayan alanlarının sınırlarını belirlemişlerdir. Bu amaca yönelik olarak, inceleme alanının 20 paftalık 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca, jeoteknik sondajlardan elde edilen Standart Penetrasyon Test (SPT) verileri sıvılaşma riski değerlendirilmeleri ve taşıma gücü hesapları için kullanılmıştır. Diğer

yandan, kütle hareketi potansiyeli taşıyan ve yüksek topoğrafik eğim değerine sahip alanlar (α > %36) belirlenmiş ve mühendislik jeolojisi haritaları üzerine işaretlenmiştir. Bu çalışmalar üzerine, uygun/uygun olmayan ve önlemli alanların değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda, Armutalan yerleşim alanı yerleşime uygunluk açısından üç bölgeye ayrılmıştır.

Sivrikaya ve Toğrol (2003), çalışmalarında, düzeltme faktörlerini belirlemek amacıyla Türkiye'de SPT'nin uygulaması ve deneyde kullanılan aletleri içeren geniş kapsamlı anket çalışmaları yapmışlardır. SPT-N ile serbest basınç mukavemeti (q_u) arasında korelasyonlar araştırılmış, daha önceki çalışmalarla karşılaştırılması ve Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yapılan birçok zemin araştırmasından elde edilen veriler üzerinde düzeltmelerin etkisinin kontrolü yapılmıştır. SPT kullanarak, q_u gibi ince daneli zeminlerin mühendislik özelliğinin büyük bir doğrulukla belirlenebileceğini göstermişlerdir.

Sönmez (2003), çalışmasında, İnegöl (Türkiye) yerleşim alanının, sıvılaşma potansiyeli indeksini modifiye ederek sıvılaşma duyarlılık haritasını hazırlamıştır. Bu çalışmada sıvılaşma şiddetini belirlemek için " Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi" önerilmiştir. Fakat bu indeks " Hangi alanlar sıvılaşamaz? " sorusuna cevap verememektedir. Sıvılaşma potansiyeli indeksi, sıvılaşma potansiyel kategorileri dikkate alınarak modifiye edilmiştir. Düşük kategorisi kategoriden çıkartılıp, "moderate" ve "sıvılaşamaz" dâhil edilmiştir.

Erdoğan ve Güngör (2004), Bafa Gölü çevresindeki Menderes Masifi metamorfitlerini, en altta mermer mercekleri içeren Mesozoyik yaşlı mikaşistler ve üste doğru dereceli bir kuşak boyunca Mesozoyik karbonatlar şeklinde belirtmektedirler. Gnaysik granitler, alttaki Mesozoyik metakırıntılıları intrüzif bir dokanakla kesmekte ve granitler içerisinde mikaşist anklavları yer almaktadır.

Kıncal (2004), çalışmasında, İzmir iç körfezi çevresinde yer alan birimleri coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirmiştir. Bu çalışma kapsamında, İzmir Büyükşehir Belediyesi il sınırları içerisinde yeralan 1/25.000 ölçekli L18-a2 topoğrafik haritası içerisindeki, 1/1.000 ölçekten 1/5.000 ölçeğine küçültülerek hazırlanmış, 25 paftalık alanda yerleşim açısından riskli olabilecek bölgeler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu incelemelerin ışığında çalışma alanına ait arazi kullanım haritası (land-use map) elde edilmiştir.

Çobanoğlu (2005), çalışmasında, Adana ili için oluşturulmuş jeoteknik verileri ve değerlendirmeleri içeren kent bilgi sisteminin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Adana ili yerleşim alanı farklı litolojilere sahip 4 birim üzerinde kurulu bulunmaktadır. Handere Formasyonu inceleme alanı içerisinde CH, MH, CL, ML türü ince taneli zeminlerden oluşan en yaşlı birimdir. Taraça çökelleri gevşek ve sıkı tutturulmuş olmak üzere 2 ayrı özellik sunmaktadır. Gevşek tutturulmuş taraça, zemin özelliği göstermekte olup GW, GP zemin grubu ile temsil edilmektedir. Sıkı tutturulmuş taraça ise tek eksenli basma dayanımına göre çok düşük kaya grubunda yer almaktadır. Yumuşak kaliş büyük çoğunluğu CH olan zemin özelliği gösterirken sert kaliş çok düşük dayanımlı kaya özelliği göstermektedir. Alüvyon çökelleri en eski yapılaşmanın üzerinde geliştiği bir birimdir ve 1998 Ceyhan depreminde de yapısal hasarların en fazla olduğu zemin türlerini içermektedir. Yapılan sondajlar, sismik ve özdirenç çalışmaları ile elde edilen veriler Adana ili alüvyonlar içerisinde CH ve CL türü ince taneli taşkın ovası çökellerinin yaygın olduğunu ortaya koymuştur. Taşıma gücü değerlendirmeleri açısından taraça ve Handere Kili problem göstermemektedir. Kaliş ve alüvyon çökelleri ise anlamda daha kritik değerler vermektedir. Bu çalışma ile elde edilen veriler gerçek koordinat sisteminde hazırlanmış topoğrafik haritalara işlemiş ve her nokta için temel jeoteknik bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu amaçla Arcview 3.3 programı kullanılmıştır. Sayısal verilerin lineer enterpolasyonla değerlendirilmesi amacıyla da Spatial Analyst 2.0 bilgisayar programından yararlanılmıştır. Verilerin kullanılmasıyla incelenen bölge için eş SPT-N, eş özdirenç, eş zemin büyütmesi, eş kayma dalgası hızı, eş taşıma gücü haritaları oluşturulmuştur.

Altunel ve ark. (2006)'na göre, Batı Anadolu' nun en önemli aktif yapılarından biri olan Büyük Menderes Grabeni, tarihsel dönemlerden bu yana Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi arasındaki en önemli geçiş güzergâhlarından biridir. Bunun sonucu olarak graben boyunca hem tarihsel devirlerde hem de günümüzde önemli yerleşim yerleri kurulmuştur. Bu yerleşim yerleri arasındaki bağlantıyı sağlamak için de ana ve yan yollar kullanılmıştır. Büyük Menderes grabenini sınırlayan faylar üzerinde tarihsel dönemlerde ve yakın geçmişte büyük depremler meydana gelmiştir. Bu depremler sırasında gelişen yüzey kırıkları, graben boyunca yer alan tarihsel yapılarda ve doğal yapılarda izler bırakmış ve ötelenmelere neden olmuştur.

Eravcı (2006), çalışmasında, Batı Anadolu Genişleme Sistemi'nde bulunan Büyük Menderes Grabeni'ndeki Türkiye'nin deprem riski açısından birinci derece önemli alanlarından Aydın ve Denizli illerinde ve yakın çevrelerinde paleosismoloji çalışmaları

yapmıştır. Geçmişte olmuş ve Aydın - Denizli illerini etkilemiş büyük depremler incelenmiş ve bu çalışmadan elde edilen bilgilerle depremleri oluşturan fay sistemlerinin yaşı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Uzun bir süredir depremsellik açısından sakin olan, bu yüzden sismik boşluk olarak nitelendirilen Aydın–Denizli arasına ve Denizli Havzası'na ait tarihsel ve aletsel depremler incelenmiş, bölgede üç adet hendek açılmıştır. I nolu hendekte (Pınardere-Aydın) K 76°D doğrultulu ve K 80 - 85° D doğrultulu olmak üzere iki farklı deprem izi tespit edilmiştir. II nolu hendekte (Muslucadere-Aydın) iki fay izi tespit edilmiştir. III-2 nolu hendekte (Kocadere-Denizli) K 55°B, 75°GB doğrultulu bir fay izi tespit edilmiştir. III-2 ye paralel açılan III-1'de de K 55° B, 70° GB doğrultulu bir fay tespit edilmiştir.

Sönmez (2006)'in çalışmasında, Kocaeli Körfezi'nin güney kesiminde yapılmış sondajlara ait veriler değerlendirilerek yapılan analizlerle sıvılaşma potansiyelinin belirlenip haritalanması ve bu haritada sıvılaşmaya yatkın olarak belirlenen alanların inceleme bölgesinde sıvılaşmanın meydana geldiği alanlarla karşılaştırılması, ayrıca sıvılaşmaya bağlı zemin deformasyonlarının yüzeyde gözlenebilirliğinin tahmini amacıyla kullanılan görgül yöntemin sınırlamalarını giderici bir yaklaşımla modifiye edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, inceleme alanında deprem öncesi ve sonrasında yapılmış jeoteknik çalışmalara ait veriler belirlenen ölçütler çerçevesinde derlenip bir veri tabanı oluşturulmuş, sıvılaşma analizleri yapılarak ve sıvılaşma şiddeti esas alınarak, alanın sıvılaşma potansiyeli haritası hazırlanmıştır.

Şişman (2006), çalışmasında, inceleme alanında Standart Penetrasyon Testi N darbe sayıları ve kayma dalga hızı ölçülerek sıvılaşma analizi yapılmış, sıvılaşma şiddeti indeksine göre sıvılaşma potansiyeli haritaları hazırlanmıştır. Yapılan çalışmalarda Fethiye yerleşim alanındaki güncel alüvyonda yüzeye yakın olduğu kesimlerde sıvılaşma olabileceği sonucuna varılmış ve alınabilecek önlemler belirlenmiştir.

Karaca (2007)'nın çalışması, Fethiye yerleşim alanında bulunan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hazırlanmasını kapsamaktadır. Öncelikle Fethiye ve çevresinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası, önceki çalışmalar, saha gözlemleri ve uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Fethiye yerleşim alanındaki alüvyon; heterojen bir yapı sunmakta olup kil, silt, kum ve çakıllı seviyeler ile bunların kombinasyonlarından oluşmaktadır. Yağışlı ve kurak olmak üzere iki dönem halinde yeraltısuyu seviye ölçümleri yapılarak yeraltısuyu seviye ve yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritaları hazırlanmıştır. Zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla arazide

mekanik sondajlar, konik penetrasyon testi ve jeofizik çalışmalar (düşey elektrik sondajı ve sismik kırılma) yapılmıştır. Ayrıca araziden alınan örnekler üzerinde laboratuar deneyleri yapılarak zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında bölgenin Mühendislik Jeolojisi haritası hazırlanmıştır. Youd ve ark. (2001)'ne göre sıvılaşma analizi yapılarak sıvılaşma potansiyeli haritası yapılmıştır.

Yönlü (2008), çalışmasında, fay zonu üzerinde meydana gelmiş büyük ve yıkıcı tarihsel depremlerin yüzey kırıkları üzerinde jeolojik ve morfolojik gözlemler yapılmış ve fay zonunun Germencik'ten Ege Denizi'ne kadar olan kesimi ayrıntılı haritalamıştır. Moralı köyü batısında yapılan paleosismoloji çalışmasında 3 farklı olaya karşılık gelen faylanmalar tespit edilmiştir. Ayrıca Söke yakınlarında bulunan bir taş ocağı yarmasının güncel alüvyonlarında 3 farklı depremin izleri belirlenmiştir.

Gürer ve ark. (2009)'na göre, Büyük Menderes Grabeni (BMG) çevresindeki, oblik ve normal fay sistemleri birbirinden bağımsız iki karmaşık tektonik olayı gösterir. İlk grup tektonizma, K-G sıkışma ve/veya transpresyon ile ilişkili D-B gerilme ile tanımlanır. Bu grup, Erken-Orta Miyosen havza oluşumlarını kontrol eden KB ve KD gidişli oblik fay sistemlerinin gelişiminden sorumludur. Erken-Orta Miyosen ve Pliyo- Kuvaterner istifleri arasında K-G sıkışma ile ilişkili kıvrımlanma, yükselme ve erozyon gelişmiştir. İkinci grup tektonik rejim, gerilmenin D-B dan K-G e değişmesi ile BMG'nin ilerleyen üç aşamalı deformasyonunu kontrol etmiştir.

Şahinalp (2009), Tatvan (Bitlis) yerleşkesinin jeolojik ve jeoteknik açıdan yerleşime uygunluk durumu; zemin sondajları ile laboratuar, arazi ve büro çalışmaları yaparak araştırmıştır. Çalışma alanında, Bitlis Masifi, Nemrut Dağı volkanitleri ve alüvyon birimlere ait kayaçlar yüzeylenmektedir. Açılan zemin sondajlarından alınan örneklerden yapılan tane boyu analizleri sonucunda, Tatvan yerleşim alanının büyük bir kısmı siltli kum (%70 SM) sınıfında yer almaktadır. Buna ek olarak analiz sonuçları, Van Gölü kıyısında yüzeyleyen siltli kum biriminde taşıma problemi ve sıvılaşma olabileceğini göstermektedir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanı ile ilgili çalışmalar, arazi, laboratuar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Materyal

Nazilli yerleşim alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, Erdem Yerbilimleri Limited Şirketi tarafından hazırlanan Aydın İli Nazilli İlçesi Yerleşim Alanının Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu kapsamında derinlikleri 11 m ile 25 m arasında değişen 110 adet mekanik sondaj yapılmıştır. Yapılan bu mekanik sondajlar sırasında her 1.5 metrede bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır.

Laboratuar çalışmaları, sondajlardan alınan SPT ve UD örnekleri üzerinde zeminin mühendislik parametrelerini belirlemeye yönelik TSE 17025 standartlarına sahip Erdem Yerbilimleri Zemin ve Kaya Mekaniği laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Örnekler üzerinde "su muhtevası, dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, birim hacim ağırlık, kesme kutusu, serbest basınç " deneyleri yapılmıştır.

Saha, laboratuar ve büro çalışmaları sırasında elde edilen verilere göre yapılan haritalar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde ArcGIS 9.3.1 versiyonu kullanılarak hazırlanmıştır.

3.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında aşağıdaki araştırma ve çalışmalar yapılmıştır:

- Mekanik sondajlar
- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
- Zemin Sıvılaşma Analizi
- Coğrafi Bilgi Sistemleri
    - Genel Jeoloji haritası
    - Eğim haritası
    - Sondaj lokasyon haritası
    - İmar haritası
    - Yeraltı suyu seviye ve yüzeyden derinlik haritaları

- Sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşma indeksi haritaları
- Mühendislik Jeolojisi haritası

Yukarıda belirtilen haritalar yapılarak veritabanları hazırlanmıştır.

3.2.1. Mekanik sondajlar

Nazilli ilçesi yerleşim alanı zeminlerinde birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimlerini, mühendislik özelliklerini ve jeoteknik parametrelerini saptamak amacıyla, derinlikleri 11 m ile 25 m arasında değişen 110 adet sondaj yapılmıştır. Çalışmada kullanılan sondaj makinesi, TS18-TS24 no'lu tam hidrolik auger ve sulu sisteme sahiptir. Sondaj makinesinin delik çapı 76 mm'dir.

3.2.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Mekanik sondajlar sırasında her 1,50 m'de Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılarak zeminlerin dayanım parametreleri, sıkılık ve kıvam özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve örselenmiş örnekler (SPT) alınmıştır. Deneyler sırasında SPT tüpü, 63,5 kg şahmerdanın 76 cm yükseklikten serbest düşmesi ile zemine 15 cm'lik kademeler halinde toplam 45 cm derine gömülmesi sırasında okunan darbe sayıları tespit edilmiştir. İlk 15 cm'lik ilerleme sondajın neden olduğu kuyu tabanındaki örselenme nedeni ile dikkate alınmamıştır.

3.2.3. Zemin sıvılaşma analizi

Birçok araştırmacı sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi amacıyla çeşitli yöntemler belirlemiştir. Bu çalışmada sıvılaşma potansiyeli, SPT verileri kullanılarak, Youd ve ark. (2001) tarafından güncelleştirilerek son haliyle sunulan yöntemle belirlenmiştir. Ayrıca Iwasaki ve ark. (1982)'nın belirttiği Sönmez (2003)'in de modifiye ettiği sıvılaşma indeksi belirlenmiştir. Çalışmada $(N_1)_{60}$ değerleri hesaplanmış ve sıvılaşma analizinde kullanılmıştır.

3.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

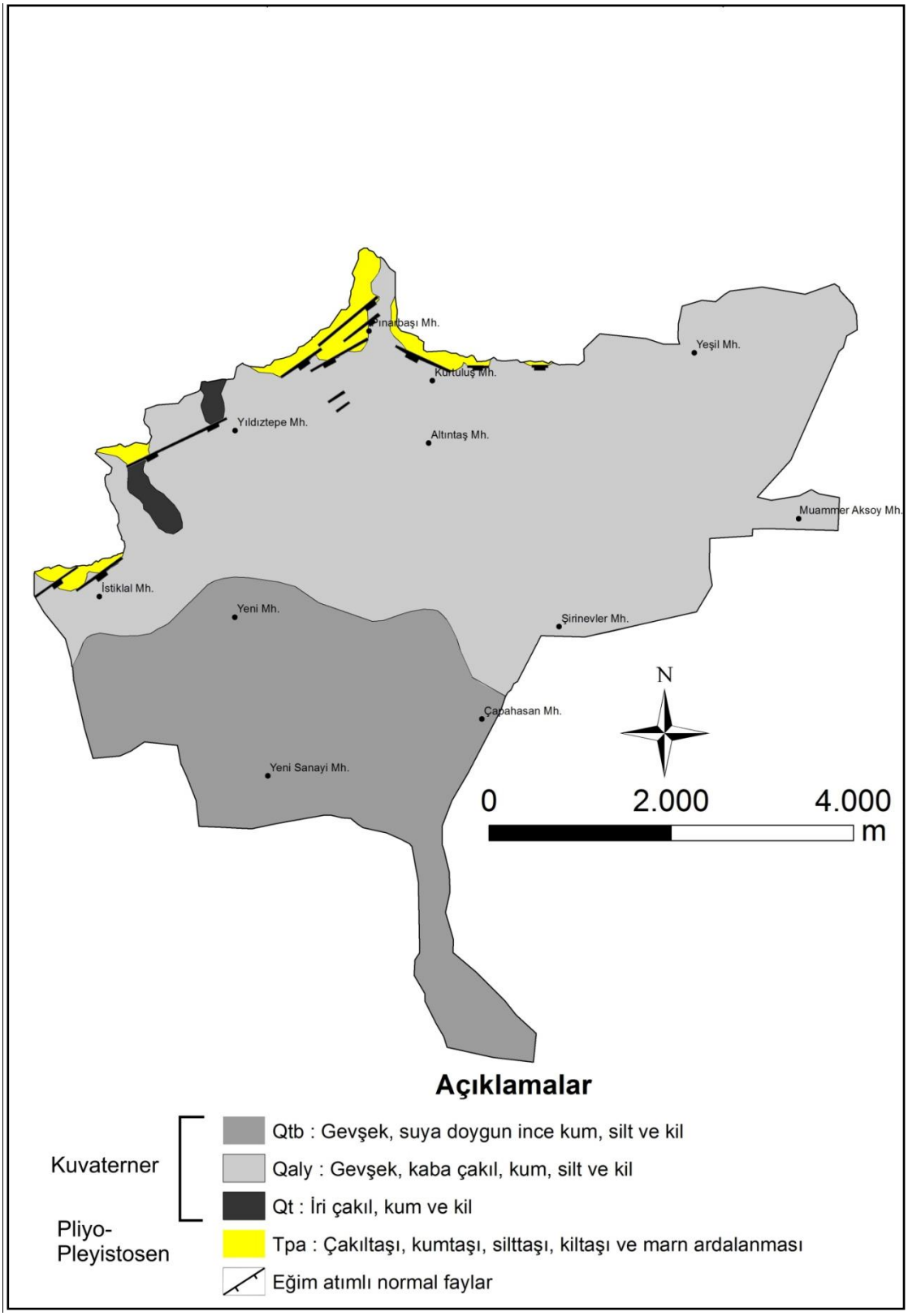
Tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen tüm haritalar CBS ortamında hazırlanarak veritabanları oluşturulmuştur. Bu haritalar; genel jeoloji haritası, eğim haritası, sondaj lokasyon haritası, imar haritası, yeraltı suyu seviye ve yüzeyden derinlik haritaları, sıvılaşma potansiyeli haritası, sıvılaşma indeksi haritası, mühendislik jeolojisi haritası olup ArcGIS 9.3.1 versiyonu kullanılarak hazırlanmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanı, Türkiye'nin Güneybatısında yer alan Aydın ili Nazilli ilçesi kent merkezidir. Bu tez kapsamında, çalışma alanı ve yakın çevresine ait jeoloji haritası Erdem Yerbilimleri Ltd. Şti. tarafından 2010 yılında "Aydın İli, Nazilli İlçesi Yerleşim Alanının 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu" ışığında hazırlanmıştır (Şekil 4.1). İnceleme alanında, az pekleşmiş ve düşük dayanımlı çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ve marn ardalanmasından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonu (Tpa), iri çakıl, kum ve killi birimlerden oluşan Kuvaterner yaşlı taraça (seki) çökelleri (Qt), gevşek, kaba çakıl, kum, silt ve killi birimlerden ibaret Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri (Qaly) ve gevşek, suya doygun ince kum, silt ve killi birimlerden oluşan Menderes Nehri'ne ait Holosen yaşlı taşkın ovası-bataklık çökelleri (Qtb) olmak üzere 4 ayrı birim ayırt edilmiştir (Yavuz, 2010).



Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Yavuz, 2010).

4.1.1. Asartepe Formasyonu (Tpa)

Çalışma alanının kuzey sınırına yakın tepelik alanlarda Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe Formasyonuna ait birimler yüzeylemektedir. Birim inceleme alanında Yıldıztepe, Pınarbaşı ve Arslanlı mahallelerinde gözlenmekte olup koyu kahve-açık sarı renkli çamurtaşı, çakıltaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 4.2). Formasyon ince-orta tabakalı, yer yer masif görünümlüdür. Çakıltaşlarına ait çakıllar blok ve iri çakıl boyutlarında olup, moloz akması şeklinde görünüm sunmaktadırlar (Yavuz, 2010). Çakıllar, Menderes metamorfitlerine ait kayaçlardan türemiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.2. İnceleme alanında yüzeyleyen Asartepe formasyonuna ait birimlerden görünümler (a,b) (Yavuz, 2010).

4.1.2. Taraça (Seki) Çökelleri (Qt)

Tepelik alanlara yakın kesimlerde genellikle kaba çakıl ve kumlar; yelpazenin uzak kesimlerinde ise ince kum, silt ve killi birimler egemen olarak gözlenmektedir. Toplu Konut Alanı'nda açılan temel kazısında sık sık yatay ve düşey yönde geçiş gösteren çakıl ve killi birimler tipik olarak gözlenmektedir. İnceleme alanında, Hamalı ve Kuru Dereleri, Dereköy Çayı yatakları boyunca, vadilerin her iki tarafında askıda kalmış Kuvaterner yaşlı taraça çökelleri yer almaktadır. Özellikle Hamalı deresi boyunca taraça çökelleri çok belirgin olarak izlenmektedir. Birim genellikle iyi derecelenmiş çakıl seviyelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.3) (Yavuz, 2010).



(a)



(b)

Şekil 4.3. İnceleme alanında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı taraça çökellerinden görünümler (a,b) (Yavuz, 2010).

4.1.3. Alüvyal yelpaze çökelleri (Qaly)

Nazilli yerleşim alanında, Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri geniş bir alanda dağılım gösterir. İnceleme alanında dağlık alanlardan ovaya boşalım yapan Hasköy, Hamalı, Kuru ve Mastavra dereleri ile Dereköy Çayı ve Mergen Çayı'nın ağızlarında yani ova düzlüklerinde büyük alüvyal yelpazeler gelişmiştir. Alüvyal yelpazeler düşey atımlı fayların etkisiyle de düşey yönde çökerek kalınlaşmıştır. Birim sık sık yatay ve düşey yönde geçiş gösteren kaba çakıl, kum, silt ve killi birimlerden oluşmaktadır (Şekil 4.4) (Yavuz, 2010).



(a)



(b)

Şekil 4.4. İnceleme alanında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı alüviyal yelpaze çökellerinden görünümler (a,b) (Yavuz, 2010).

4.1.4. Taşkın ovası bataklık çökelleri (Qtb)

İnceleme alanında Aydın-Denizli yolunun güneyi ile Büyük Menderes Nehri arasında kalan taşkın ovası düzlüklerinde, Holosen yaşlı taşkın ovası-bataklık çökelleri yaygın olarak izlenmektedir. Birim suya doygun ince taneli kum, silt ve killi birimlerden oluşmaktadır. Nazilli'nin güneyinde bulunan Yeni Sanayi Mahallesi, bu birimler üzerinde yer almaktadır (Yavuz, 2010).

4.2. Yapısal Jeoloji

Bu çalışma kapsamında yapısal jeoloji literatür kapsamında incelenmiş olup tektonik ve depremsellik olarak iki farklı başlık altında anlatılmıştır.

4.2.1. Tektonik

İnceleme alanının yer aldığı Nazilli ve çevresini kapsayan Ege Çöküntü Sistemi (EÇS), genel olarak D-B doğrultulu normal faylar ile sınırlandırılmış birçok bloklardan meydana gelmektedir (Demirtaş ve Yılmaz, 1996). Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı çöküntü alanları yer almaktadır.

Nazilli'nin de üzerinde yer aldığı, Batı Anadolu'da Büyük Menderes nehrinin içinde, doğuda Denizli ile batıda Ortaklar arasında D-B uzanımlı çöküntü alanı, Büyük Menderes grabeni olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu ve ark., 1987). Büyük Menderes grabeni çevresindeki, oblik ve normal fay sistemleri birbirinden bağımsız iki karmaşık tektonik olayı gösterir. İlk grup tektonizma, K-G sıkışma ve/veya transpresyon ile ilişkili D-B gerilme ile tanımlanır. İkinci grup tektonik rejim, gerilmenin D-B'dan K-G'e değişmesi ile Büyük Menderes grabeninin ilerleyen üç aşamalı deformasyonunu kontrol etmiştir (Gürer ve ark., 2009).

Büyük Menderes grabeni boyunca yapılan jeolojik ve morfolojik gözlemler, paleosismolojik ve arkeosismolojik çalışmalar, grabenin kuzey kenarı boyunca aktif faylanmaya ait veriler sunmaktadır (Altunel ve ark., 2006).

Yaklaşık uzunluğu 150 km olan grabenin kuzey ve güney kenarları faylar tarafından sınırlanmaktadır (Yönlü, 2008). Yönlü (2008) çalışmasında, grabenin kuzeyini sınırlayan fayların güneydeki faylara oranla daha aktif olduğunu ve Holosen dönemindeki aktivitenin önemli kısmının grabenin kuzeyinde gerçekleştiğini, daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konulduğunu belirtmiştir (Şengör , 1982; Paton, 1992; Seyitoglu ve Scott, 1992; Cohen ve ark., 1995; Altunel, 1999; Hakyemez ve ark., 1999; Bozkurt, 2000; Sözbilir, 2000).

Grabenin kuzeyini sınırlayan bölümde iki ayrı fay takımı bulunmaktadır. Bunlardan en genci ve aktif olanı grabenin içinde depolanan güncel alüvyon ile Neojen birimleri arasında, daha kuzeydeki ve aktifliğini yitirmiş olan ise grabenin tabanını oluşturan Menderes metamorfitleri ile Neojen birimleri arasında bulunmaktadır. Günümüzde yükselmiş olarak gözlenen Neojen birimleri de grabenin kuzeyini sınırlayan fayların aktivitesini ortaya koymaktadır (Yönlü, 2008).

Büyük Menderes grabeninde Aydın'ın doğusundan başlayarak Denizli'ye doğru K-G ve D-B doğrultulu fay takımları gelişmiştir. K–G doğrultulu olanlar Nazilli kuzeyinde, Kuyucak batısında ve Atça–Kılavuzlar arasında bulunur (Eravcı, 2006)

Nazilli'nin kuzeyinde Büyük Menderes Fayı'na ait fay segmentleri morfolojik olarak çok belirgin bir şekilde izlenmektedir (Yavuz, 2010).

Fay segmentleri boyunca Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Menderes Masifi'ne ait birimler ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonuna ait birimler yan yana gelmiştir (Şekil 4.5). Fayın güney - güneydoğu blokları, kuzey - kuzeybatı bloklarına göre aşağıya düşmüştür. Morfolojik açıdan bu kesimde en azından 400-500 metreye yakın görünür bir atımın geliştiği söylenebilir. Fayın kuzey-kuzeybatı bloğunda Menderes metamorfitleri,

güney-güneydoğu bloğunda ise Asartepe formasyonuna ait birimler yer almaktadır (Yavuz, 2010).

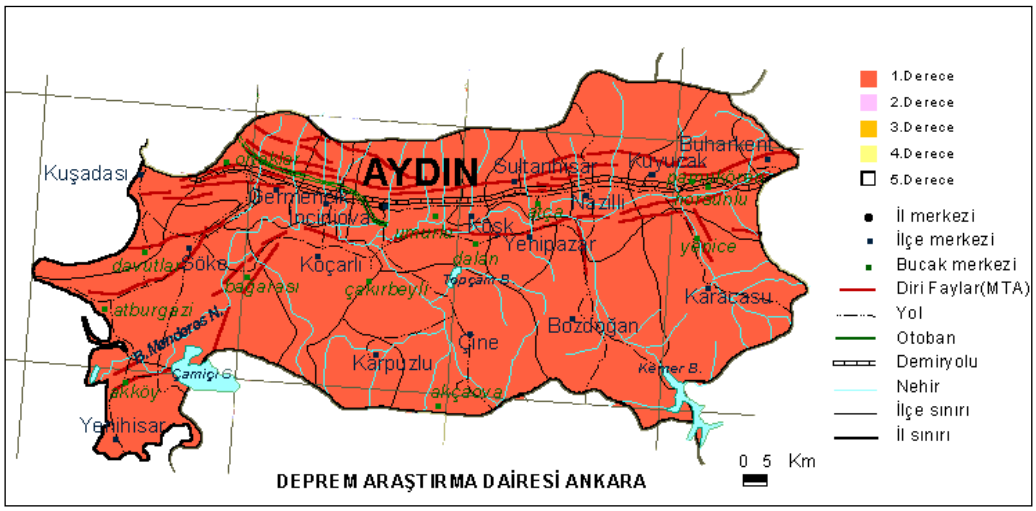


Şekil 4.5. Menderes Metamorfitleri ile Asartepe formasyonu arasında yer alan fay zonundan görünümler (Yavuz, 2010).

4.2.2. Depremsellik

Bir bölgenin depremselliğinin incelenmesi, depremleri oluşturan fay sistemlerinin belirlenmesi, yerleşim alanlarında meydana gelecek olası deprem tehlikelerine karşı alınabilecek tedbirleri öngörmeye çalışılması, yerleşim ve şehir planlamacılığı açısından risk oluşturan bu alanların belirlenmesi açısından çok önemlidir.

Aydın ve çevresi, 1996 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Aydın ili deprem bölgeleri haritası.

Tarihsel ve aletsel dönemlerde Nazilli'nin de içinde bulunduğu bölgede birçok hasar yapıcı ve yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerden en önemlileri hakkında bazı kısa bilgiler aşağıda verilmiştir.

4.2.2.1. Bölgede Tarihsel Dönemde Olmuş Hasar Yapıcı Depremler

1653 depremi

Büyük Menderes Çöküntüsü'nde etkili olan en büyük depremlerden birisi 23 Şubat 1653 depremidir. Şiddeti 10 olarak verilen bu deprem neredeyse tüm Batı Anadolu'da hissedilmiştir (Ergin ve ark., 1967). DAD 2007'ye göre, Evliya Çelebi Seyahatnamesi'nden aktardığına göre "1653 depreminde biranda birçok ev ve cami yıkılıp yerle bir olmuştur. Birçok ev de içinde oturulamayacak kadar zarar görmüştür. Üç binden fazla kişi enkaz altında kalmıştır. Bir o kadarda yaralı çıkarılmıştır. Yerler yarılmış, Aydın'ın içinde siyah katran gibi sular kaynamaya ve akmaya başlamıştır. Bilhassa Hasan Efendi, Sarayiçi ve Ramazan Paşa Mahalleri en çok zarar gören yerlerdir. Sarayiçi Mahallesi Üveys Paşazade'nin konakları mahalle ile beraber yere inmiştir" (Gökbel, 1964).

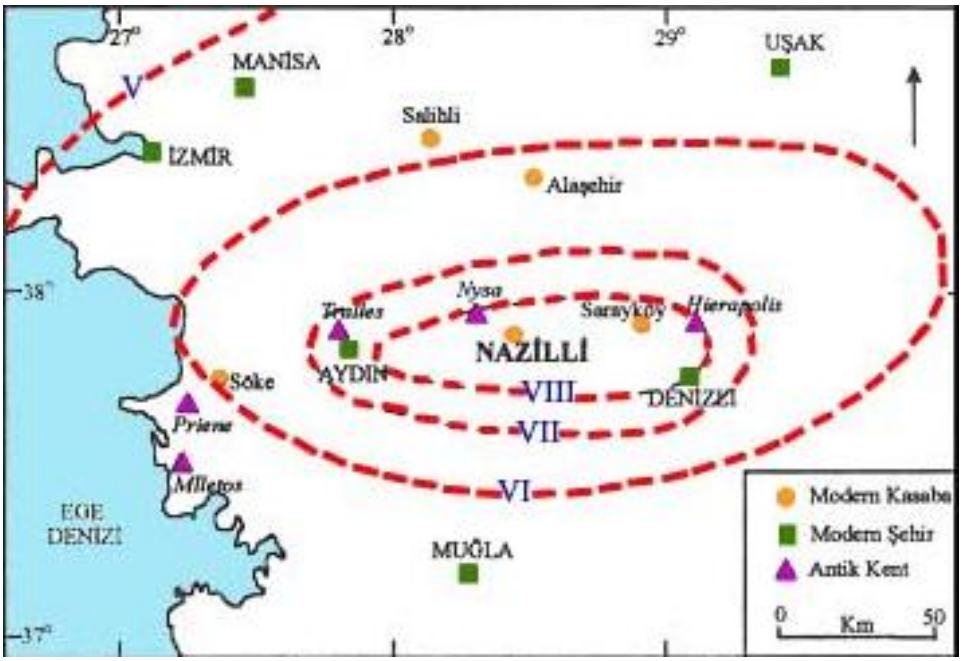
10 Ağustos 1895 Depremi

Aydın merkezli gerçekleşen ve çevresinde de önemli tahribat yapan deprem, şiddeti 8 olan bir depremdir. Depremde Aydın'ın Pınardere ve Emirdoğan, İmamköy ve Gölcük Köylerinde 72 hane ile on hayvan damı tamamen yıkılmış, 13 hane kısmen zarar görmüş, Serçeköy ile Umurlu'daki evler de sarsıntılardan tahrip olmuştur. Deprem sırasında Gölcük

Köyünde 20 hane kısmen zarar görmüş, iki kadın yıkıntılar nedeniyle yaralanmıştır (DAD, 2007). Büyük can kaybının olmamasının en büyük sebebi depremin Ağustos ayında gerçekleşmesi olarak gösterilmiştir. Philipson (1911), Aydın'ın doğusundaki ovanın bir kısmının 1895 depreminden sonra 1 metre yükseldiğini ve kırık hatlarının yüzlerce metre doğuya doğru uzandığını belirtmektedir (DAD, 2007).

20 Eylül 1899 Depremi

Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarını denetleyen faylar üzerinde olan 20 Eylül 1899 yılında meydana gelen (Ambraseys and Finkel 1987 tarafından yaklaşık 6.9 büyüklüğünde olduğu tahmin edilmektedir) Menderes Depremi de diğer büyük depremdir (DAD, 2007) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. 20 Eylül 1899'da oluşan Menderes Depremi'nin etki alanını gösteren izosismik harita (Ambraseys ve Finkel, 1987; Altunel, 1999; DAD, 2007).

Yarattığı tahribat göz önünde bulundurularak deprem uzmanlarının 10 şiddeti olarak belirttiği yer sarsıntısı Büyük Menderes grabeninde yaklaşık 200 km'lik bir hat boyunca Söke-Kuşadası'ndan Sarayköy-Buldan'a kadar etkisini hissettirmiştir (DAD, 2007). Aydın ve Nazilli ile bu iki şehir arasındaki köyler tahribata uğramıştır (Ergin ve ark., 1967).

1899 Depremi ile ilgili olarak en ayrıntılı resmi rapor 26 Eylül tarihinde vilayet tarafından hazırlanmıştır (Güneş, 2005). Bu rapora göre, sadece Aydın'da 350 hane, 6 cami

yıkılmış, 26 kişi yaşamını yitirirken 11 kişi de yaralanmıştır. Doğuya doğru gidildikçe hasar daha da artmıştır. Köşk, Sultanhisar, Atça Nahiyeleri ile Nazilli Kasabasında 2052, Kuyucak ve Ortakçı'da 2931 hane, cami ve kilise yıkılırken, geri kalan evlerin çoğu oturulamayacak duruma gelmiştir. Sarayköy'de ise 727 haneden 720 hane yıkılmıştır. Bu raporun sonunda açıklanan yıkılan hane sayısı 12932, enkaz altında kalarak ölenlerin sayısı 724, yaralı sayısı da 738'dir (DAD, 2007).

4.2.2.2. Bölgede Aletsel Dönemde Olmuş Hasar Yapıcı Depremler

Aydın ve Denizli çevresinde 1900-2006 yılları arasında toplam 3572 deprem olmuştur. $M \geq 6$ olan depremlerin sayısı 4 olup 1960 yılına kadar her 20 yıllık periyotta en az bir tane büyük deprem olmuştur. 1960 yılından sonra bölgede $M \geq 6$ deprem olmamıştır (DAD, 2007).

4-5 Mayıs 1966 Aydın Depremi

4-5 Mayıs 1966 günü saat 23:45'de Aydın ili ve çevresinde büyüklüğü 5.2 olan bir deprem meydana gelmiştir (DAD, 2007). Deprem, İncirliova merkez, Hacıaliobası, Kardeş, Sınırteke ve Erbeyli köylerinde oldukça fazla etkili olmuştur. Depremde, İncirliova merkezde 88 konut yıkık ve ağır, 67 konut orta; Hacıaliobası köyünde 19 konut yıkık ve ağır, 17 konut orta; Kardeş köyünde 29 konut yıkık ve ağır, 16 konut orta; Sınırteke köyünde 26 konut yıkık ve ağır ve Erbeyli köyünde 17 konut ağır, 17 konut orta hasar görmüştür (Yavuz, 2010).

28 Ekim 1977 Aydın Depremi

28 Ekim 1977 günü saat 00:44'de (TS) Aydın ili sınırları içerisinde, Aydın, İncirliova, Umurlu, Köşk, Sultanhisar ve Nazilli yerleşim alanlarında şiddetlice hissedilen büyüklüğü 4.7 olan bir deprem olmuştur (DAD 2007). Depremin büyüklüğü değişik sismoloji merkezleri tarafından 4.6 ile 5.3 arasında verilmiştir. Deprem, Büyük Menderes Nehri vadisinin kuzey yamaçlarında ve Aydın şehrinin hemen kuzeyinde, oldukça dik, heyelanlı, şiddetli erozyona maruz kalmış gnays oluşumları üzerinde yer alan, Gölcük, Kenker, İlyasdere, Terziler, Kayacık, Karaköy, Dağdemir, Uzundere, Ilıdağ, Gökkiriş ve Kızılcaköy gibi köylerde hafif hasar yapmıştır (Yavuz, 2010). Depremde, 118 konut ağır, 188 konutta orta ve 195 konutta da hafif hasar yapmıştır.

4.3. Hidrojeoloji

İnceleme alanında, kuzeydeki dağlık alanlardan havzaya doğru sürekli beslenme olması ve havza içerisinden de Büyük Menderes Nehri'nin geçmesi nedeniyle ovaya sürekli su girişimi olmaktadır. Nazilli ilçesi sınırları içinden doğarak Büyük Menderes ırmağına dökülen ve bu ırmağı besleyen İsabeyli Deresi, Dallıca-Gereniz Çayı, Dereköy Çayı ve Mergen Çayları başlıca akarsu kaynaklarıdır.

Çalışma alanında yapılan mekanik sondaj çalışmaları sonucunda yeraltısuyu seviyesini belirlemek için incelemeler ve ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucu yeraltısu seviyesinin (YASS) yüzeye yakın seviyelerde yer aldığı görülmektedir. Sadece SK-15, SK-35, SK-36, SK-48, SK-94 no'lu kuyularda yeraltısuyu seviyesine rastlanmamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Sondaj kuyularında ölçülen yeraltısuyu derinlikleri

Sondaj No	YASS (m)	Sondaj No	YASS (m)	Sondaj No	YASS (m)	Sondaj No	YASS (m)
SK-1	2.00	**SK-29**	2.50	**SK-57**	8.10	**SK-85**	3.00
SK-2	4.20	**SK-30**	2.00	**SK-58**	1.50	**SK-86**	2.00
SK-3	3.00	**SK-31**	2.90	**SK-59**	1.50	**SK-87**	2.10
SK-4	6.00	**SK-32**	2.70	**SK-60**	2.50	**SK-88**	6.20
SK-5	1.70	**SK-33**	3.00	**SK-61**	2.10	**SK-89**	6.00
SK-6	3.80	**SK-34**	4.00	**SK-62**	6.00	**SK-90**	6.50
SK-7	5.50	**SK-35**	-	**SK-63**	6.50	**SK-91**	3.50
SK-8	10.00	**SK-36**	-	**SK-64**	4.80	**SK-92**	3.40
SK-9	9.20	**SK-37**	3.00	**SK-65**	1.10	**SK-93**	3.70
SK-10	6.00	**SK-38**	1.80	**SK-66**	2.00	**SK-94**	-
SK-11	1.80	**SK-39**	6.40	**SK-67**	3.00	**SK-95**	3.00
SK-12	5.00	**SK-40**	7.20	**SK-68**	5.00	**SK-96**	4.50
SK-13	2.00	**SK-41**	3.00	**SK-69**	4.10	**SK-97**	4.00
SK-14	1.80	**SK-42**	2.80	**SK-70**	2.80	**SK-98**	4.50
SK-15	-	**SK-43**	3.20	**SK-71**	2.80	**SK-99**	4.00
SK-16	2.30	**SK-44**	4.00	**SK-72**	1.80	**SK-100**	5.50
SK-17	2.00	**SK-45**	3.50	**SK-73**	3.20	**SK-101**	3.50

SK-18	18.00	**SK-46**	3.20	**SK-74**	3.00	**SK-102**	4.80
SK-19	7.50	**SK-47**	4.00	**SK-75**	2.00	**SK-103**	5.00
SK-20	3.00	**SK-48**	-	**SK-76**	2.00	**SK-104**	5.50
SK-21	2.00	**SK-49**	7.00	**SK-77**	3.00	**SK-105**	4.80
SK-22	5.00	**SK-50**	2.00	**SK-78**	4.50	**SK-106**	3.20
SK-23	2.90	**SK-51**	2.80	**SK-79**	5.50	**SK-107**	5.20
SK-24	2.80	**SK-52**	2.70	**SK-80**	5.20	**SK-108**	5.30
SK-25	2.90	**SK-53**	1.80	**SK-81**	5.00	**SK-109**	6.00
SK-26	1.70	**SK-54**	3.10	**SK-82**	4.00	**SK-110**	4.80
SK-27	2.70	**SK-55**	1.80	**SK-83**	6.00		
SK-28	2.70	**SK-56**	5.00	**SK-84**	6.00		

4.3.1. Yeraltısuyu seviye haritası

Yeraltısularının varlığı, kentler için büyük bir önem taşımaktadır. Yerleşim yerlerinde hızlı nüfus artışı, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler gibi etkenler, su kaynaklarının kirlenmesi, kalitesi ve miktarına birtakım olumsuz etkiler yapmaktadır. Yeraltısuyu seviyelerinin ve akım yönlerinin belirlenmesi yerleşim yerlerinin sağlıklı planlanması açısından önemlidir.

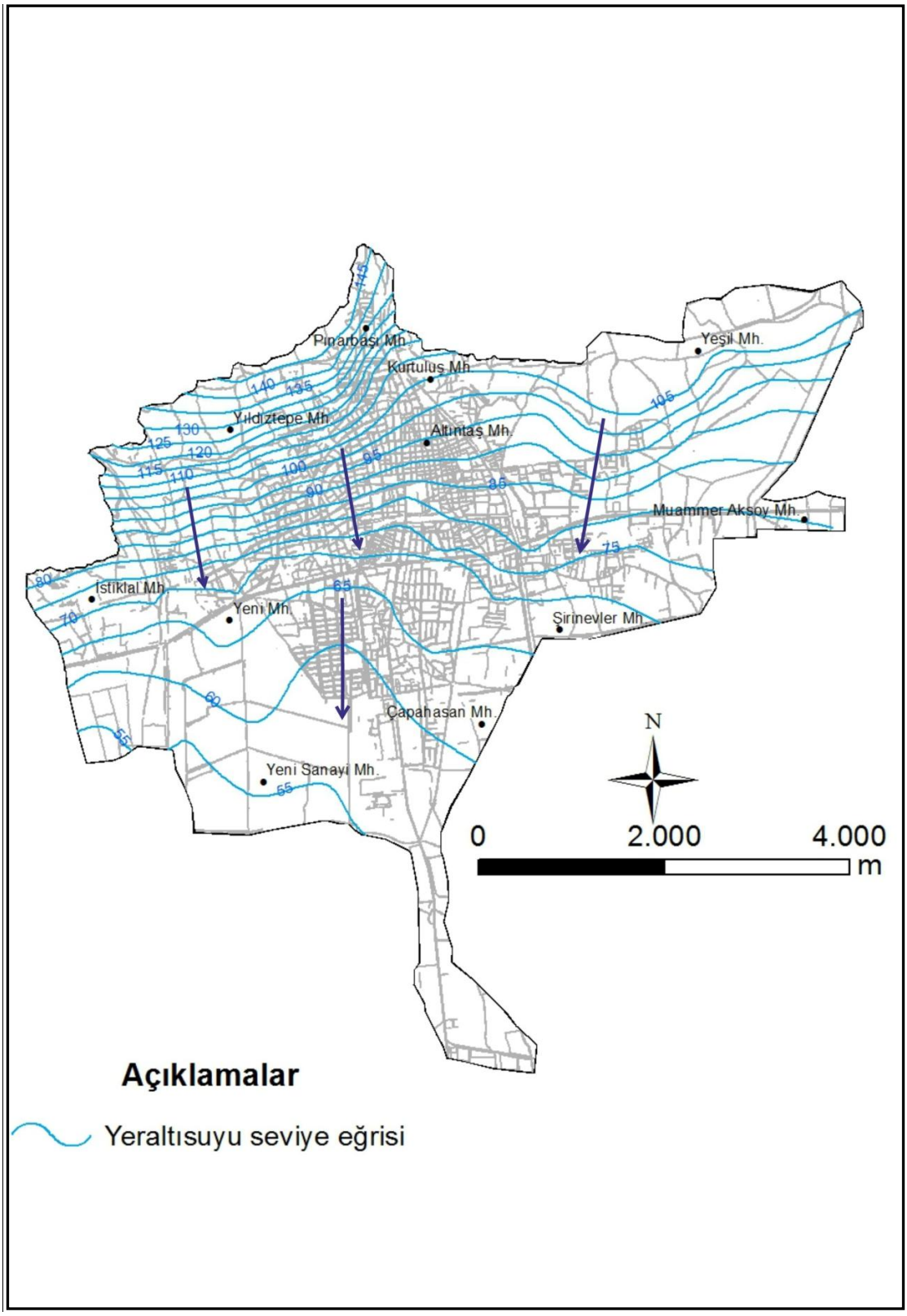
Nazilli yerleşim alanında her bir sondaj kuyusunda yapılan ölçümler sonucu yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır (Şekil 4.8). Yeraltısuyunun akım yönünün Nazilli'nin güneyine doğru olduğu görülmektedir.

4.3.2. Yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası

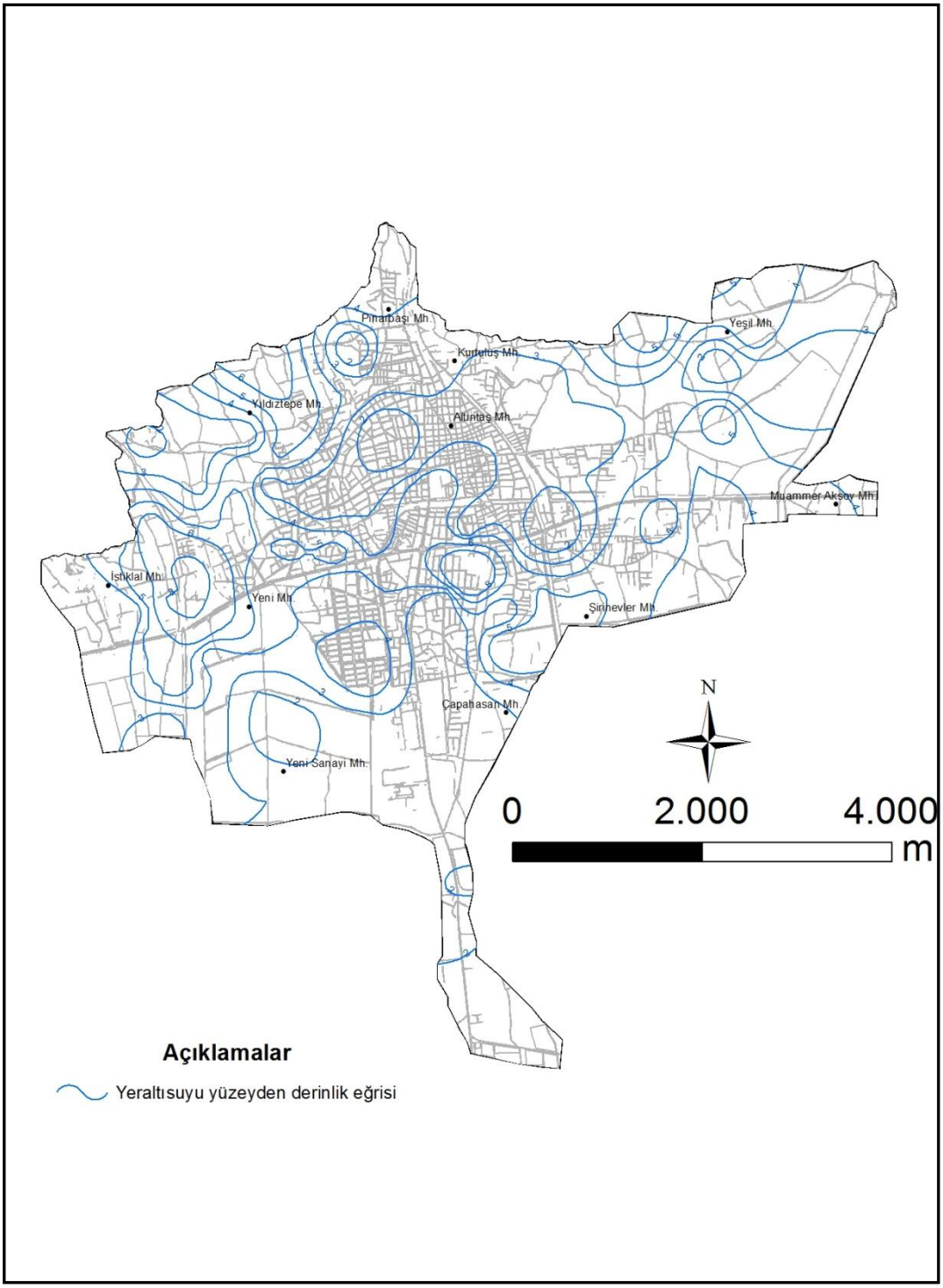
Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği, özellikle deprem riski olan bölgelerde zemin sıvılaşması açısından oldukça önemli bir etkendir. Gerekli koşullar elde edildiği takdirde sıvılaşma, yeraltısuyu tablasının yüzeyden itibaren en fazla 10 metre derinlikte bulunduğu ortamlarda yaygın şekilde meydana gelmektedir. Youd (1984)'a göre ender olmakla birlikte, yer altı suyu tablasının yüzeyden 20 metre derinde olduğu yerlerde de sınırlı miktarda sıvılaşma meydana gelmektedir (Ulusay, 2010).

Bu tez çalışması kapsamında Nazilli yerleşim alanı için yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.9). İnceleme alanında yeraltısuyunun yüzeyden derinliği, 1 m ile 18 m arasında değişmektedir. Hazırlanan bu haritada gösterilen

yeraltısuyu yüzeyden derinlik dikkate alındığında, muhtemel bir depremde, Nazilli yerleşim alanın büyük bir çoğunluğunda sıvılaşma beklenmektedir.



Şekil 4.8. İnceleme alanının yeraltısuyu seviye haritası.



Şekil 4.9. Yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası.

4.4. Mühendislik Jeolojisi

Depremler, dünyanın oluştuğu ilk günden günümüze kadar sürekli meydana gelen ve dünya üzerindeki canlıları olumsuz olarak etkileyen bir doğa olayıdır. Ülkemizin de büyük bir kısmı yıkıcı deprem tehlikeleri ile karşı karşıyadır. Bu durum yerleşim yerlerinde mühendislik yapılarının yapılabilmesi için jeolojik ve jeoteknik bilgilere duyulan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılarak, oluşabilecek olumsuzluklardan meydana gelebilecek olan hasarların ve zararların önlenmesi veya en aza indirilmesi sağlanabilmektedir.

Nazilli kent merkezi ve yakın çevresinin imar haritası baz alınarak jeolojik ve jeoteknik haritalar CBS kullanılarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda;

- ✓ Birimlerin yatay ve düşey dağılımlarını ve zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla mekanik sondajlar yapılmıştır.
- ✓ Sondajlar sırasında Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır,
- ✓ Örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınarak zeminlerin fiziko-mekanik özellikleri laboratuar deneyleri yapılarak belirlenmiştir,
- ✓ Bölgenin yeraltısuyu seviye ve yüzeyden derinlik haritaları yapılmıştır,
- ✓ Yerleşim alanlarının planlanmasında ve mevcut yerleşim alanlarında, arazi kullanımı konusunda belirleyici bir faktör olan eğim haritası yapılmıştır,
- ✓ Sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşma indeksi belirlenerek, sıvılaşma potansiyeli haritası ve sıvılaşma indeksi haritası hazırlanmıştır.

4.4.1. Jeoteknik amaçlı sondajlar

Çalışma alanında birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimleri, mühendislik özellikleri ve jeoteknik parametreleri belirlemek amacıyla, derinlikleri 11 m ile 25 m arasında değişen 110 adet sondaj yapılmıştır. Sondaj çalışması sırasında kullanılan sondaj makinaları Şekil 4.10'da görülmektedir.



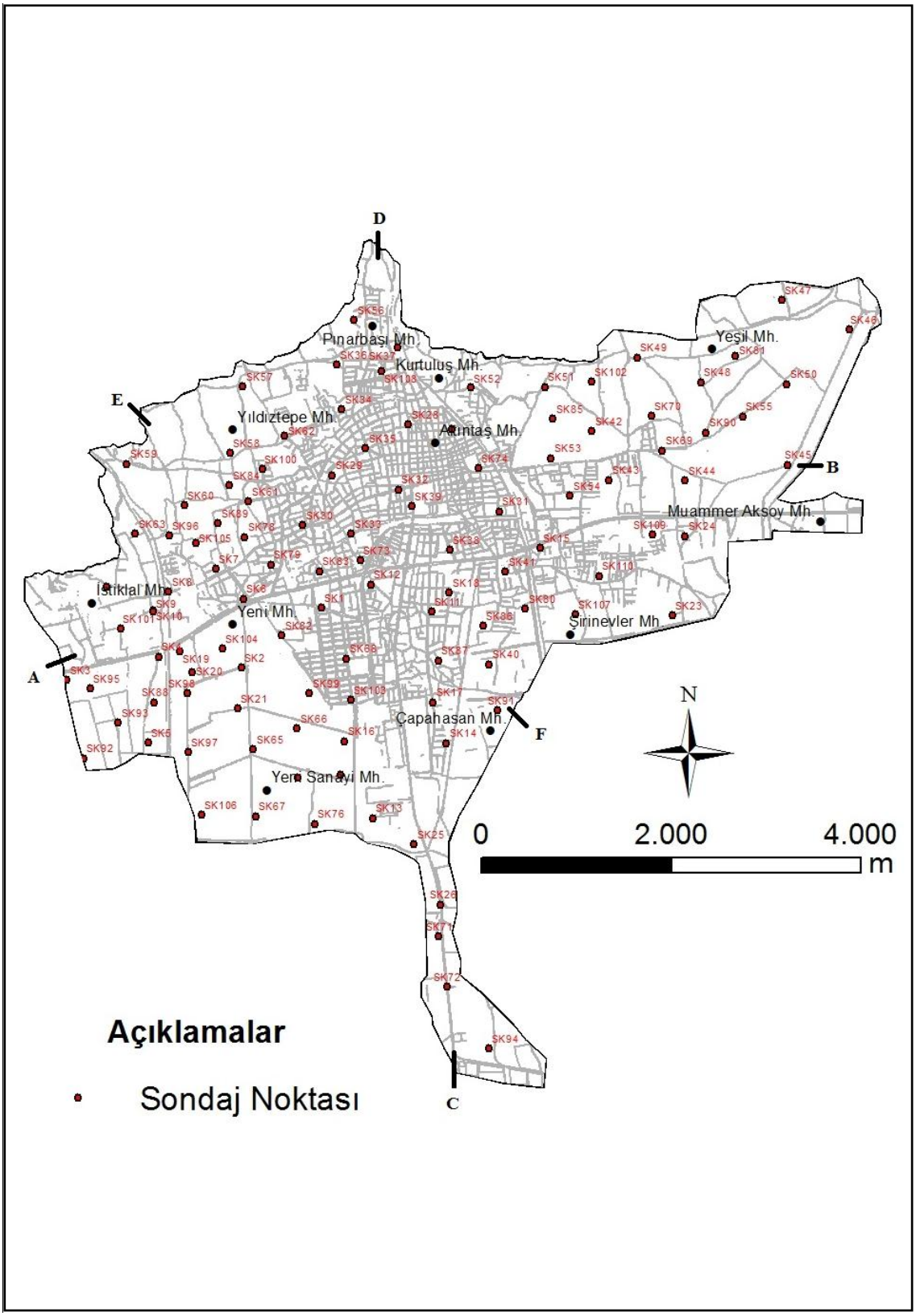
(a)



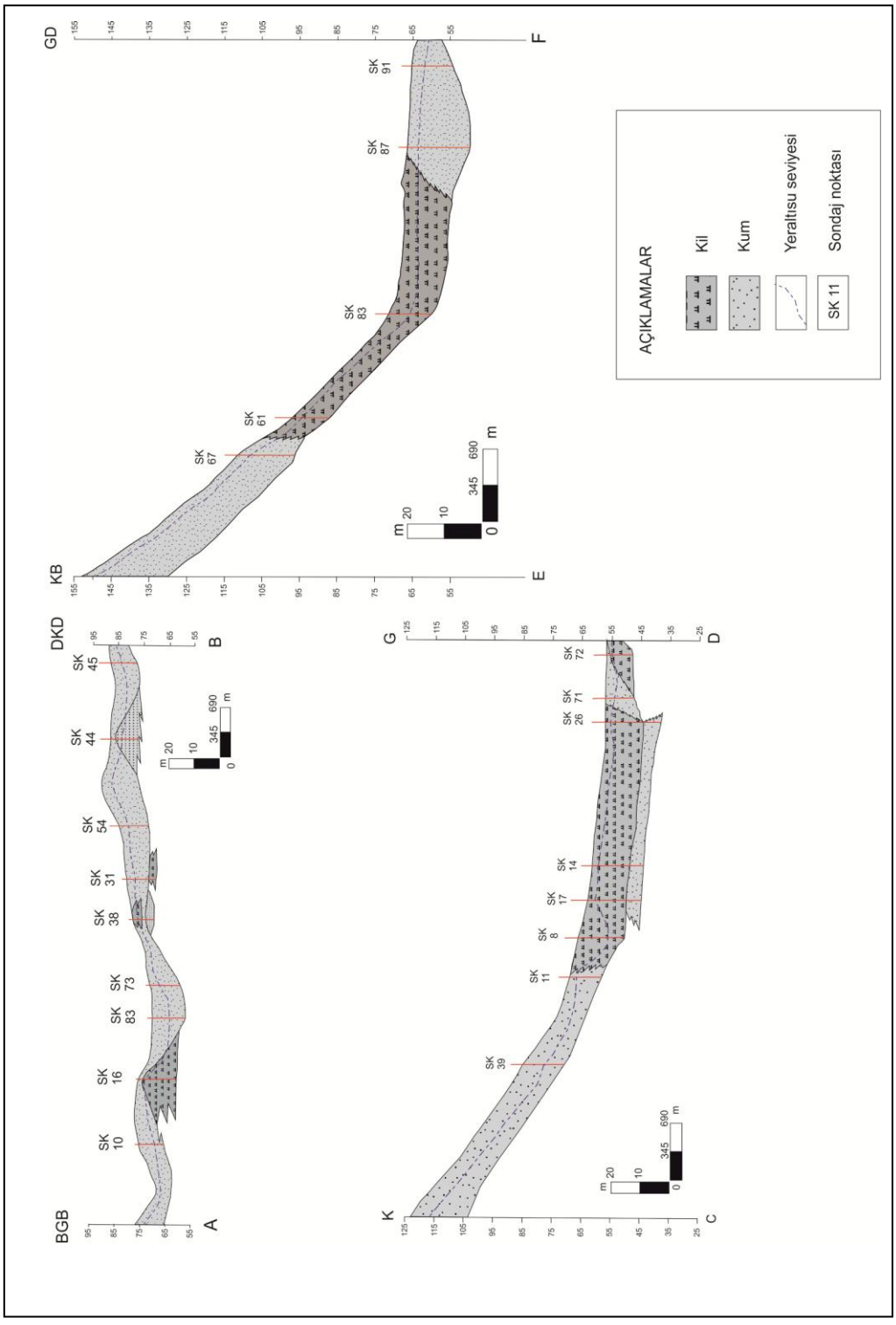
(b)

Şekil 4.10. Jeoteknik amaçlı sondaj çalışmaları (a,b).

Sondajlar Nazilli yerleşim alanının tamamını kapsayacak şekilde, homojen olarak dağıtılmıştır. Sondajların yerlerini gösteren sondaj lokasyon haritası Şekil 4.11'de verilmiştir. Bu haritada belirtilen sondajlara göre K-G, BGB-DKD, KB-GD yönlerinde yatayda 1/35000, düşeyde 1/1000 ölçekli kesitler hazırlanarak, bölgenin yeraltı jeolojik yapısı, birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimleri ortaya konulmuştur (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Sondaj lokasyon haritası.



Şekil 4.12. Sondaj kesitleri.

4.4.1.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Bir arazi deneyi olan Standart Penetrasyon Testi (SPT), 1927 yılında geliştirilmiş ve 1958 yılında da ASTM tarafından standartlara alınmıştır (ASTM D1586-99). SPT, zeminin mühendislik özelliklerinin yerinde saptanabilmesine olanak sağlaması, basit ve ekonomik olması nedeniyle önem kazanmış bir arazi deneyidir.

SPT, 63.5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın, 760 mm'lik bir yükseklikten tijlerin üzerindeki örsün üzerine bırakılması sonucunda standart bir örnek alıcının (ayrılabilen tüpün) zemine 300 mm girmesi için gereken darbe sayısının belirlenmesi şeklinde yapılır. Şahmerdan 760 mm yükseklikten düşürülerek tüpün her üç 150 mm'lik penetrasyonunu sağlayacak darbe sayısı kaydedilir. İlk 150'mm lik ilerleme kuyu tabanındaki sondaj işleminin oluşturmuş olduğu örselenme nedeniyle dikkate alınmaz. Bundan sonraki bir birini izleyen iki adet 150 mm'lik çakma (toplam 300 mm) sırasındaki darbe sayılarının toplamı darbe sayısı (SPT-N arazi ham verileri) olarak kaydedilir.

Çalışma alanı için mekanik sondajlar sırasında her 1.50 m'de bir SPT yapılarak zeminlerin dayanım parametreleri, sıkılık ve kıvam özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır.

İnceleme alanı için yapılan SPT darbe sayıları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanında yapılan SPT darbe sayıları

KUYU NO	SPT	1,50-1,95	3,00-3,45	4,50-4,95	6,00-6,45	7,50-7,95	9,00-9,45	10,50-10,95	12,00-12,45	13,50-13,95	15,00-15,45	16,50-16,95	18,00-18,45	19,50-19,95
SK-1	N	6	5	5	7	15	15	19	18	28	31	36	31	39
SK-2	N	17	18	20	17	26	26	27	27	29	24	30	34	42
SK-3	N	14	14	11	2	9	8	11	9	12	14	22	25	28
SK-4	N	24	37	11	8	16	33	35	27	18	22	20	19	24
SK-5	N	3	4	18	15	20	22	17	19	17	19	20	18	21
SK-6	N	10	2	7	4	7	8	12	13	15	15	18	19	21
SK-7	N	6	10	9	12	13	13	14	15	13	12	13	14	16
SK-8	N	7	14	20	31	52	60	60	59	60	64	47	67	74
SK-9	N	21	22	39	46	43	45	34	39	24	55	57	45	52
SK-10	N	15	16	28	33	33	34	32	34	34	37	42	42	36
SK-11	N	10	9	6	5	13	14	15	15	15	17	15	17	15

SK-12	N	6	21	22	18	18	18	23	25	23	19	27	32	28
SK-13	N	6	6	9	12	12	15	16	17	15	17	19	18	19
SK-14	N	4	3	8	7	7	9	11	9	12	16	17	18	18
SK-15	N	7	4	8	8	13	16	14	17	15	16	17	17	20
SK-16	N	6	4	5	9	10	13	22	25	22	30	22	27	28
SK-17	N	4	4	11	12	11	11	16	15	17	19	19	21	24
SK-18	N	6	7	13	10	10	17	24	26	27	25	24	27	29
SK-19	N	5	9	48	38	41	41	43	40	40	42	45	40	48
SK-20	N	7	10	17	12	38	45	39	30	20	28	45	42	53
SK-21	N	4	6	5	6	14	15	15	16	17	16	16	17	18
SK-22	N	9	9	4	6	7	5	9	14	12	14	15	16	17
SK-23	N	4	4	16	22	13	13	12	14	15	14	16	18	20
SK-24	N	2	3	5	12	15	20	17	17	15	16	15	17	17
SK-25	N	5	4	14	9	16	18	20	16	16	20	15	18	18
SK-26	N	5	4	12	13	16	18	17	18	18	16	18	15	18
SK-27	N	5	8	12	5	16	27	27	26					
SK-28	N	5	8	12	5	16	27	27	26					
SK-29	N	4	6	6	7	13	12	11	12					
SK-30	N	5	4	6	7	9	11	11	14					
SK-31	N	4	5	7	13	13	13	11	11					
SK-32	N	5	6	4	3	7	11	15	19					
SK-33	N	4	5	11	23	10	7	12	14					
SK-34	N	7	11	12	14	16	16	16						
SK-35	N	12	13	14	15	16	13	16						
SK-36	N	12	13	14	15	16	13	16						
SK-37	N	19	26	26	32	30	38	43						
SK-38	N	4	4	7	5	9	8	13	14					
SK-39	N	7	6	6	7	8	11	12	16	16	17	19	25	26

SK-40	N	6	7	6	6	6	8	10	11	13	15	16	19	21
SK-41	N	9	14	13	12	14	16	18	20	14	16			
SK-42	N	15	20	22	22	20	22	20						
SK-43	N	13	13	16	21	13	10	12	13					
SK-44	N	14	18	20	18	17	20	19						
SK-45	N	16	31	26	28	27	18	16						
SK-46	N	16	27	29	34	31	17	19						
SK-47	N	6	9	12	15	17	19	19						
SK-48	N	7	9	12	13	14	17	18						
SK-49	N	17	24	32	41	50	28	20						
SK-50	N	5	13	18	11	14	14	15						
SK-51	N	9	10	15	12	15	18	13						
SK-52	N	7	7	8	10	10	11	13						
SK-53	N	9	12	12	16	14	16	15						
SK-54	N	9	12	16	21	22	18	20	17	22	24			
SK-55	N	5	3	15	9	14	17	17						
SK-56	N	7	7	8	9	10	11	13						
SK-57	N	25	27	25	30	28	31	31	33	20	29	30	25	27
SK-58	N	7	8	9	11	12	15	16						
SK-59	N	13	15	19	24	23	15	14						
SK-60	N	9	10	8	11	12	13	17						
SK-61	N	8	7	10	9	15	15	18						
SK-62	N	5	5	6	7	13	15	16						
SK-63	N	55	92	78	89	69	69	R						
SK-64	N	7	10	12	13	16	16	20						
SK-65	N	5	5	6	6	10	12	15						
SK-66	N	2	7	6	7	8	12	15						
SK-67	N	2	4	5	6	9	12	14	12					

SK-68	N	13	15	7	7	10	27	24	31					
SK-69	N	9	13	11	14	15	15	16	16					
SK-70	N	11	13	11	16	14	16	19						
SK-71	N	9	7	15	23	17	13	14	16					
SK-72	N	5	4	4	5	6	6	8	10					
SK-73	N	7	7	17	33	16	18	21	20					
SK-74	N	10	11	9	8	13	17	9	12					
SK-75	N	4	5	4	3	6	8	7	11					
SK-76	N	7	6	6	5	6	12	13	15					
SK-77	N	6	4	8	7	6	13	12	15					
SK-78	N	8	17	21	17	18	18	23	25	23	19	27		
SK-79	N	9	13	11	12	13	13	14	15	13	12	13	14	16
SK-80	N	6	7	9	12	14	17	17	17	17	17	19	18	19
SK-81	N	13	17	22	34	31	19	19	23	23	29	31	35	30
SK-82	N	10	11	7	7	13	14	16	15	16	17	17	18	
SK-83	N	14	15	19	31	33	34	32	34	34	37	42	42	36
SK-84	N	6	7	6	7	13	15	16	19	17	20	22	20	21
SK-85	N	10	11	15	12	15	18	15	21	23	29	25	29	25
SK-86	N	9	7	8	9	15	17	15	18	16	18	17	18	21
SK-87	N	7	8	11	14	16	16	16	14	15	16	17	17	19
SK-88	N	6	5	7	9	14	17	15	13	15	15	16	19	18
SK-89	N	7	9	11	13	16	16	20	17	17	18	23	19	20
SK-90	N	6	5	6	7	13	15	16	14	15	15	18	17	18
SK-91	N	5	8	9	9	11	17	18	19	21	23	21	21	22
SK-92	N	4	4	14	17	19	23	15	16	17	19	20	18	21
SK-93	N	6	9	9	12	14	15	15	16	17	15	13	14	16
SK-94	N	8	9	8	11	10	16	14	17	15	16	17	17	20
SK-95	N	7	9	9	11	11	13	15	15	13	15	14	17	16

SK-96	N	9	11	12	13	15	15	16	16	19	19	22	23	25
SK-97	N	9	9	7	6	13	14	15	15	15	17	15	17	15
SK-98	N	4	5	7	7	7	9	11	9	12	14	16		
SK-99	N	7	7	8	10	14	14	16	17	15	17	18	17	19
SK-100	N	9	8	15	21	18	13	14	16	17	17	16	19	18
SK-101	N	10	11	11	7	8	9	11	9	12	14	19	19	23
SK-102	N	5	3	15	9	14	14	16	13	15	17	17	15	18
SK-103	N	5	6	7	8	10	14	14	17	15	16	17	15	18
SK-104	N	7	6	9	10	9	16	24	23	24	24	23	26	29
SK-105	N	7	9	9	11	13	13	14	15	13	12	13	14	16
SK-106	N	6	8	6	7	11	15	16	14	17	15	17	19	20
SK-107	N	7	6	9	11	13	13	16	18	17	19	17	21	19
SK-108	N	9	9	5	6	7	7	9	11	11	13	15	16	17
SK-109	N	9	10	15	12	15	17	13	16	14	16	15	17	18
SK-110	N	4	6	7	7	9	11	13	13	14	17	18	18	19

4.4.2. Jeoteknik amaçlı laboratuar deneyleri

Nazilli yerleşim merkezi zeminlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, TSE 17025 standartlarında laboratuar deneyleri yapılmıştır. Mekanik sondajlar sırasında yapılan SPT'ler yardımıyla örselenmiş, UD örnek alıcılar yardımıyla da örselenmemiş örnekler alınarak zeminin fiziko - mekanik parametrelerini belirlemeye yönelik laboratuar deneyleri yapılmıştır (Şekil 4.13). Bunlar, su muhtevası, dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, birim hacim ağırlık, kesme kutusu, serbest basınç deneyleridir.



Şekil 4.13. Çalışma kapsamında yapılan laboratuar çalışmaları.

4.4.2.1 Zeminlerin fiziksel özellikleri

Zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek için çalışma alanında yapılan sondajlar sırasında alınan örneklerle laboratuar deneyleri (Su muhtevası, doğal-kuru birim hacim ağırlık, elek analizi, kıvam limitleri) yapılmış ve zeminler Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması Sistemi (USCS)'ne göre sınıflandırılmıştır.

4.4.2.1.1. Su muhtevası ve doğal-kuru birim hacim ağırlık deneyleri

Çalışma alanında sondajlar sırasında kesilen Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonu, Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyal yelpaze çökelleri ile Holosen yaşlı taşkın ovası-bataklık çökellerine ait birimlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla, su muhtevası, doğal-kuru birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Su muhtevası ve doğal-kuru birim hacim ağırlık deney sonuçları

KUYU NO	DERİNLİK (m)	*SU MUHTEVASI (%)*	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (kN/m^3)	KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (kN/m^3)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm^3)
SK-1	1.50	*28*	18.33	14.32	*2.39*
	7.50	*19*	20.11	16.90	*2.49*
	25.50	*17*	20.29	17.35	*2.46*
SK-2	3.00	*23*	19.27	15.67	*2.45*
	6.00	*17*	20.81	17.79	*2.55*
	18.00	*14*	21.61	18.95	*2.58*
SK-3	1.50	*16*	19.81	17.08	*2.35*
	4.50	*11*	22.37	20.16	*2.59*
	9.00	*19*	19.16	16.10	*2.32*
SK-4	3.00	*9*	22.61	20.74	*2.55*
	6.00	*24*	18.58	14.98	*2.34*
	13.50	*19*	20.66	17.36	*2.59*
SK-5	1.50	*21*	18.88	15.60	*2.32*
	4.50	*11*	21.90	19.73	*2.52*
	16.50	*13*	20.41	18.06	*2.36*
SK-6	1.50	*15*	21.09	18.34	*2.53*
	4.50	*22*	19.42	15.92	*2.45*
	18.0	*25*	18.65	14.92	*2.38*
SK-7	3.00	*9*	22.17	20.34	*2.49*
	15.00	*19*	19.56	16.44	*2.39*
	19.50	*19*	20.50	17.22	*2.56*
SK-8	1.50	*16*	20.77	17.91	*2.51*
	9.00	*6*	23.36	22.04	*2.54*
	13.50	*14*	21.67	19.01	*2.59*
SK-9	4.50	*9*	22.39	20.54	*2.52*
	9.00	*10*	22.28	20.26	*2.54*
	19.50	*18*	20.46	17.34	*2.52*
SK-10	3.00	*22*	19.68	16.13	*2.50*
	6.00	*14*	21.30	18.68	*2.53*

	10.50	*6*	22.56	21.28	*2.44*
SK-11	1.50	*13*	21.26	18.81	*2.49*
	7.50	*14*	21.05	18.46	*2.49*
	15.00	*15*	21.45	18.65	*2.59*
SK-12	1.50	*19*	20.06	16.86	*2.48*
	6.00	*13*	20.34	18.00	*2.35*
	10.50	*16*	20.71	17.86	*2.50*
SK-13	3.00	*20*	19.29	16.08	*2.37*
	9.00	*28*	18.78	14.67	*2.49*
	18.00	*24*	19.71	15.90	*2.57*
SK-14	1.50	*28*	19.04	14.88	*2.55*
	10.50	*23*	19.72	16.03	*2.54*
	12.00	*26*	18.43	14.63	*2.36*
SK-15	1.50	*20*	20.00	16.67	*2.50*
	15.00	*26*	19.09	15.15	*2.50*
	18.00	*22*	19.93	16.34	*2.55*
SK-16	3.00	*21*	19.04	15.73	*2.35*
	7.50	*28*	19.13	14.95	*2.57*
	18.00	*26*	19.27	15.30	*2.54*
SK-17	3.00	*26*	19.27	15.30	*2.54*
	13.50	*19*	19.67	16.53	*2.41*
	19.50	*18*	20.84	17.66	*2.59*
SK-18	1.50	*28*	18.69	14.60	*2.47*
	4.50	*21*	20.09	16.61	*2.55*
	19.50	*16*	20.66	17.81	*2.49*
SK-19	3.00	*3*	24.31	23.60	*2.54*
	9.00	*12*	21.74	19.41	*2.53*
	18.00	*15*	21.27	18.50	*2.56*
SK-20	1.50	*24*	19.71	15.90	*2.57*
	10.50	*17*	21.10	18.03	*2.60*
	18.00	*21*	19.68	16.26	*2.47*
SK-21	3.00	*26*	19.23	15.26	*2.53*
	13.50	*21*	19.78	16.35	*2.49*

	18.00	*17*	20.70	17.69	*2.53*
SK-22	4.50	*26*	18.14	14.39	*2.30*
	10.50	*26*	17.74	14.08	*2.22*
	15.00	*27*	18.16	14.30	*2.33*
SK-23	1.50	*16*	20.77	17.91	*2.51*
	7.50	*8*	22.35	20.69	*2.48*
	19.50	*21*	19.31	15.96	*2.40*
SK-24	3.00	*20*	20.21	16.84	*2.54*
	7.50	*23*	19.52	15.87	*2.50*
	12.00	*15*	19.67	17.10	*2.30*
SK-25	4.50	*24*	18.53	14.94	*2.33*
	15.00	*28*	18.51	14.46	*2.43*
	18.00	*20*	20.42	17.02	*2.58*
SK-26	3.00	*28*	18.56	14.50	*2.44*
	13.50	*24*	19.13	15.43	*2.45*
	19.50	*18*	20.40	17.29	*2.51*
SK-27	1.50	*11*	21.97	19.79	*2.53*
	4.50	*13*	21.83	19.32	*2.58*
	10.50	*13*	21.32	18.87	*2.50*
SK-28	3.00	*16*	20.42	17.60	*2.45*
	7.50	*15*	20.48	17.81	*2.43*
	12.00	*16*	21.24	18.31	*2.59*
SK-29	4.50	*26*	18.90	15.00	*2.46*
	9.00	*21*	20.25	16.73	*2.58*
	12.00	*28*	18.33	14.32	*2.39*
SK-30	3.00	*18*	20.40	17.29	*2.51*
	7.50	*24*	19.28	15.55	*2.48*
	12.00	*24*	19.52	15.74	*2.53*
SK-31	4.50	*22*	1932	15.83	*2.43*
	9.00	*25*	19.42	15.54	*2.54*
	12.00	*26*	18.90	15.00	*2.46*
SK-32	1.50	*26*	18.86	14.97	*2.45*
	7.50	*24*	19.47	15.70	*2.52*

	12.00	*22*	19.73	16.17	*2.51*
SK-33	3.00	*15*	20.36	17.70	*2.41*
	7.50	*29*	18.21	14.12	*2.39*
	10.50	*24*	19.47	15.70	*2.52*
SK-34	3.00	*9*	22.39	20.54	*2.52*
	6.00	*10*	21.65	19.68	*2.45*
	10.50	*11*	21.70	19.55	*2.49*
SK-35	1.50	*11*	22.31	20.10	*2.58*
	7.50	*16*	20.36	17.55	*2.44*
	12.00	*16*	20.60	17.75	*2.48*
SK-36	4.50	*12*	20.87	18.63	*2.40*
	6.00	*17*	20.00	17.10	*2.41*
	9.00	*9*	21.22	19.47	*2.36*
SK-37	1.50	*24*	18.78	15.15	*2.38*
	3.00	*28*	18.00	14.06	*2.32*
	12.00	*24*	18.22	14.69	*2.27*
SK-38	1.50	*27*	18.31	14.41	*2.36*
	4.50	*26*	18.52	14.70	*2.38*
	10.50	*24*	18.48	14.90	*2.32*
SK-39	1.50	*23*	18.76	15.25	*2.35*
	9.00	*23*	18.82	15.30	*2.36*
	18.00	*25*	18.60	14.88	*2.37*
SK-40	4.50	*24*	18.53	14.94	*2.33*
	7.50	*25*	18.50	14.80	*2.35*
	15.00	*23*	18.66	15.17	*2.33*
SK-41	1.50	*24*	18.58	14.98	*2.34*
	9.00	*24*	18.58	14.98	*2.34*
	12.00	*23*	18.55	15.09	*2.31*
SK-42	1.50	*26*	18.52	14.70	*2.38*
	6.00	*23*	18.82	15.30	*2.36*
	10.50	*26*	18.33	14.55	*2.34*
SK-43	1.50	*23*	18.61	15.13	*2.32*
	6.00	*24*	18.58	14.98	*2.34*

	10.50	*27*	18.35	14.45	*2.37*
SK-44	1.50	*24*	18.53	14.94	*2.33*
	6.00	*27*	18.21	14.34	*2.34*
	10.50	*23*	18.61	15.17	*2.33*
SK-45	1.50	*23*	18.66	15.13	*2.32*
	3.00	*25*	19.14	15.31	*2.48*
	9.00	*24*	19.33	15.59	*2.49*
SK-46	3.00	*25*	18.75	15.00	*2.40*
	6.00	*23*	18.97	15.42	*2.39*
	10.50	*12*	20.94	18.69	*2.41*
SK-47	1.50	*13*	21.19	18.75	*2.48*
	3.00	*16*	20.18	17.39	*2.41*
	6.00	*15*	20.11	17.48	*2.37*
SK-48	1.50	*15*	20.42	17.75	*2.42*
	4.50	*16*	20.30	17.50	*2.43*
	10.50	*19*	19.89	16.72	*2.45*
SK-49	1.50	*5*	22.83	21.75	*2.44*
	6.00	*7*	22.46	20.99	*2.46*
	9.00	*19*	19.67	16.53	*2.41*
SK-50	3.00	*15*	20.36	17.70	*2.41*
	7.50	*5*	23.08	21.98	*2.47*
	10.50	*15*	20.42	17.75	*2.42*
SK-51	1.50	*12*	21.34	19.05	*2.47*
	6.00	*14*	21.61	18.95	*2.58*
	10.50	*24*	19.42	15.66	*2.51*
SK-52	1.50	*24*	18.83	15.19	*2.39*
	6.00	*25*	18.10	14.48	*2.27*
	10.50	*24*	18.73	15.11	*2.37*
SK-53	3.00	*24*	18.53	14.94	*2.33*
	6.00	*26*	18.57	14.74	*2.39*
	10.50	*23*	18.76	15.25	*2.35*
SK-54	3.00	*25*	18.35	14.68	*2.32*
	7.50	*25*	18.40	14.72	*2.33*

	12.00	*25*	18.55	14.84	*2.36*
SK-55	1.50	*23*	18.71	15.21	*2.34*
	3.00	*24*	18.53	14.94	*2.33*
	7.50	*24*	18.68	15.07	*2.36*
SK-56	3.00	*25*	18.50	14.80	*2.35*
	4.50	*24*	18.68	15.07	*2.36*
	9.00	*25*	18.50	14.80	*2.35*
SK-57	1.50	*23*	18.71	15.21	*2.34*
	6.00	*24*	18.78	15.15	*2.38*
	18.00	*24*	18.58	14.98	*2.34*
SK-58	1.50	*24*	18.78	15.15	*2.38*
	6.00	*27*	18.35	14.45	*2.37*
	9.00	*24*	18.63	15.03	*2.35*
SK-59	3.00	*25*	18.65	14.92	*2.38*
	7.50	*23*	18.92	15.38	*2.38*
	10.50	*24*	18.73	15.11	*2.37*
SK-60	3.00	*26*	18.57	14.74	*2.39*
	7.50	*23*	18.92	15.38	*2.38*
	10.50	*26*	18.38	14.59	*2.35*
SK-61	1.50	*27*	18.31	14.41	*2.36*
	6.00	*25*	18.65	14.92	*2.38*
	9.00	*24*	18.83	15.19	*2.39*
SK-62	1.50	*23*	18.87	15.34	*2.37*
	4.50	*28*	18.10	14.14	*2.34*
	10.50	*23*	18.66	15.17	*2.33*
SK-63	1.50	*23*	18.76	15.25	*2.35*
	4.50	*26*	18.33	14.55	*2.34*
	10.50	*25*	18.55	14.84	*2.36*
SK-64	3.00	*23*	18.71	15.21	*2.34*
	7.50	*24*	18.68	15.07	*2.36*
	10.50	*24*	18.53	14.94	*2.33*
SK-65	3.00	*25*	18.45	14.76	*2.34*
	4.50	*25*	18.55	14.84	*2.36*

	12.00	*23*	18.71	15.21	*2.34*
SK-66	3.00	*28*	18.24	14.25	*2.37*
	9.00	*26*	18.48	14.66	*2.37*
	12.00	*23*	18.66	15.17	*2.33*
SK-67	3.00	*25*	18.85	15.08	*2.42*
	6.00	*28*	18.05	14.10	*2.33*
	9.00	*19*	19.73	16.58	*2.42*
SK-68	1.50	*16*	20.42	17.60	*2.45*
	6.00	*24*	18.93	15.27	*2.41*
	9.00	*17*	20.41	17.45	*2.48*
SK-69	3.00	*13*	20.80	18.41	*2.42*
	7.50	*22*	19.58	16.05	*2.48*
	10.50	*18*	19.25	16.32	*2.31*
SK-70	1.50	*5*	22.00	20.95	*2.34*
	6.00	*15*	20.79	18.08	*2.48*
	10.50	*15*	20.73	18.02	*2.47*
SK-71	1.50	*13*	20.67	18.29	*2.40*
	4.50	*15*	20.54	17.86	*2.44*
	9.00	*16*	20.48	17.65	*2.46*
SK-72	1.50	*18*	20.29	17.19	*2.49*
	4.50	*22*	19.52	16.00	*2.47*
	9.00	*26*	18.86	14.97	*2.45*
SK-73	4.50	*11*	21.35	19.24	*2.44*
	7.50	*9*	21.66	19.87	*2.42*
	12.00	*14*	20.73	18.19	*2.44*
SK-74	1.50	*12*	21.27	18.99	*2.46*
	7.50	*19*	19.67	16.53	*2.41*
	12.00	*19*	19.56	16.44	*2.39*
SK-75	1.50	*25*	18.65	14.92	*2.38*
	6.00	*25*	19.04	15.23	*2.46*
	12.00	*14*	20.92	18.35	*2.47*
SK-76	1.50	*23*	19.27	15.67	*2.45*
	4.50	*21*	19.25	15.91	*2.39*

	6.00	*27*	19.22	15.14	*2.56*
SK-77	3.00	*23*	18.61	15.13	*2.32*
	4.50	*20*	19.68	16.40	*2.44*
	10.50	*23*	18.76	15.25	*2.35*
SK-78	1.50	*8*	21.82	20.20	*2.41*
	6.00	*13*	20.61	18.23	*2.39*
	12.00	*14*	20.86	18.30	*2.46*
SK-79	3.00	*18*	19.89	16.86	*2.42*
	7.50	*22*	19.47	15.96	*2.46*
	13.50	*17*	20.00	17.10	*2.41*
SK-80	1.50	*19*	19.50	16.39	*2.38*
	4.50	*24*	18.63	15.03	*2.35*
	10.50	*20*	19.46	16.22	*2.40*
SK-81	3.00	*15*	20.66	17.97	*2.46*
	6.00	*19*	20.11	16.90	*2.49*
	9.00	*23*	19.27	15.67	*2.45*
SK-82	1.50	*12*	21.14	18.87	*2.44*
	7.50	*16*	20.05	17.29	*2.39*
	15.00	*9*	21.73	19.94	*2.43*
SK-83	3.00	*13*	20.34	18.00	*2.35*
	6.00	*24*	18.93	15.27	*2.41*
	13.50	*19*	19.84	16.67	*2.44*
SK-84	1.50	*18*	19.78	16.76	*2.40*
	4.50	*13*	21.00	18.58	*2.45*
	10.50	*16*	20.66	17.81	*2.49*
SK-85	3.00	*10*	21.08	19.16	*2.37*
	7.50	*19*	19.84	16.67	*2.44*
	15.00	*15*	20.79	18.08	*2.48*
SK-86	1.50	*24*	18.83	15.19	*2.39*
	6.00	*22*	18.85	15.45	*2.34*
	13.50	*25*	18.75	15.00	*2.40*
SK-87	3.00	*17*	19.71	16.84	*2.36*
	7.50	*10*	19.13	15.94	*2.34*

	16.50	*15*	20.11	17.48	*2.37*
SK-88	1.50	*19*	20.00	16.81	*2.47*
	4.50	*15*	20.60	17.92	*2.45*
	10.50	*18*	20.23	17.15	*2.48*
SK-89	3.00	*20*	19.68	16.40	*2.44*
	6.00	*11*	21.21	19.11	*2.42*
	13.50	*15*	20.79	18.08	*2.48*
SK-90	3.00	*19*	19.62	16.48	*2.40*
	7.50	*13*	20.87	18.47	*2.43*
	15.00	*18*	20.06	17.00	*2.45*
SK-91	1.50	*20*	19.24	16.03	*2.36*
	6.00	*19*	19.50	16.39	*2.38*
	10.50	*24*	18.88	15.23	*2.40*
SK-92	3.00	*19*	19.33	16.25	*2.35*
	6.00	*22*	1937	15.88	*2.44*
	12.00	*14*	20.92	18.35	*2.47*
SK-93	1.50	*25*	18.65	14.92	*2.38*
	7.50	*21*	19.63	16.22	*2.46*
	10.50	*18*	20.18	17.10	*2.47*
SK-94	3.00	*12*	20.46	18.27	*2.34*
	7.50	*16*	19.87	17.13	*2.36*
	15.00	*22*	1879	15.40	*2.33*
SK-95	1.50	*24*	18.88	15.23	*2.40*
	6.00	*13*	21.13	18.70	*2.47*
	16.50	*11*	21.76	19.61	*2.50*
SK-96	1.50	*25*	18.99	15.19	*2.45*
	7.50	*20*	19.84	16.53	*2.47*
	10.50	*23*	19.17	15.59	*2.43*
SK-97	3.00	*26*	18.52	14.70	*2.38*
	6.00	*19*	1973	16.58	*2.42*
	9.00	*15*	2079	18.08	*2.48*
SK-98	1.50	*21*	19.31	15.96	*2.40*
	4.50	*18*	19.66	16.66	*2.38*

	13.50	*23*	19.32	15.71	*2.46*
SK-99	3.00	*17*	20.06	17.15	*2.42*
	7.50	*15*	20.36	17.70	*2.41*
	15.00	*19*	1956	16.44	*2.39*
SK-100	3.00	*16*	20.42	17.60	*2.45*
	6.00	*19*	20.00	16.81	*2.47*
	13.50	*24*	19.28	15.55	*2.48*
SK-101	1.50	*14*	20.86	18.30	*2.46*
	7.50	*17*	19.88	16.99	*2.39*
	10.50	*19*	19.67	16.53	*2.41*
SK-102	1.50	*23*	19.32	15.71	*2.46*
	4.50	*11*	21.42	19.30	*2.45*
	15.00	*17*	20.41	17.45	*2.48*
SK-103	3.00	*21*	19.31	15.96	*2.40*
	7.50	*24*	18.78	15.15	*2.38*
	12.00	*18*	19.83	16.81	*2.41*
SK-104	1.50	*15*	20.54	17.86	*2.44*
	7.50	*19*	20.00	16.81	*2.47*
	13.50	*21*	19.57	16.18	*2.45*
SK-105	3.00	*17*	20.06	17.15	*2.42*
	6.00	*25*	19.04	15.23	*2.46*
	10.50	*22*	19.32	15.83	*2.43*
SK-106	1.50	*19*	20.06	16.86	*2.48*
	4.50	*13*	21.13	18.70	*2.47*
	9.00	*17*	20.24	17.30	*2.45*
SK-107	3.00	*20*	19.35	16.12	*2.38*
	7.50	*22*	18.90	15.49	*2.35*
	15.00	*18*	19.55	16.56	*2.36*
SK-108	1.50	*17*	19.88	16.99	*2.39*
	7.50	*20*	1984	16.53	*2.47*
	13.50	*13*	21.06	18.64	*2.46*
SK-	3.00	*19*	19.62	16.48	*2.40*
	4.50	*15*	20.79	18.08	*2.48*

109	9.00	*11*	21.42	19.30	*2.45*
SK-110	1.50	*24*	18.88	15.23	*2.40*
	6.00	*20*	19.40	16.17	*2.39*
	10.50	*19*	19.33	16.25	*2.35*

4.4.2.1.2. Zeminlerin Sınıflandırılması

Çalışma alanından alınan örneklerle elek analizleri ve kıvam limiti deneyleri yapılarak Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)'ne göre zemin sınıfları belirlenmiştir. İnceleme alanında gözlenen birimlerin zemin grubu dağılımları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. İnceleme alanında, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılmasına (USCS) göre zemin grubu dağılımları

Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Sınıfı
SK-1	1.50	ML	**SK-12**	1.50	ML	**SK-23**	1.50	ML	**SK-34**	3.00	SC-SM
	7.50	SC-SM		6.00	SC-SM		7.50	GW		6.00	SC-SM
	25.50	SW		10.50	SC-SM		19.50	SC-SM		10.50	SC-SM
SK-2	3.00	SW	**SK-13**	3.00	ML	**SK-24**	3.00	SC-SM	**SK-35**	1.50	GC-GM
	6.00	SC-SM		9.00	ML		7.50	SC-SM		7.50	SW
	18.00	SW		18.00	SC-SM		12.00	SC-SM		12.00	SW
SK-3	1.50	SW	**SK-14**	1.50	ML	**SK-25**	4.50	ML	**SK-36**	4.50	SC-SM
	4.50	SW		10.50	ML		15.00	ML		6.00	SC-SM
	9.00	ML		12.00	ML		18.00	SC-SM		9.00	SC-SM
SK-4	3.00	SC-SM	**SK-15**	1.50	ML	**SK-26**	3.00	ML	**SK-37**	1.50	ML
	6.00	ML		15.00	SC-SM		13.50	ML		3.00	ML
	13.50	SW		18.00	ML		19.50	SC-SM		12.00	ML
SK-5	1.50	ML	**SK-16**	3.00	ML	**SK-27**	1.50	SC-SM	**SK-38**	1.50	CL-ML
	4.50	SC-SM		7.50	ML		4.50	SC-SM		4.50	SC-SM
	16.50	ML		18.00	SC-SM		10.50	SC-SM		10.50	SW
SK-6	1.50	SC-SM	**SK-17**	3.00	ML	**SK-28**	3.00	SC-SM	**SK-39**	1.50	SC-SM
	4.50	ML		13.50	ML		7.50	SC-SM		9.00	SC-SM
	18.0	ML		19.50	SC-SM		12.00	SC-SM		18.00	SC-SM
	3.00	SC-SM		1.50	ML		4.50	ML		4.50	SC-SM

SK-7	15.00	ML	**SK-18**	4.50	SC-SM	**SK-29**	9.00	SC-SM	**SK-40**	7.50	SC-SM
	19.50	SC-SM		19.50	ML		12.00	ML		15.00	SC-SM
SK-8	1.50	SC-SM	**SK-19**	3.00	SC-SM	**SK-30**	3.00	SC-SM	**SK-41**	1.50	SC-SM
	9.00	SC-SM		9.00	SC-SM		7.50	SC-SM		9.00	SW
	13.50	SW		18.00	SC-SM		12.00	ML		12.00	SP-SC
SK-9	4.50	SC-SM	**SK-20**	1.50	SC-SM	**SK-31**	4.50	SC-SM	**SK-42**	1.50	SP-SC
	9.00	SW		10.50	SC-SM		9.00	SC-SM		6.00	SP-SC
	19.50	SW		18.00	SC-SM		12.00	ML		10.50	SP-SC
SK-10	3.00	SC-SM	**SK-21**	3.00	ML	**SK-32**	1.50	ML	**SK-43**	1.50	SC-SM
	6.00	SC-SM		13.50	SC-SM		7.50	ML		6.00	SC-SM
	10.50	SC-SM		18.00	SC-SM		12.00	SC-SM		10.50	SP-SC
SK-11	1.50	SC-SM	**SK-22**	4.50	ML	**SK-33**	3.00	ML	**SK-44**	1.50	SC-SM
	7.50	SC-SM		10.50	ML		7.50	ML		6.00	SW
	15.00	SC-SM		15.00	ML		10.50	ML		10.50	SW
SK-45	1.50	SC-SM	**SK-62**	1.50	SC-SM	**SK-79**	3.00	SC-SM	**SK-96**	1.50	SC-SM
	3.00	SC-SM		4.50	SC-SM		7.50	SC-SM		7.50	GC-GM
	9.00	SC-SM		10.50	SC-SM		13.50	SC-SM		10.50	GC-GM
SK-46	3.00	SW	**SK-63**	1.50	GW-GC	**SK-80**	1.50	ML	**SK-97**	3.00	ML
	6.00	SW		4.50	GW-GC		4.50	ML		6.00	SC-SM
	10.50	SC-SM		10.50	GW-GC		10.50	ML		9.00	SC-SM
SK-47	1.50	SC-SM	**SK-64**	3.00	SC-SM	**SK-81**	3.00	SC-SM	**SK-98**	1.50	ML
	3.00	SW		7.50	SC-SM		6.00	GC-GM		4.50	ML
	6.00	GC-GM		10.50	SC-SM		9.00	GC-GM		13.50	SC-SM
SK-48	1.50	SC-SM	**SK-65**	3.00	SC-SM	**SK-82**	1.50	SC-SM	**SK-99**	3.00	ML
	4.50	SC-SM		4.50	SC-SM		7.50	SC-SM		7.50	ML
	10.50	SC-SM		12.00	SC-SM		15.00	SC-SM		15.00	ML
SK-49	1.50	SC-SM	**SK-66**	3.00	ML	**SK-83**	3.00	SC-SM	**SK-100**	3.00	SC-SM
	6.00	SW		9.00	ML		6.00	SC-SM		6.00	GC-GM
	9.00	SW		12.00	ML		13.50	SC-SM		13.50	GC-GM
	3.00	SC-SM		3.00	ML		1.50	GC-GM		1.50	SW

SK-50	7.50	SC-SM	**SK-67**	6.00	ML	**SK-84**	4.50	GC-GM	**SK-101**	7.50	ML
	10.50	SC-SM		9.00	ML		10.50	GC-GM		10.50	ML
SK-51	1.50	SC-SM	**SK-68**	1.50	SC-SM	**SK-85**	3.00	ML	**SK-102**	1.50	SC-SM
	6.00	SC-SM		6.00	ML		7.50	SC-SM		4.50	SC-SM
	10.50	SC-SM		9.00	SC-SM		15.00	SC-SM		15.00	GC-GM
SK-52	1.50	ML	**SK-69**	3.00	SC-SM	**SK-86**	1.50	ML	**SK-103**	3.00	ML
	6.00	SC-SM		7.50	SW		6.00	ML		7.50	ML
	10.50	SC-SM		10.50	SC-SM		13.50	ML		12.00	ML
SK-53	3.00	ML	**SK-70**	1.50	SC-SM	**SK-87**	3.00	ML	**SK-104**	1.50	ML
	6.00	SC-SM		6.00	GW		7.50	ML		7.50	SC-SM
	10.50	SW		10.50	GC-GM		16.50	ML		13.50	SC-SM
SK-54	3.00	SC-SM	**SK-71**	1.50	SC-SM	**SK-88**	1.50	SC-SM	**SK-105**	3.00	SC-SM
	7.50	SP-SC		4.50	SC-SM		4.50	SC-SM		6.00	ML
	12.00	SP-SC		9.00	SC-SM		10.50	SC-SM		10.50	ML
SK-55	1.50	ML	**SK-72**	1.50	SC-SM	**SK-89**	3.00	SC-SM	**SK-106**	1.50	GC-GM
	3.00	ML		4.50	ML		6.00	GC-GM		4.50	GC-GM
	7.50	SC-SM		9.00	ML		13.50	GC-GM		9.00	GC-GM
SK-56	3.00	SC-SM	**SK-73**	4.50	SC-SM	**SK-90**	3.00	SC-SM	**SK-107**	3.00	ML
	4.50	SC-SM		7.50	SC-SM		7.50	SC-SM		7.50	ML
	9.00	SC-SM		12.00	SC-SM		15.00	SC-SM		15.00	ML
SK-57	1.50	SC-SM	**SK-74**	1.50	SC-SM	**SK-91**	1.50	ML	**SK-108**	1.50	ML
	6.00	SC-SM		7.50	SC-SM		6.00	ML		7.50	SC-SM
	18.00	SP-SC		12.00	SC-SM		10.50	ML		13.50	GC-GM
SK-58	1.50	SC-SM	**SK-75**	1.50	ML	**SK-92**	3.00	ML	**SK-109**	3.00	ML
	6.00	SC-SM		6.00	ML		6.00	SW		4.50	SW
	9.00	SC-SM		12.00	ML		12.00	SC-SM		9.00	GC-GM
SK-59	3.00	SC-SM	**SK-76**	1.50	ML	**SK-93**	1.50	ML	**SK-110**	1.50	ML
	7.50	SC-SM		4.50	ML		7.50	SC-SM		6.00	ML
	10.50	SC-SM		6.00	ML		10.50	SC-SM		10.50	ML
	3.00	SC-SM		3.00	ML		3.00	ML			

SK-60	7.50	SC-SM	**SK-77**	4.50	ML	**SK-94**	7.50	ML			
	10.50	SC-SM		10.50	ML		15.00	ML			
SK-61	1.50	SC-SM	**SK-78**	1.50	SC-SM	**SK-95**	1.50	ML			
	6.00	SC-SM		6.00	SC-SM		6.00	SC-SM			
	9.00	SC-SM		12.00	SC-SM		16.50	GC-GM			

İnceleme alanının temelini oluşturan Asartepe formasyonuna ait birimler genellikle CL, ML, GW, GC-GM grubu zeminlerden oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyal taraça ve yelpaze çökelleri ML, GW, SC-SM, SW, CL grubu zeminlerden, Holosen yaşlı taşkın-bataklık çökelleri ise CL, ML, SW grubu zeminlerden oluşmaktadır.

4.4.2.2. Zeminlerin Mekanik Özellikleri

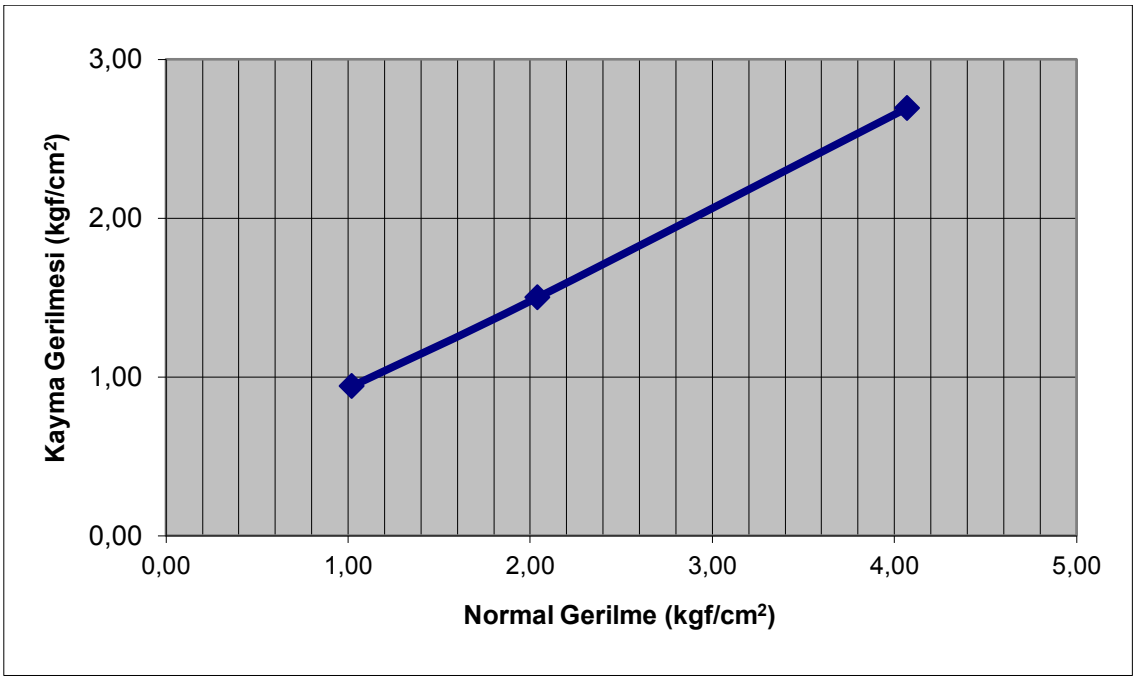
Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu laboratuar deneyleri sonuçları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kesme kutusu deneyleri sonucunda elde edilen zeminlerin mekanik parametreleri

KUYU NO	DERİNLİK (m)	Doğal Birim Hacim Ağırlık kN/m^3	Kohezyon C (kg/cm^2)	İçsel sürtünme açısı Φ°	KUYU NO	DERİNLİK (m)	Doğal Birim Hacim Ağırlık kN/m^3	Kohezyon (C) (kg/cm^2)	İçsel sürtünme açısı (Φ°)
SK-1	7.50	20.11	0	25	**SK-53**	10.50	18.76	0	28
SK-2	3.00	19.27	0	27	**SK-54**	3.00	18.35	0	24
SK-3	4.50	22.37	0	24	**SK-55**	7.50	18.68	0	25
SK-4	13.50	20.66	0	28	**SK-56**	4.50	18.68	0	25
SK-5	4.50	21.90	0	28	**SK-57**	1.50	18.71	0	28
SK-6	1.50	21.09	0	24	**SK-58**	6.00	18.35	0	26
SK-7	19.50	20.50	0	29	**SK-59**	10.50	18.73	0	27
SK-8	9.00	23.36	0	25	**SK-60**	3.00	18.57	0	25
SK-9	19.50	20.46	0	30	**SK-61**	1.50	18.31	0	26
SK-10	6.00	21.30	0	25	**SK-62**	4.50	18.10	0	24
SK-11	7.50	21.05	0	24	**SK-63**	1.50	18.76	0	30
SK-12	10.50	20.71	0	27	**SK-64**	3.00	18.71	0	23
SK-13	18.00	19.71	0	24	**SK-65**	4.50	18.55	0	24

SK-15	15.00	19.09	0	28	**SK-68**	1.50	20.42	0	25
SK-16	18.00	19.27	0	27	**SK-69**	7.50	19.58	0	28
SK-17	19.50	20.84	0	29	**SK-70**	6.00	20.79	0	31
SK-18	4.50	20.09	0	25	**SK-71**	1.50	20.67	0	27
SK-19	3.00	24.31	0	24	**SK-72**	1.50	20.29	0	24
SK-20	1.50	19.71	0	26	**SK-73**	4.50	21.35	0	26
SK-21	13.50	19.78	0	27	**SK-74**	7.50	19.67	0	28
SK-23	7.50	22.35	0	32	**SK-78**	1.50	21.82	0	27
SK-24	3.00	20.21	0	28	**SK-79**	13.50	20.00	0	29
SK-25	18.00	20.42	0	26	**SK-81**	6.00	20.11	0	31
SK-26	19.50	20.40	0	28	**SK-82**	1.50	21.14	0	25
SK-27	1.50	21.97	0	27	**SK-83**	3.00	20.34	0	26
SK-28	7.50	20.48	0	25	**SK-84**	4.50	21.00	0	32
SK-29	9.00	20.25	0	25	**SK-85**	7.50	19.84	0	25
SK-30	7.50	19.28	0	24	**SK-88**	1.50	20.00	0	24
SK-31	4.50	19.32	0	27	**SK-89**	6.00	21.21	0	30
SK-32	12.00	19.73	0	28	**SK-90**	3.00	19.62	0	26
SK-34	3.00	22.39	0	29	**SK-92**	6.00	19.37	0	27
SK-35	1.50	22.31	0	32	**SK-93**	10.50	20.18	0	28
SK-36	4.50	20.87	0	24	**SK-95**	16.50	21.76	0	32
SK-38	10.50	18.48	0	26	**SK-96**	1.50	18.99	0	25
SK-42	10.50	18.33	0	26	**SK-97**	6.00	19.73	0	27
SK-44	6.00	18.16	0	25	**SK-98**	13.50	19.32	0	28
SK-45	1.50	18.61	0	26	**SK-100**	6.00	20.00	0	30
SK-46	10.50	20.94	0	28	**SK-101**	1.50	20.86	0	24
SK-47	3.00	20.18	0	24	**SK-102**	15.00	20.41	0	31
SK-48	4.50	20.30	0	26	**SK-104**	7.50	20.00	0	26
SK-49	6.00	22.46	0	27	**SK-105**	3.00	20.06	0	25
SK-50	7.50	23.08	0	25	**SK-106**	1.50	20.06	0	31
SK-51	1.50	21.34	0	24	**SK-108**	1.50	19.88	0	27
SK-52	6.00	18.10	0	26	**SK-109**	4.50	20.79	0	26

Yapılan 87 adet kesme kutusu deneyleri sonucunda inceleme alanında sondajlarda kesilen zeminlerin kohezyon (c) ve içsel sürtünme açıları hesaplanmıştır (Şekil 4.14). Hesaplanan sonuçlara göre, inceleme alanındaki zeminlerin kohezyonsuz olduğu ve içsel sürtünme açılarının 24^0 ile 32^0 arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4.14. Kesme kutusu deneyi çizelgesi (SK-9).

Çizelge 4.6. Serbest Basınç deneyleri sonucunda elde edilen zeminlerin mekanik parametreleri

Kuyu No	Derinlik (m)	qu (kg/cm²)	Cu (kg/cm²)	Kuyu No	Derinlik (m)	qu (kg/cm²)	Cu (kg/cm²)	Kuyu No	Derinlik (m)	qu (kg/cm²)	Cu (kg/cm²)
SK-1	1.50	0.90	0.45	SK-32	7.50	0.98	0.49		3.00	1.01	0.50
SK-3	9.00	0.94	0.47		3.00	1.01	0.50	SK-87	7.50	0.96	0.48
SK-4	6.00	0.91	0.48	SK-33	7.50	0.92	0.46		16.50	1.02	0.51
SK-5	1.50	0.92	0.46		10.50	0.95	0.47		1.50	0.92	0.46
	16.50	0.98	0.49		1.50	0.94	0.47	SK-91	6.00	0.97	0.49
SK-6	4.50	0.94	0.47	SK-37	3.00	0.98	0.49		10.50	0.94	0.47

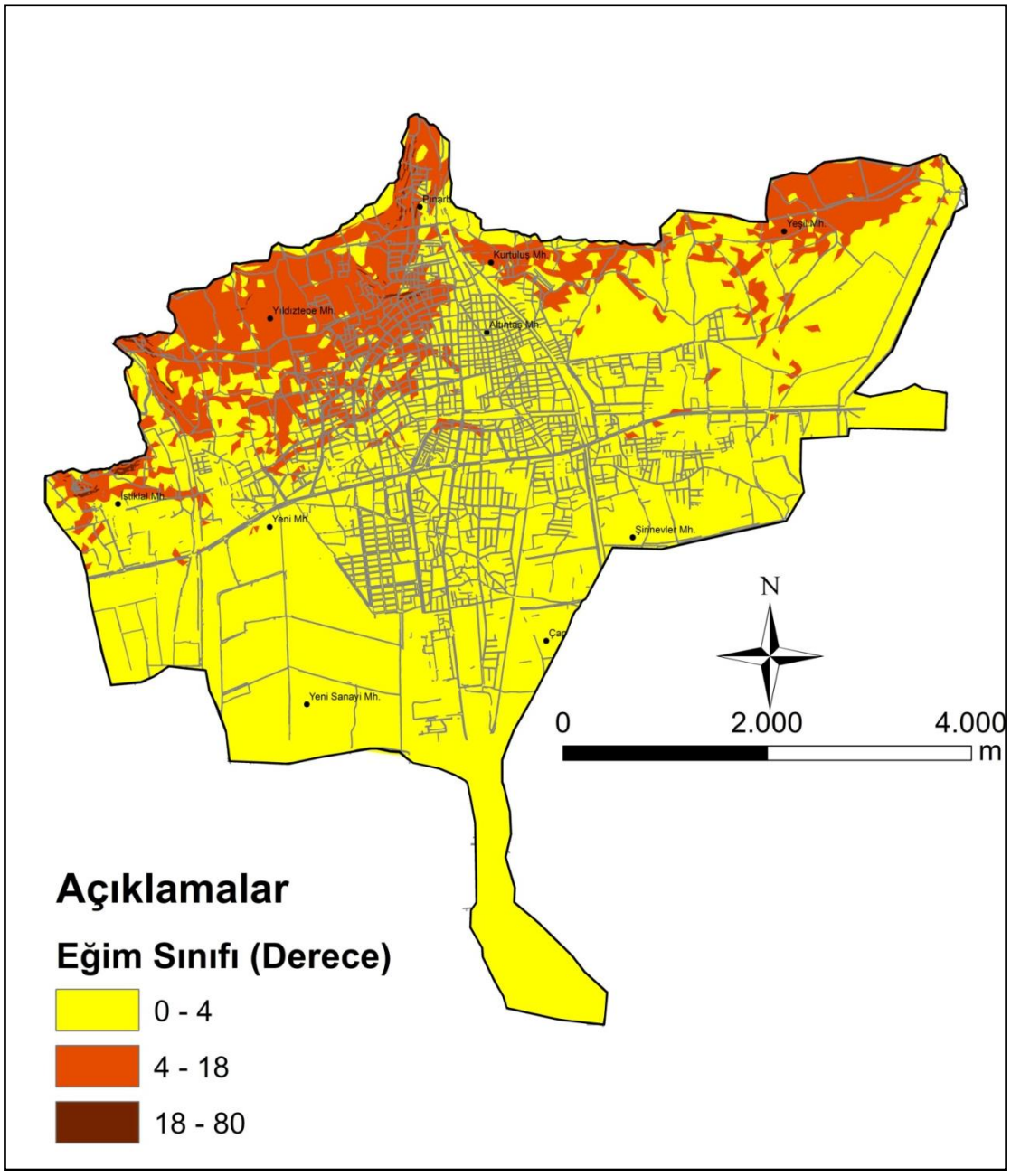
	18.00	0.97	0.48		12.00	0.92	0.46	**SK-92**	3.00	0.96	0.48
SK-7	15.00	0.93	0.46	**SK-52**	1.50	0.96	0.48	**SK-93**	1.50	0.92	0.46
SK-12	1.50	0.98	0.49	**SK-53**	3.00	0.98	0.49		3.00	0.95	0.47
SK-13	3.00	1.02	0.51	**SK-55**	1.50	0.96	0.48	**SK-94**	7.50	0.98	0.49
	9.00	0.96	0.48		3.00	0.94	0.47		15.00	1.01	0.50
SK-14	1.50	0.94	0.47	**SK-66**	3.00	0.94	0.47	**SK-95**	1.50	0.94	0.47
	10.50	0.90	0.45		9.00	0.90	0.45	**SK-97**	3.00	0.94	0.47
	12.00	0.95	0.48		12.00	1.02	0.51	**SK-98**	1.50	0.91	0.45
SK-15	1.50	0.98	0.49		3.00	0.96	0.48		4.50	0.96	0.48
	18.00	0.92	0.46	**SK-67**	6.00	0.92	0.46		3.00	0.98	0.49
SK-16	3.00	0.96	0.48		9.00	0.95	0.48	**SK-99**	7.50	0.92	0.46
	18.00	0.90	0.45	**SK-68**	6.00	0.96	0.48		15.00	0.95	0.47
SK-17	3.00	0.92	0.46	**SK-72**	4.50	0.90	0.45	**SK-101**	7.50	0.96	0.48
	13.50	0.98	0.49		9.00	0.94	0.47		10.50	0.90	0.45
SK-18	1.50	0.95	0.47		1.50	0.97	0.48		3.00	0.94	0.47
	19.50	0.94	0.47	**SK-75**	6.00	0.92	0.46	**SK-103**	7.50	0.92	0.46
SK-21	3.00	0.96	0.48		12.00	0.96	0.48		12.00	1.01	0.50
SK-22	4.50	0.92	0.46		1.50	0.93	0.47	**SK-104**	1.50	0.94	0.47
	10.50	0.95	0.48	**SK-76**	4.50	0.96	0.48	**SK-105**	6.00	0.98	0.49
	15.00	0.90	0.45		6.00	0.98	0.49		10.50	0.92	0.46
SK-23	1.50	0.98	0.49		3.00	0.90	0.45	**SK-107**	3.00	0.90	0.45
	4.50	0.94	0.47	**SK-77**	4.50	1.00	0.50		7.50	0.96	0.48

SK-25	15.00	0.98	0.49		10.50	0.92	0.48		15.00	1.02	0.51
SK-26	3.00	0.90	0.45	**SK-80**	1.50	0.90	0.45	**SK-108**	1.50	0.92	0.46
	13.50	0.96	0.48		4.50	0.94	0.47	**SK-109**	3.00	0.96	0.48
SK-29	4.50	0.98	0.49		10.5	0.93	0.46	**SK-110**	1.50	0.95	0.47
	12.00	0.92	0.48	**SK-85**	3.00	0.98	0.49		6.00	0.97	0.49
SK-30	12.00	0.90	0.45	**SK-86**	1.50	0.92	0.46		10.50	1.00	0.50
SK-31	12.00	0.94	0.47		6.00	0.95	0.47				
SK-32	1.50	0.97	0.48		13.50	0.90	0.45				

Yapılan 106 adet Serbest Basınç deneyleri sonucunda inceleme alanında sondajlarda kesilen zeminlerin q_u ve c_u değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre q_u değerlerinin 0.90 ile 1.01 kg/cm^2 arasında; c_u değerlerinin ise 0.45 ile 0.51 kg/cm^2 arasında değiştiği görülmüştür.

4.5. Eğim Durumu

Yerleşim alanlarının planlanmasında eğim durumu, arazi kullanımı konusunda belirleyici faktörlerden biridir. Bu amaçla Nazilli yerleşim alanı için eğim haritası yapılmıştır. 1/5000 ölçekli topografik haritada eşyükselti eğrileri 2.5 m aralıklarla sayısallaştırılmıştır. Çalışma alanı için hazırlanan eğim haritasındaki eğim değerleri derece olarak belirlenmiştir. Bu haritadan yararlanılarak hazırlanan eğim haritası, eğim durumu bakımından üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4.15). Nazilli yerleşim alanının tamamına yakını düşük eğimli (0-4^0) bir alanda kurulmuştur. Kuzeyde eğimi 4-18°'nin arasında olan yerlerde kısmen de olsa yerleşimler vardır. Eğimi 18-80° olan yerler çok az olmakla beraber buralarda çok fazla yerleşim yeri yoktur.



Şekil 4.15. Çalışma alanının eğim haritası.

4.6. Sıvılaşma

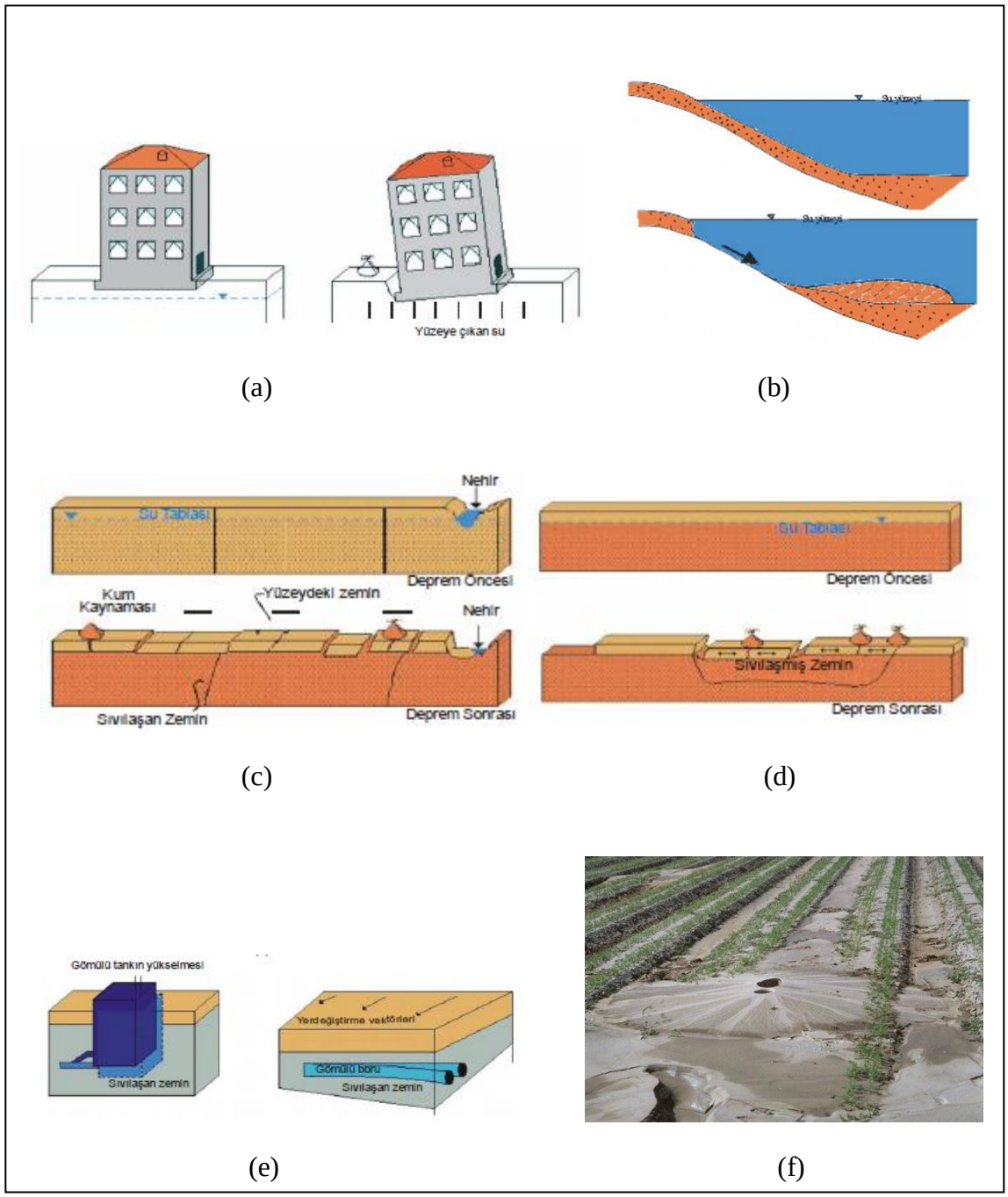
Gevşek suya doygun bir kum depozit, zemin titreşimlerine maruz kaldığında, sıkışma eğilimi ve hacimce küçülme gösterir. Suyun drenajı mümkün değilse, oluşan hacimdeki azalma eğilimi boşluk suyu basıncında artışa neden olur. Boşluk suyu basıncındaki bu artış düşey gerilmeye eşit olma noktasına erişirse, efektif gerilme sıfırlanır ve kum depoziti kayma mukavemetini tamamen kaybeder. Bu durumda sıvılaşma gelişir (Seed ve Idriss,1982).

Zemin sıvılaşmasının etkisinin görüldüğü örnekler; 1964-Niigata, 1920-California Calvers, 1938-Montana Fort Peck, 1948-Fukui, 1971-California San Fernando, 1964-Alaska Ancorage, 1980-Mino-Owari depremleri olarak sıralanabilir (Kishida, 1969). Ülkemizde de 1992-Erzincan, 1998-Ceyhan depremleri ve son büyük örnek de 1999-Marmara Depreminde gözlenen sıvılaşmalardır.

Zemin sıvılaşma analizlerinde ilk yapılması gereken, zemin profilinde sıvılaşabilecek zemin tabakalarının bulunup bulunmadığının belirlenmesidir. Temiz kumların potansiyel olarak sıvılaşabildiği uzun zamandan beri bilinmektedir. Potansiyel sıvılaşmanın olabileceği zemin koşullarını belirlemek amacıyla arazideki zemin koşulları incelenir, arazi ve laboratuar deneylerinden yararlanılır (Karaca, 2007).

Sıvılaşmanın zeminler üzerindeki etkileri genellikle aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şekil 4.16);

a. Zeminin taşıma gücünü yitirmesi,
b. Akma türü kayma,
c. Yanal yayılma,
d. Zemin salınımı,
e. Gömülü hafif yapılarda meydana gelen hasarlar,
f. Kum kaynaması



Şekil 4.16. Sıvılaşmanın zeminler üzerindeki etkileri (**a)** Zeminin taşıma gücünü yitirmesi, **(b)** Akma türü kayma, **(c)** Yanal yayılma, **(d)** Zemin salınımı, **(e)** Gömülü hafif yapılarda meydana gelen hasarlar (Ulusay, 2000) **(f)** Kum kaynaması (Anonim 2).

4.6.1. Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için birtakım arazi ve laboratuar deneyleri yapılabilmektedir. Arazide yerinde deneyler olarak; Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), Sismik kırılma (Vs) ve Konik Penetrasyon Deneyi (CPT) yapılmaktadır. Laboratuar deneyleri olarak ise dinamik basit makaslama, dinamik üç eksenli ve sarsma tablası yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, arazide yapılan sondajlardan elde edilen SPT-N değerlerinin düzeltilmesi ile belirlenen SPT-$(N1)_{60}$ değerlerinden yararlanılarak Youd ve ark. (2001)'na göre sıvılaşma analizi yapılarak sıvılaşma potansiyeli haritası hazırlanmıştır.

Seed ve Idriss (1971), 1964 yılında Alaska ve Niigata depremlerinden sonra basitleştirilmiş yöntem olarak da anılan ve SPT verisini esas alan analiz yöntemini önermişlerdir. Bununla birlikte, Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından da yine SPT verilerini esas alan bir yöntem önerilmiştir. Seed ve Idriss (1971)'in yöntemi daha sonraki yıllarda birkaç kez modifiye edilmiştir (Seed, 1983; Seed ve ark., 1985; Seed ve DeAlba, 1986; Seed ve Handler, 1990). Yöntem, son kez uluslararası deprem jeoteknik mühendisliği çalıştaylarında tartışılmış ve Youd ve ark. (2001) tarafından güncelleştirilerek son haliyle kullanıma sunulmuştur (Sönmez, 2006).

Bu yönteme göre bir zeminin sıvılaşma potansiyelinin belirlenebilmesi için iki değişken söz konusudur. Bunlar, sıvılaşmanın gerçekleşmesi için depremin neden olacağı tekrarlı gerilme oranı (CSR) ve zeminin sıvılaşmaya karşı göstereceği direnç (CRR)'tir. CRR'nin CSR'ye oranı da güvenlik katsayısını (FL) verir. FL'nin büyüklüğüne göre sıvılaşma direnci belirlenir.

4.6.1.1. Tekrarlı Gerilme Oranı (CSR)'nın belirlenmesi

Deprem sırasında zemine herhangi bir derinlikte etkiyen tekrarlı gerilme oranı (CSR); deprem veya tekrarlı bir yükleme nedeniyle zeminde gelişen ortalama tekrarlı makaslama gerilmesinin (τ_{av}), tekrarlı gerilmelerin uygulanmasından önce zemine etkiyen ilksel etkin düşey gerilmeye (σ'_{v0}) oranıdır.

CSR, Mw: 7.5 büyüklüğündeki bir deprem için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$CSR=\frac{\tau av}{\sigma'_0}=0{,}65\left(\frac{a_{max}}{g}\right)\left(\frac{\sigma}{\sigma'_{v0}}\right) rd \qquad \textbf{(4.1)}$$

$\tau av/\sigma'_0$ = Sıvılaşma analizi yapılan seviyeye etkiyen ortalama tekrarlı gerilme oranı

a_{max} = Yeryüzündeki maksimum yatay yer ivmesi

σ'_0 = Efektif düşey gerilme

σ_0 = Düşey toplam gerilme

g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s^2)

rd = 1-0,00765z ($z \leq 9.15m$) **(4.2a)**

rd = 1.174-0,0267z ($9.15 \leq z \leq 23$ m) (Liao ve Whitman, 1986) **(4.2b)**

rd: gerilme azaltma faktörünü, z ise derinliği ifade etmektedir

4.6.1.2. Tekrarlı Dayanım Oranı (CRR)'nın belirlenmesi

CRR zeminin sıvılaşmaya karşı göstereceği direnci ifade eder. CRR, Youd ve ark. (2001)'nın modifiye ettiği yöntemde SPT'yi esas alarak, SPT darbe sayısı ve SPT tüpü ile alınan örselenmiş örnekler üzerinde, laboratuarda belirlenen dane boyu dağılımı dağılımları kullanılmaktadır. Bu amaçla, SPT-N değeri düzeltilmiş standart penetrasyon direncine, $(N_1)_{60}$, dönüştürülür. $(N_1)_{60}$'ın belirlenmesinde birtakım düzeltme faktörleri vardır (Çizelge 4.7).

$$(N_1)_{60} = (N)\ (C_N)\ (C_E)\ (C_B)\ (C_R)\ (C_S) \quad \textbf{(4.3)}$$

Burada,

N : SPT darbe sayısı

C_N : Örtü gerilmesi için düzeltme faktörü

C_E : Şahmerdan enerji oranı (ER) için düzeltme faktörü

C_B : Kuyu çapı düzeltme faktörü

C_R : Tij uzunluğu düzeltme faktörü

C_S : İç gömlek düzeltme faktörüdür.

Tez kapsamında yapılan sıvılaşma analizinde Seed ve Idriss (1982)'in önerdiği C_N düzeltme katsayısı formülü kullanılmıştır.

$$C_N = \frac{2,2}{1,2+\sigma v'} \quad \textbf{(4.4)}$$

Çizelge 4.7. $(N_1)_{60}$'ın belirlenmesinde kullanılan düzeltme faktörleri (Robertson ve Wride, 1998)

Faktör	Ekipman	Simge	Düzeltme Faktörü
Örtü yükü	-	C_N	$(P_a/{}^1\sigma_{vo})^{0.5}$ (1)
Gerilmesi			$2.2 / (1.2 + {}^1\sigma_{vo} / P_a)$ (2)
Enerji Oranı	Donut tipi şahmerdan	C_E	0.5 – 1.0
	Safety tipi şahmerdan		0.7 – 1.2
	Otomatik halat - Donut tipi şahmerdan		0.8 – 1.3
Kuyu çapı	65 - 115	C_B	1.0
	150		1.05
	200		1.15
Tij uzunluğu	< 3	C_R	0.75
	3 - 4		0.80
	4 - 6		0.85
	6- 10		0.95
	10 - 30		1.0
Örnekleme Yöntemi	Standart tüp	C_S	1.0
	İç gömlek kullanılmadığında		1.1 – 1.3

(1) No'lu örtü yükü gerilim düzeltme faktörü Liao ve Whitman (1986), (2) no'lu eşitlik ise Kayen ve ark. (1992) tarafından önerilmiştir.

Youd ve ark. (2001), temiz kumlar ve 7.5 büyüklüğündeki bir deprem için CRR'nin aşağıdaki eşitlikten hesaplanmasını önermektedirler. Bu formülün uygulanabilmesi için $(N_1)_{60} \leq 30$ olması gerekmektedir. Eğer bu koşulu sağlamıyorsa zemin sıvılaşamayacak kadar sıkıdır (Youd ve ark. 2001).

$$CRR_{7,5} = ((1/34-(N_1)_{60}) + ((N_1)_{60}/135) + (50/(10(N_1)_{60}+45)^2 - (1/200)] \quad \textbf{(4.5)}$$

İTO ≥ % 5 olması durumunda, $(N_1)_{60}$ değeri $((N_1)_{60CS})$ değerine dönüştürülür.

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta\,(N_1)_{60} \quad \textbf{(4.6)}$$

Burada α ve β, aşağıdaki eşitliklerden hesaplanan katsayılardır.

$İTO \leq \%5$; $\alpha = 0\ \beta = 1.0$ **(4.7a)**

$\%5 < İTO < \%35$; $\alpha = \exp[1.76-(190/İTO2)]\ \beta = 0.99+(İTO1.5/1000)$ **(4.7b)**

$İTO \geq \%35$; $\alpha = 5.0\ \beta = 1.2$ **(4.7c)**

4.6.1.3. Deprem Büyüklüğü Ölçek Faktörü (MSF)

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda dikkate alınması gereken bir husus da, CRR ifadesinin 7.5 büyüklüğündeki bir depreme göre belirlenmesidir. Bu nedenle deprem büyüklüğü 7.5'ten farklı olduğu durumlarda bir düzeltmenin yapılması gerekir. Bu düzeltme büyüklük ölçek faktörü (MSF)'dür. Idriss (1995)'in belirlediği 151 büyüklük skala faktörü de aynı araştırmacılar tarafından yenilenerek aşağıdaki şekilde verilmiştir. Aydın ve civarında meydana gelen depremlere bakıldığında, en büyük depremin Mw=6.9 olduğu görülmektedir. Bu yüzden, tez çalışması kapsamında Mw=6.9 olarak alınmıştır.

$$MSF=10^{2.24}/Mw^{2.56} \quad \textbf{(4.8)}$$

4.6.1.4. Güvenlik Katsayısı (FL)

Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (FL), zeminin sıvılaşmaya karşı göstereceği direncin, deprem sırasında zemine herhangi bir derinlikte etkiyen tekrarlı gerilme oranına bölünmesi ile elde edilir.

$$FL = (CRR_{7.5} / CSR)\ MSF \quad \textbf{(4.9)}$$

Burada,

$CRR_{7.5}$: 7.5 büyüklüğündeki bir deprem için CRR

CSR: Depremin neden olduğu tekrarlı gerilme oranı

MSF: Deprem büyüklüğü için önerilen ölçek faktörüdür

Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için yapılan analizlere göre FL değerleri Çizelge 4.8'de, sıvılaşma potansiyeli haritası da Şekil 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Sondaj noktaları, koordinatları ve FL değerleri

Sondaj No	X	Y	FL (Güvenlik Katsayısı)	Sondaj No	X	Y	FL (Güvenlik Katsayısı)
SK-1	615573	4197873	0,52	**SK-32**	616382	4199118	0,29
SK-2	614731	4197241	0,58	**SK-33**	615888	4198653	0,33
SK-3	612894	4197114	0,37	**SK-34**	615788	4199962	0,39
SK-4	613861	4197357	0,53	**SK-35**	616038	4199557	-
SK-5	613748	4196453	0,40	**SK-36**	615736	4200435	-
SK-6	614753	4197968	0,34	**SK-37**	616377	4200616	0,80
SK-7	614462	4198281	0,36	**SK-38**	616921	4198483	0,25
SK-8	613966	4198044	1,20	**SK-39**	616520	4198941	0,39
SK-9	613799	4197770	0,93	**SK-40**	617339	4197279	0,36
SK-10	612720	4197839	0,72	**SK-41**	617508	4198252	0,38
SK-11	616730	4197835	0,33	**SK-42**	618419	4199733	0,51
SK-12	616091	4198116	0,52	**SK-43**	618598	4199218	0,38
SK-13	616112	4195657	0,36	**SK-44**	619397	4199213	0,48
SK-14	616888	4196446	0,30	**SK-45**	620475.82	4199380.78	0,59
SK-15	617873	4198502	-	**SK-46**	621129.43	4200804.87	0,62
SK-16	615814	4196465	0,41	**SK-47**	620416.19	4201114.98	0,39
SK-17	616747	4196876	0,36	**SK-48**	619564.59	4200249.07	-
SK-18	616916	4198033	0,57	**SK-49**	618891.91	4200509.08	0,82
SK-19	614080	4197417	0,84	**SK-50**	620471.05	4200229.99	0,35
SK-20	614216	4197198	0,64	**SK-51**	617921.04	4200201.36	0,36
SK-21	614688	4196811	0,34	**SK-52**	617143.39	4200194.20	0,30
SK-22	620344	4198658	0,33	**SK-53**	617985.45	4199449.95	0,35
SK-23	619266	4197794	0,45	**SK-54**	618190.59	4199056.36	0,44
SK-24	619400	4198629	0,34	**SK-55**	620005.90	4199888.87	0,32
SK-25	616544	4195380	0,38	**SK-56**	615914.90	4200907.44	0,32
SK-26	616828	4194743	0,36	**SK-57**	614743.66	4200206.13	0,77
SK-27	616947	4199755	0,41	**SK-58**	614607.70	4199502.43	0,31
SK-28	616485	4199803	0,34	**SK-59**	613524.72	4199387.93	0,43
SK-29	615685	4199271	0,28	**SK-60**	614130.61	4198951.40	0,33
SK-30	615373	4198741	0,27	**SK-61**	614803.30	4198994.34	0,33

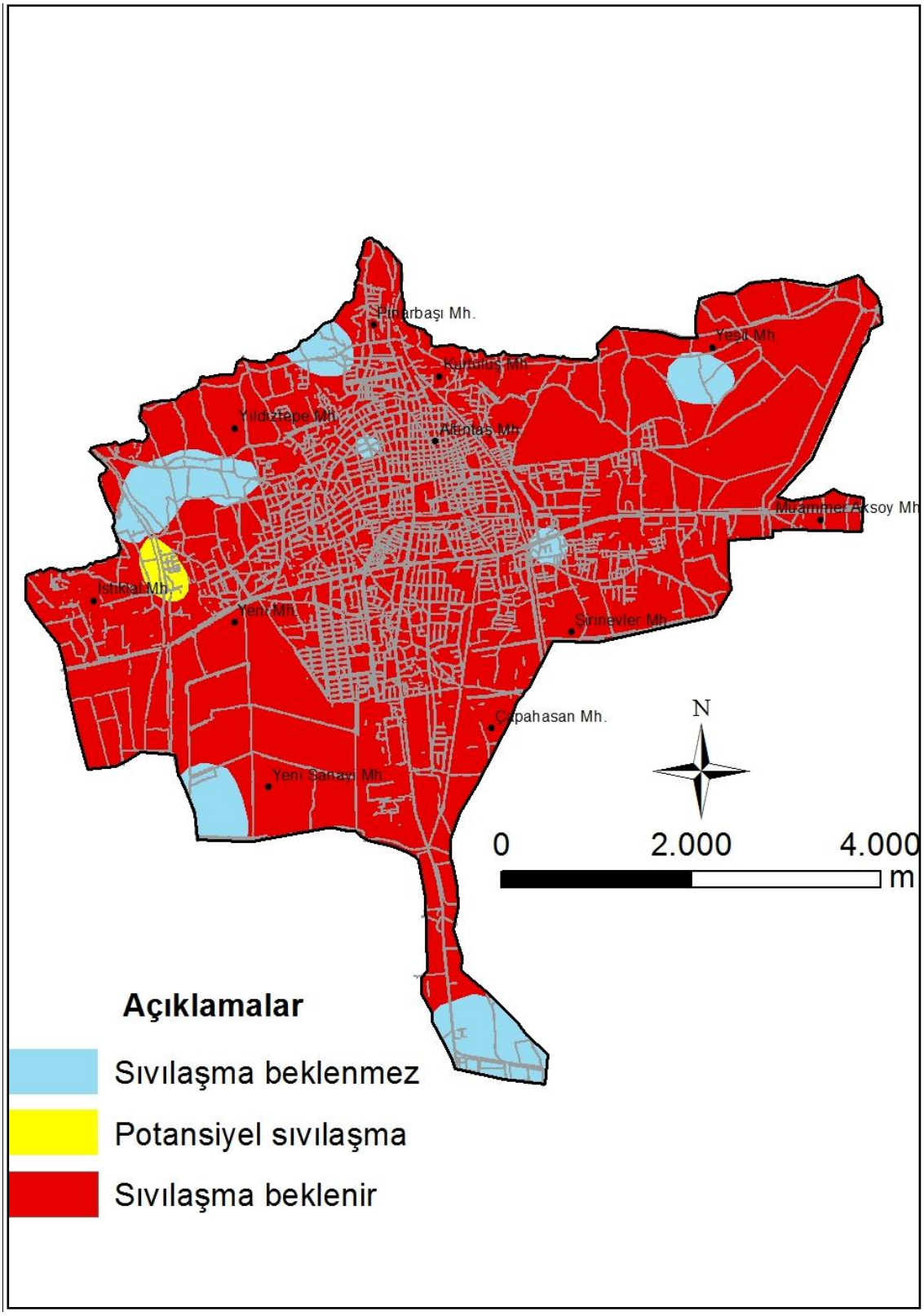
SK-31	617443	4198889	0,30	**SK-62**	615184.97	4199688.50	0,33
SK-63	613610.59	4198653.22	-	**SK-87**	616802.28	4197317.39	0,37
SK-64	613307.64	4198095.04	0,40	**SK-88**	613815.74	4196878.47	0,37
SK-65	614858.16	4196384.69	0,25	**SK-89**	614483.65	4198765.34	0,64
SK-66	615313.78	4196599.38	0,27	**SK-90**	619617.07	4199719.51	0,37
SK-67	614882.02	4195676.22	0,28	**SK-91**	617422.49	4196792.60	0,41
SK-68	615836.18	4197336.47	0,48	**SK-92**	613066.72	4196286.89	0,43
SK-69	619156.69	4199528.67	0,39	**SK-93**	613436.46	4196659.02	0,36
SK-70	619042.19	4199893.64	0,49	**SK-94**	617334.23	4193231.17	-
SK-71	616802.28	4194411.95	0,38	**SK-95**	613138.28	4197023.98	0,35
SK-72	616892.93	4193877.62	0,23	**SK-96**	613970.79	4198636.53	0,55
SK-73	615981.70	4198371.74	0,41	**SK-97**	614168.78	4196353.68	0,36
SK-74	617222.11	4199342.61	0,33	**SK-98**	614161.62	4196971.50	0,31
SK-75	615325.71	4196084.13	0,24	**SK-99**	615447.36	4196973.89	0,38
SK-76	615499.84	4195595.12	0,28	**SK-100**	614948.81	4199335.45	0,61
SK-77	615774.17	4196117.53	0,30	**SK-101**	613462.70	4197653.73	0,35
SK-78	614765.13	4198619.83	0,50	**SK-102**	618419.59	4200256.22	0,37
SK-79	615041.84	4198328.81	0,36	**SK-103**	615888.67	4196899.94	0,37
SK-80	617718.28	4197863.65	0,40	**SK-104**	614536.13	4197446.20	0,45
SK-81	619931.95	4200530.55	0,93	**SK-105**	614249.88	4198553.04	0,35
SK-82	615153.96	4197582.17	0,36	**SK-106**	614316.67	4195692.92	-
SK-83	615552.32	4198257.24	0,70	**SK-107**	618247.84	4197801.63	0,40
SK-84	614602.92	4199161.32	-	**SK-108**	616205.92	4200368.34	0,31
SK-85	618009.30	4199862.63	0,46	**SK-109**	619056.50	4198641.30	0,48
SK-86	617272.21	4197682.36	0,38	**SK-110**	618493.54	4198209.54	0,36

FL aralıkları ve tanımlamaları Ulusay ve Tosun (1999) tarafından aşağıdaki gibi önerilmiş şekliyle kullanılır.

FL ≤ 1 Sıvılaşma

1< FL ≤ 1.2 Potansiyel sıvılaşma

FL > 1.2 Sıvılaşma beklenmez



Şekil 4.17. Sıvılaşma potansiyeli haritası.

Hazırlanan bu haritaya göre, Nazilli'nin büyük bir çoğunluğu sıvılaşma riski ile karşı karşıyadır. Yalnız İstiklal Mahallesi'nin kuzeydoğu kısmında potansiyel sıvılaşma görülmektedir. Mavi renkle gösterilen alanlarda sıvılaşma potansiyeli beklenmemektedir.

4.6.2. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (L_I)

Güvenlik katsayısı (FL) değeri, belirli derinlikler için zemin sıvılaşması direncini vermektedir. Bundan dolayı sadece güvenlik katsayısı ile zeminin deformasyon direnci belirlenemez. Iwasaki ve ark. (1982), sıvılaşmanın neden olduğu hasarları 3 koşulda ele almıştır.

- Sıvılaşan seviyenin kalınlığı,
- Sıvılaşan seviyenin yüzeyden derinliği,
- Sıvılaşan seviye için güvenlik katsayısının 1 ile verilen sınır değerinden farkı

Iwasaki ve ark. (1982), yukarıdaki koşulları dikkate alarak sıvılaşma indeksi (LI)'ni belirlemişlerdir.

$$L_I : \int_0^{20} F(z)\, w(z)\, dz \qquad \textbf{(4.10)}$$

Yukarıdaki eşitlik değişik ve çok sayıda seviyeden oluşan bir zemin istifi için

$$L_I : \sum_i^n (FwH)_i \qquad \textbf{(4.11)}$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada;

n: İstifteki toplam zemin seviyesi sayısı
i: Derinlikle artan zemin seviyesi sayısı
z: İncelenen zemin seviyesinin orta noktasının derinliği (m)
H: Zemin seviyesinin kalınlığı (m)
FL: Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı
w : Yüzeyden olan derinliğe bağlı sıvılaşma potansiyeli azaltma faktörü olup,

$FL<1.0$ için $F(z)=1-FL$ **(4.12a)**

$FL\geq1.0$ için $F(z)=0$ **(4.12b)**

$z<20m$ için $W(z)=10-0.5z$ **(4.12c)**

$z\geq20m$ için $W(z)=0$ **(4.12d)**

Zemin sıvılaşmasının sınıflandırılabilmesi için Iwasaki ve ark. (1982), L_I değerlerine göre Çizelge 4.9'da sıvılaşma potansiyeli sınıflarını önermişlerdir.

Çizelge 4.9. Sıvılaşma indeksine göre sıvılaşma potansiyeli (Iwasaki ve ark., 1982)

Sıvılaşma indeksi (L_I)	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Çok düşük
$2 < L_I \leq 5$	Düşük
$5 < L_I \leq 15$	Yüksek
$15 > L_I$	Çok yüksek

Sönmez (2003), Iwasaki ve ark. (1982)'nın belirlediği sıvılaşma indeks değerlerini biraz daha geliştirerek, iki yeni sınıf belirlemiştir (Çizelge 4.10). Bu sınıflamaya göre "düşük", "orta" ve "yüksek" sıvılaşma potansiyeli sınıflarının birlikte yer almasının, daha güvenilir bir sınıflandırma olduğunu düşünerek "orta" kategorisini eklemiştir. Iwasaki ve ark. (1982)'nın belirlediği sınıflamada LI=0 için, sıvılaşma potansiyelinin "çok düşük" olduğu görülmektedir. Fakat Sönmez (2003), sıvılaşmaz olarak değerlendirilebilecek bir alan için, sıvılaşma potansiyelinin "çok düşük" olarak değerlendirilmesini değiştirip "sıvılaşamaz" kategorisini eklemiştir.

Çizelge 4.10. Modifiye edilmiş LI sınıflaması (Sönmez, 2003)

Sıvılaşma indeksi (L_I)	**Sıvılaşma Potansiyeli**
0	Sıvılaşmaz (FL ≥ 1.2 için)
$0 < L_I \leq 2$	Düşük
$2 < L_I \leq 5$	Orta
$5 < L_I \leq 15$	Yüksek
$15 > L_I$	Çok yüksek

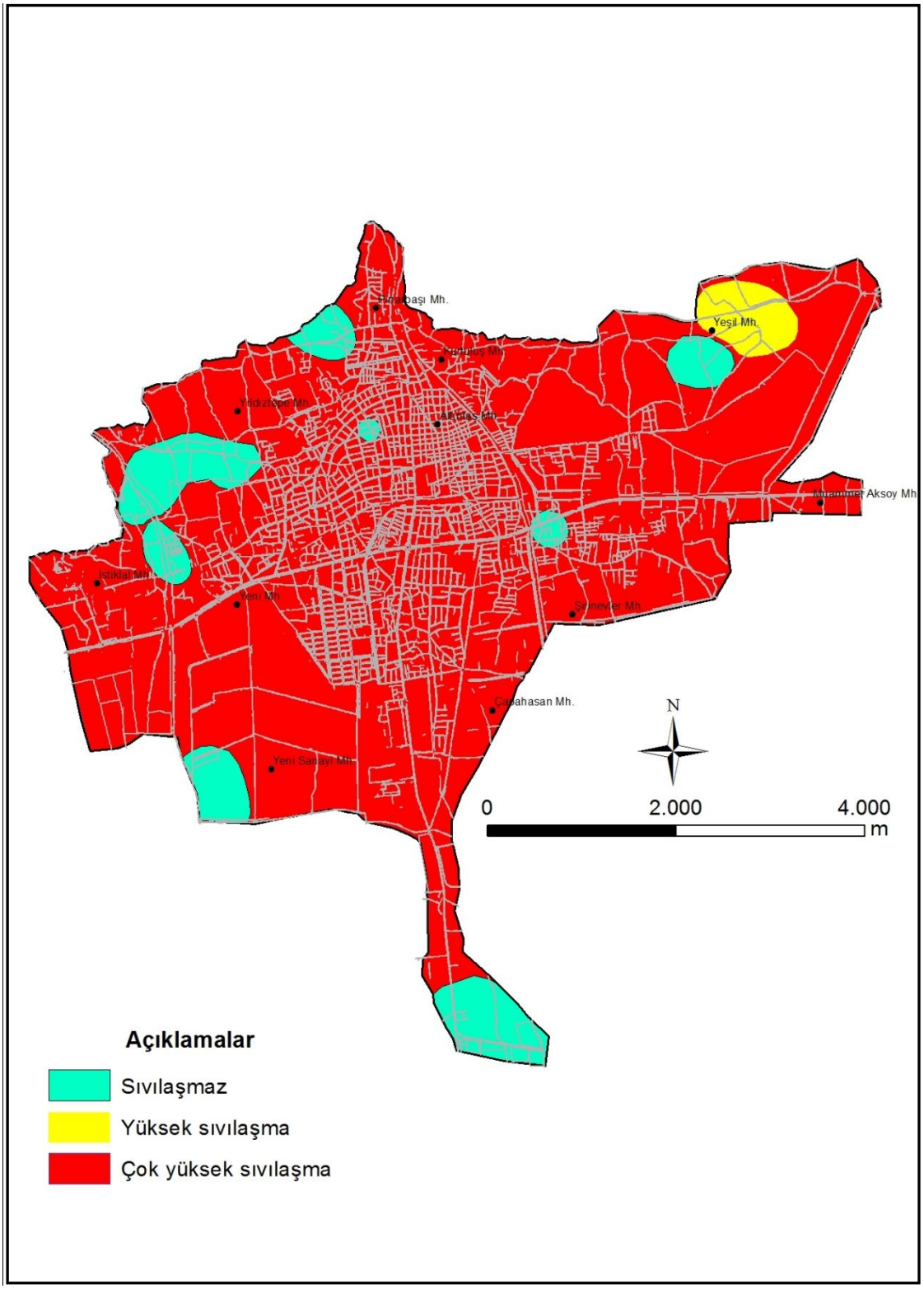
Nazilli ilçesi yerleşim alanında yapılan tez çalışması kapsamında güvenlik katsayıları bulunmuş, sıvılaşma potansiyeli indeksi Sönmez (2003)'in modifiye ettiği L_I sınıflandırma sistemine göre belirlenerek kategoriler oluşturulmuştur. Nazilli yerleşim alanına ait sıvılaşma analizi sonucu elde edilen, sıvılaşma potansiyeli indeksi (L_I), kullanılan sondaj noktaları ve koordinatları Çizelge 4.11'de sıvılaşma potansiyeli indeksi haritası da Şekil 4.18'de verilmiştir. Bu haritaya göre olası bir depremde Nazilli'nin büyük bir alanı çok yüksek sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Nazillinin kuzeydoğusunda bulunan Yeşil Mahallesi yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olup yeşil renkle belirtilen alanlarda sıvılaşma beklenmemektedir.

Çizelge 4.11. Sondaj noktaları, koordinatları ve L_I değerleri

Sondaj No	X	Y	Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi L_I	Sondaj No	X	Y	Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi L_I
SK-1	615573	4197873	48,4157	**SK-31**	617443	4198889	69,64508
SK-2	614731	4197241	41,84261	**SK-32**	616382	4199118	71,49499
SK-3	612894	4197114	126,8721	**SK-33**	615888	4198653	66,73268
SK-4	613861	4197357	46,5459	**SK-34**	615788	4199962	61,3628
SK-5	613748	4196453	60,25669	**SK-35**	616038	4199557	-
SK-6	614753	4197968	66,43195	**SK-36**	615736	4200435	-
SK-7	614462	4198281	63,95871	**SK-37**	616377	4200616	20,3080
SK-8	613966	4198044	-	**SK-38**	616921	419843	125,2571
SK-9	613799	4197770	6,884037	**SK-39**	616520	4198941	60,65692
SK-10	612720	4197839	27,81581	**SK-40**	617339	4197279	63,91826
SK-11	616730	4197835	67,00894	**SK-41**	617508	4198252	62,20068
SK-12	616091	4198116	48,023	**SK-42**	618419	4199733	49,34468
SK-13	616112	4195657	64,15116	**SK-43**	618598	4199218	61,74638
SK-14	616888	4196446	69,83185	**SK-44**	619397	4199213	52,06698
SK-15	617873	4198502	-	**SK-45**	620475.82	4199380.78	41,45512
SK-16	615814	4196465	59,05242	**SK-46**	621129.43	4200804.87	38,31508
SK-17	616747	4196876	63,76897	**SK-47**	620416.19	4201114.98	60,68839
SK-18	616916	4198033	42,63801	**SK-48**	619564.59	4200249.07	-
SK-19	614080	4197417	15,95546	**SK-49**	618891.91	4200509.08	17,71555

SK-20	614216	4197198	35,58027	**SK-50**	620471.05	4200229.99	65,40766
SK-21	614688	4196811	66,16889	**SK-51**	617921.04	4200201.36	63,75665
SK-22	620344	4198658	66,52525	**SK-52**	617143.39	4200194.20	70,25642
SK-23	619266	4197794	55,47507	**SK-53**	617985.45	4199449.95	108,5937
SK-24	619400	4198629	65,55015	**SK-54**	618190.59	4199056.36	55,54085
SK-25	616544	4195380	62,35369	**SK-55**	620005.90	4199888.87	67,65076
SK-26	616828	4194743	63,50835	**SK-56**	615914.90	4200907.44	68,32505
SK-27	616947	4199755	58,71009	**SK-57**	614743.66	4200206.13	22,96473
SK-28	616485	4199803	66,31744	**SK-58**	614607.70	4199502.43	69,30381
SK-29	615685	4199271	71,67826	**SK-59**	613524.72	4199387.93	56,88943
SK-30	615373	4198741	72,98464	**SK-60**	614130.61	4198951.40	67,43252
SK-61	614803.30	4198994.34	67,16106	**SK-86**	617272.21	4197682.36	62,33409
SK-62	615184.97	4199688.50	66,62272	**SK-87**	616802.28	4197317.39	62,50901
SK-63	613610.59	4198653.22	-	**SK-88**	613815.74	419688.47	62,97109
SK-64	613307.64	4198095.04	60,49196	**SK-89**	614483.65	4198765.34	36,43721
SK-65	614858.16	4196384.69	74,8891	**SK-90**	619617.07	4199719.51	63,23381
SK-66	615313.78	4196599.38	73,2714	**SK-91**	617422.49	4196792.60	58,94859
SK-67	614882.02	4195676.22	71,92806	**SK-92**	613066.72	4196286.89	96,07688
SK-68	615836.18	4197336.47	52,43103	**SK-93**	613436.46	4196659.02	64,01606
SK-69	619156.69	4199528.67	61,01698	**SK-94**	617334.23	4193231.17	-
SK-70	619042.19	4199893.64	51,3963	**SK-95**	613138.28	4197023.98	65,16881
SK-71	616802.28	4194411.95	61,57358	**SK-96**	613970.79	4198636.53	45,36548
SK-72	616892.93	4193877.62	76,98631	**SK-97**	614168.78	4196353.68	64,26835
SK-73	615981.70	4198371.74	58,58875	**SK-98**	614161.62	4196971.50	68,69104
SK-74	617222.11	4199342.61	67,34282	**SK-99**	615447.36	4196973.89	62,29535
SK-75	615325.71	4196084.13	76,46257	**SK-100**	614948.81	4199335.45	39,22032
SK-76	615499.84	4195595.12	71,70727	**SK-101**	613462.70	4197653.73	65,18286
SK-77	615774.17	4196117.53	70,31102	**SK-102**	618419.59	4200256.22	62,90298
SK-78	614765.13	4198619.83	50,16169	**SK-103**	615888.67	4196899.94	63,35274
SK-79	615041.84	4198328.81	63,67241	**SK-104**	614536.13	4197446.20	54,66089
SK-80	617718.28	4197863.65	59,88739	**SK-105**	614249.88	4198553.04	64,64553
SK-81	619931.95	4200530.55	7,065652	**SK-106**	614316.67	4195692.92	-
SK-82	615153.96	4197582.17	63,77473	**SK-107**	618247.84	4197801.63	60,01015

SK-83	615552.32	4198257.24	29,87508	**SK-108**	616205.92	4200368.34	68,59977
SK-84	614602.92	4199161.32	-	**SK-109**	619056.50	4198641.30	72,09519
SK-85	618009.30	4199862.63	54,34601	**SK-110**	618493.54	4198209.54	64,28023



Şekil 4.18. Sıvılaşma potansiyeli indeksi haritası.

BÖLÜM 5
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Nazilli belediyesi imar sınırları içinde kalan 4000 hektarlık bir alanın jeolojik-jeoteknik çalışmalarının yapılması ve yerleşim alanları için zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir.

Nazilli kent merkezi ve yakın civarının genel jeoloji haritası Erdem Yerbilimleri Ltd. Şti. tarafından "Aydın İli, Nazilli İlçesi Yerleşim Alanının 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu" ışığında hazırlanmıştır. Bölgede az pekleşmiş ve düşük dayanımlı çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ve marn ardalanmasından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonu (Tpa); iri çakıl, kum ve killi birimlerden oluşan Kuvaterner yaşlı taraça (seki) çökelleri (Qt); gevşek, kaba çakıl, kum, silt ve killi birimlerden ibaret Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri (Qaly) ve gevşek, suya doygun ince kum, silt ve killi birimlerden oluşan Menderes Nehri'ne ait Holosen yaşlı taşkın ovası-bataklık çökelleri (Qtb) olmak üzere dört ayrı birim bulunur.

Bölgenin yapısal jeolojisi literatür kapsamında incelenmiş olup, inceleme alanı olan Nazilli'nin, Ege Çöküntü Sisteminin Büyük Menderes grabeni içinde olduğu belirlenmiştir (Demirtaş ve Yılmaz, 1996). Bu çalışmayla, Büyük Menderes grabeninde Aydın'ın doğusundan başlayarak Denizli'ye doğru K-G ve D-B doğrultulu fay takımları gelişmiş, K–G doğrultulu olanların Nazilli kuzeyinde, Kuyucak batısında ve Atça–Kılavuzlar arasında bulunduğu görülmüştür (Eravcı, 2006).

Çalışma alanı ve çevresinde 1900-2006 yılları arasında toplam 3572 deprem olmuştur. Büyüklük ≥ 6 olan depremlerin sayısı 4 olup 1960 yılına kadar her 20 yıllık periyotta en az bir tane büyük deprem olmuştur. 1960 yılından sonra bölgede büyüklük ≥ 6 olan deprem olmamıştır.

Çalışma alanında yapılan mekanik sondaj çalışmaları sonucunda yeraltısuyu seviyesini belirlemek için ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlere göre yeraltısuyu yüzeyden derinlik ve yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır. Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği, 1 m ile 18 m arasında değişmektedir. Bu durum dikkate alındığında muhtemel bir depremde, Nazilli yerleşim alanın büyük bir çoğunluğunda sıvılaşma beklenmektedir.

Çalışma alanında birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimlerini, mühendislik özellikleri ve jeoteknik parametrelerini belirlemek amacıyla, derinlikleri 11 m ile 25 m arasında değişen 110 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlar sırasında her 1.50 m'de bir SPT

yapılmıştır. Zeminlerin fiziko - mekanik parametrelerini belirlenmeye yönelik laboratuar deneyleri yapılmıştır. Uygun olan ortamlardan UD örnek alıcıları yardımıyla örselenmemiş örnekler de alınmıştır. Ayrıca yapılan bu sondaj çalışmaları sonucunda sondaj lokasyon haritası hazırlanıp, K-G, BGB-DKD, KB-GD yönlerinde kesitler hazırlanarak, bölgenin yeraltı jeolojik yapısı, birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimleri ortaya konulmuştur.

Zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek için su muhtevası, doğal-kuru birim hacim ağırlık, elek analizi, kıvam limitleri deneyleri yapılmış ve zeminler Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması Sistemi (USCS)'ne göre sınıflandırılmıştır. İnceleme alanının temelini oluşturan Asartepe formasyonuna ait birimler genellikle CL, ML, GW, GC-GM grubu zeminlerden oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyal taraça ve yelpaze çökelleri ML, GW, SC-SM, SW, CL grubu zeminlerden, Holosen yaşlı taşkın-bataklık çökelleri ise CL, ML, SW grubu zeminlerden oluşmaktadır.

Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Kesme kutusu deneyleri sonucunda, inceleme alanında sondajlarda kesilen zeminlerin kohezyonsuz olduğu ve içsel sürtünme açılarının 24^0 ile 32^0 arasında değiştiği görülmüştür. Serbest Basınç deneyleri sonucunda, q_u değerlerinin 0.90 ile 1.01 kg/cm^2 arasında; c_u değerlerinin ise 0.45 ile 0.51 kg/cm^2 arasında değiştiği görülmüştür.

Nazilli yerleşim alanı için eğim haritası yapılmıştır. 1/5000 ölçekli topografik haritada eşyükselti eğrileri 2.5 m aralıklarla sayısallaştırılmıştır. Çalışma alanı için hazırlanan eğim haritasındaki eğim değerleri derece olarak belirlenmiştir. Bu haritadan yararlanılarak hazırlanan eğim haritası, eğim durumu bakımından üç bölgeye ayrılmıştır. Nazilli yerleşim alanının tamamına yakını düşük eğimli ($0\text{-}4^0$) bir alanda kurulmuştur. Kuzeyde eğimi 4-18°'nin arasında olan yerlerde kısmen de olsa yerleşimler vardır. Eğimi 18-80° olan yerler çok az olmakla beraber buralarda çok fazla yerleşim yeri yoktur.

Çalışma kapsamında, arazide yapılan sondajlardan elde edilen SPT-N değerlerinin düzeltilmesi ile belirlenen SPT-$(N1)_{60}$ değerlerinden yararlanılarak Youd ve ark. (2001)'na göre sıvılaşma analizi yapılarak sıvılaşma potansiyeli haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan bu haritaya göre, Nazilli'nin büyük bir çoğunluğu sıvılaşma riski ile karşı karşıyadır. Yalnız İstiklal Mahallesinin kuzeydoğu kısmında potansiyel sıvılaşma görülmektedir. Pınarbaşı Mahallesi ile İstiklal Mahallesi arası, Yeni Sanayi Mahallesi ve Yeşil Mahallesi alt kısımlarında sıvılaşma beklenmemektedir.

Bu çalışmada Iwasaki ve ark. (1982)'nın belirttiği Sönmez (2003)'in de modifiye ettiği sıvılaşma potansiyeli indeksi belirlenmiş olup sıvılaşma potansiyeli indeksi haritası hazırlanmıştır. Bu haritaya göre olası bir depremde Nazillinin büyük bir alanı çok yüksek

sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Nazillinin kuzeydoğusunda bulunan Yeşil Mahallesi yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olup İstiklal Mahallesi ile Pınarbaşı Mahallesi arası, Yeni Sanayi Mahallesi ve Yeşil Mahallesi alt kısımlarında sıvılaşma beklenmemektedir.

KAYNAKLAR

Altunel E., 1999. Geological ve Geomorphological Observations ın Relation to the 20 September 1999 Menderes Earthquake, Western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 156: 241-246.

Altunel E., Akyüz H.S., Karabacak V., Yalçıner C.Ç. ve Yönlü Ö., 2006. Büyük Menderes Fay Zonu'nun Paleosismolojisi ve Arkeosismolojisi. Ön Bulgular. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı*, Sözlü Sunum, İzmir.

Ambraseys N.N. ve Finkel C.F. 1987. Seismicity of Turkey and Neighbouring Regions, 1899-1915. *Annales Geophysicae*, 5B: 701-726.

A.S.T.M. D. 1586-99. Standard Method of Test for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils In: 1990. *Annual Book of A.S.T.M. Standards.* Philadelphia, 1092.

Bozkurt E., 2000. Timing of Extension on The Büyük Menderes Graben, Western Turkey, and Its Tectonic Implications.

Cohen H.A., Dart C.J., Akyüz H.S., ve Barka A. 1995. Syn-rift Sedimantation and Structural Development of The Gediz and Büyük Menderes Grabens, Western Turkey. *Journal of the Earth Society*, 152: 629-638.

Çobanoğlu İ., 2005. Adana İli ve Yakın Çevresinin Jeoteknik Koşullarının Statik ve Sismik Durumlar İçin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Demirtaş R. ve Yılmaz R., 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği. *T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, 91.

Deprem Araştırma Dairesi, 2007. Batı Anadolu Çöküntü Bölgesi'nin Paleosismoloji Projesi. *Sonuç Raporu*, Ankara, Rapor No: 5691-1.

Eravcı B., 2006. Büyük Menderes Grabeni İçindeki Aktif Fayların Jeolojisi ve Paleosismisitesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Erdik M., Ansal A., Aydınoğlu N., Barka A., Işıkara A.M., Yüzügüllü Ö., Avcı J., Özel O., Biro Y. ve Birgören G., 2000. İzmir Deprem Master Planı Hazırlanması. *İzmir Büyüksehir Belediyesi-Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Projesi.*

Erdoğan B. ve Güngör T., 2004. The Problem Of The Core-Cover Boundary of the Menderes Massif and An Emplacement Mechanism for Regional Extensive Gneissic Granites, Western Anatolia (Turkey), *Turkisch Journal Of Earth Science*, 13: 15-36.

Ergin K., Güçlü U. ve Uz Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan Sonra 11 Yılından 1964 Sonuna Kadar). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, *Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları,* No:24.

Gökbel A., 1964. *Aydın ili tarihi*. 113-114.

Güneş G., 2005. Tarihte Aydın Depremleri (XIX. Yy'ın İki Büyük Depremi 1895 ve 1899 Depremleri). *Aydın Eski Eserleri Sevenler Derneği Aylık ve Tarih ve Kültür Dergisi*, 1: 11.

Gürer Ö.F., Sarıca N.-Filoreau, Özburan M., Sanğu E. ve Doğan B. 2009. Büyük Menderes Grabeni ve Çevresinin Neotektonik Özellikleri. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 13. Çalıştayı,* Sözlü Sunum, Çanakkale.

Hakyemez Y.H., Erkal T. ve Göktaş F., 1999. Late Quvaternary Evolution of The Gediz and Büyük Menderes Grabens, Western Anatolia, Turkey. *Quaternary Sicence Rewievs*, 18: 549-554.

Idriss I.M., 1995. Seed Memorial Lectures, University of California at Berkeley, USA.

Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S. ve Sato H., 1982. Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Methods. *Proceedings of 3rd International Conference on Microzonation*, Seattle, USA, 3: 1319-1330.

Karaca Ö., 2007. Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ISPARTA.

Kayen R.E., Mitchell J.K., Seed R.B., Ladge A., Nishio S. ve Countinho R., 1992. Evaluation of SPT-CPT and Shear Wave-based Methods for Liquefaction Potential Assessments Using Loma Prieta Data. Proceedings of the 4th Japan-

US. *Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction,* NCEER-92-0019, 177-192.

Kıncal C., 2004. İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Kishida H., 1969. Characteristic of Liquefied Sands During Mino-Owari. *Tohnankai and Fukui earthquakes: Soil and Foundations,* 10: (2), 103-111

Koca M.Y. ve Kıncal C., 2003. Armutalanı (Marmaris-Muğla) Beldesi'nin Yerleşim Alanının Jeoteknik Değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (3): 141-169.

Liao S.C., ve Whitman R.V., 1986. Overburden Correction Factors for SPT in Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, 112 : (3), 373-377.

McHargy I., 1969. Design With Nature. *The Natural History Press*, Garden City, New York.

Paton S. 1992. Active Normal Faulting, Drainage Patterns and Sedimentation In Southwestern Turkey. *Journal of the Earth Society*; 149: 1031- 1044.

Robertson P. K., ve Wride C. E., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potantial Using The Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal*, 35 : (3), 442-459.

Seed H. B., ve Idriss I.M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Procedure. *Journal of Soil Mechanics Foundation Division*, ASCE, 97 (SM9), 1249-1273.

Seed H.B. ve Idriss I. M., 1982. Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes. *Erthquake Engineering Research Institute*, 127.

Seed H.B., Idriss I. M., ve Arango I., 1983. Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 109: (3), 458-482.

Seed H.B., Tokimatsu K., Harder L.F., ve Chang R.M., 1985. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 111: (GT12), 1425-1445.

Seed H.B., ve Harder L.F., 1990. SPT-Based Analysis of Cyclic Pressure Generation and Undrained Residual Strength. *Proceedings of H. Bolton Seed Memorial Symposium*, BiTech Publishers Ltd., 351–376

Seyitoğlu G. ve Scott B.C. 1992. The Age of Büyük Menderes Graben (West Turkey) and Its Tectonic Implications. *Geological Magazine*, 129: 239-242.

Sivrikaya O. ve Toğrol E., 2003. İnce Daneli Zeminlerde SPT Sonuçlarının Düzeltilmesi Üzerine Bir Çalışma. *İTÜ Mühendislik Dergisi,* 2 (6): 59-67.

Sönmez H., 2003. Modification to The Liquefaction Potential Index and Liquefaction Susceptibility Mapping for A Liquefaction-prone Area (İnegöl-Türkiye).

Sönmez B., 2006. Kocaeli Körfezi Güney Kıyısında Sıvılaşma Potansiyelinin ve Kapak Zemini Kalınlığının Yüzey Deformasyonlarına Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sözbilir H., 2000. Batı Anadolu'dan Örneklerle Aktif Faylar ve Potansiyel Aktif Faylar. *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu.*

Şahinalp M., 2009. Tatvan (Bitlis) Yerleşkesinin Jeolojik-Jeoteknik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Şaroğlu F., Emre Ö. ve Boray A., 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremselliği. *MTA,* Rapor No: 8174.

Şengör A.M.C., 1982. Ege'nin Neotektonik Evrimi'ni Yöneten Etkenler (Factors Governing The Neotectonic Evolution of The Agean). In: *Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli.* 59-71.

Şişman E., 2007. Fethiye Yerleşim Alanındaki Zeminlerin SPT ve Kayma Dalga Hızı Verileriyle Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi,* Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tokimatsu K., ve Yoshimi Y., 1983. Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT-N Value and Fines Content. *Soil and Foundations,* 23: (4), 56-74.

Ulusay R., ve Tosun H., 1999. Assessment of Geomechanical Properties and Liquefaction Susceptibility of Foundation Soils at A Dam Site, Southwest Turkey. *Turkish Earthquake Foundation,* Report No. TDV/TR 020-34, 63.

Ulusay R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler (5. Baskı). *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*. Ankara, 38: 325-341.

Uyanık O., 2002. Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Anonim 1. http://www.nazilli.bel.tr/nazilli.asp?x=nazilli-jeolojik-yapisi&id=5

Anonim2.http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/selectpiclique/sandboils/sandboil1.jpg&img)

Youd T.L., 1984. Ground Effects Liquefaction and Associated Ground Failure, US Geological Survey Open-File Report, Proc. *In The Geological and Hydrologic Hazards Training Program,* 84-760: 210–232.

Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Arango I.., Castro G., Christian J. T., Dobry R., Finn W.D.L., Harder Jr, L.F., Hynes M.E., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcusan III W.F., Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B., ve Stokoe II K.H., 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report From The 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineerring,* ASCE, No.10.

Yönlü Ö., 2008. Büyük Menderes Grabeni'nin Batı Kesiminin Morfotektonik Özellikleri ve Tarihsel Deprem Aktivitesi. Yüksek Lisans Tezi. Eskisehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Yavuz M. A., 2010. *Aydın İli, Nazilli İlçesi Yerleşim Alanının Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu.* Erdem Yerbilimleri. Fethiye.

ÇİZELGELER **Sayfa**

Çizelge 4.1. Sondaj kuyularında ölçülen yeraltısuyu derinlikleri 25

Çizelge 4.2. Çalışma alanında yapılan SPT darbe sayıları 34

Çizelge 4.3. Su muhtevası ve doğal-kuru birim hacim ağırlık deneyleri sonuçları 40

Çizelge 4.4. İnceleme alanında, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılmasına (USCS) göre zemin grupları çakıl, kum, vs. oranları 50

Çizelge 4.5. Kesme kutusu deneyleri sonucunda elde edilen zeminlerin mekanik parametreleri 53

Çizelge 4.6. Serbest Basınç deneyleri sonucunda elde edilen zeminlerin mekanik parametreleri 55

Çizelge 4.7. $(N_1)_{60}$'ın belirlenmesinde kullanılan düzeltme faktörleri 63

Çizelge 4.8. Sondaj noktaları, koordinatları ve FL değerleri 65

Çizelge 4.9. Sıvılaşma indeksine göre sıvılaşma potansiyeli 69

Çizelge 4.10. Modifiye edilmiş LI sınıflaması 69

Çizelge 4.11. Sondaj noktaları, koordinatları ve LI değerleri 70

ŞEKİLLER **Sayfa**

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası. 2

Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası..... 14

Şekil 4.2. İnceleme alanında yüzeylenen Asartepe formasyonuna ait birimlerden görünümler (a,b)..... 16

Şekil 4.3. İnceleme alanında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı taraça çökellerinden görünümler (a,b)..... 17

Şekil 4.4. İnceleme alanında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı alüviyal yelpaze çökellerinden görünümler (a,b)..... 19

Şekil 4.5. Menderes Metamorfitleri ile Asartepe formasyonu arasında yer alan fay zonundan görünümler..... 21

Şekil 4.6. Aydın ili deprem bölgeleri haritası. 22

Şekil 4.7. 20 Eylül 1899'da oluşan Menderes Depremi'nin etki alanını gösteren izosismik harita..... 23

Şekil 4.8. İnceleme alanının yeraltısuyu seviye haritası..... 27

Şekil 4.9. Yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası. 28

Şekil 4.10. Jeoteknik amaçlı sondaj çalışmaları (a,b). 30

Şekil 4.11. Sondaj lokasyon haritası 32

Şekil 4.12. Sondaj kesitleri 33

Şekil 4.13. Çalışma kapsamında yapılan laboratuar çalışmaları..... 39

Şekil 4.14. Kesme kutusu deneyi çizelgesi (SK-9)..... 55

Şekil 4.15. Çalışma alanının eğim haritası 58

Şekil 4.16. Sıvılaşmanın zeminler üzerindeki etkileri (a) Zeminin taşıma gücünü yitirmesi, (b) Akma türü kayma, (c) Yanal yayılma, (d) Zemin salınımı, (e) Gömülü hafif yapılarda meydana gelen hasarlar (Ulusay, 2000) (f) Kum kaynaması 60

Şekil 4.17. Sıvılaşma potansiyeli haritası. 67

Şekil 4.18. Sıvılaşma potansiyeli indeksi haritası. 72

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Hayrullah YÜREKLİ

Doğum Yeri:Diyarbakır

Doğum Tarihi :14-08-1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI –Diğer: Yok

b) Bildiriler-Uluslar arası-Ulusal: Yurekli, H. and Karaca, Ö., 2011. Liquefaction Potential Mapping Using GIS for Nazilli,Western Anatolia, EGU General Assembly 2011, Vol. 13, 7045, Vienna, Austria.

İLETİŞİM

E-posta Adresi : hayrullahyurekli@gmail.com