

Bursa Yöresi Kuvaterner İstiflerinin Bazı Mühendislik Özellikleri

Fatma Çetin

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2017

Some Engineering Properties of the Quaternary Sequences in Bursa Region

Fatma Çetin

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

October 2017

Bursa Yöresi Kuvaterner İstiflerinin Bazı Mühendislik Özellikleri

Fatma Çetin

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Genel Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk

Ekim 2017

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Fatma Çetin'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bursa Yöresi Kuvaterner İstiflerinin Bazı Mühendislik Özellikleri" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Jürisi:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ahmet Orhan

Üye: Yrd. Doç. Dr. Didem Yasin

Üye: Doç. Dr. Attila Aydemir

Üye: Prof. Dr. Volkan Karabacak

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bursa Yöresi Kuvaterner İstiflerinin Bazı Mühendislik Özellikleri” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 23/10/2017

Fatma Çetin
İmza

ÖZET

Bu çalışmada yoğun yerleşime sahip Bursa iline bağlı Nilüfer İlçesinin, Ertuğrul Mahallesi sınırları içerisinde bulunan H21C04C2D Pafta, 3550 Ada ve 1, 2, 3, 4, 5 ve 6. parsellerde 37.803.00 m²'lik alandaki Kuvaterner yaşlı tortulların mühendislik ve jeofizik özellikleri incelenmiştir. Bölgede Bursa Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı'na jeoteknik amaçla açılan sondaj verilerinden yararlanarak zemin sınıflama deneyleri ve jeofizik incelemeleri yapılmış ve alandaki yerel zemin koşulları değerlendirilmiştir. Sondaj verilerine dayanarak, sahada yer alan jeolojik birimlerin çeşitleri ve dağılımları tespit edilmiş, örselenmiş örnekler üzerinde yapılan zemin mekaniği deneylerine dayanarak zeminlerin indeks ve mühendislik özellikleri araştırılmıştır.

Sondajlardan elde edilen verilerden SPT-N darbe sayıları ve jeofizik etütlerde sismik yöntem kullanılarak makaslama dalga hızları (V_s) ile rezistivite çalışmalarıyla da alüvyon kalınlığı belirlenmiştir. İnceleme alanında mikrotremör ölçüm alınarak zemin hakim titreşim periyodu belirlenmiştir. İnceleme alanında yer altı su seviyesinin 10 metre civarında olması, SPT darbe sayılarının yüksek olması, zeminin kohezif nitelikte olduğu, laboratuar analiz sonuçları da göz önünde bulundurularak yapılan sıvılaşma analizleriyle birlikte değerlendirildiğinde birimlerde sıvılaşma riski olmadığını göstermiştir. Plastisite değeri 9-25 arasında olduğundan zeminle ilgili şişme derecesi bazı kesimlerde orta, yüksek ve çok yüksek olarak bulunmuştur. Çalışma alanı, yerel zemin sınıflamasında Zemin Sınıfı Z3, Zemin Grubu C olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında aktif ve potansiyel nitelikte heyelan, kaya düşmesi, çığ, taşkın gibi kütle hareketleri beklenmemektedir. Birimlerin Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşması, % 0-5 arası eğime sahip olması, 1. derece deprem kuşağında yer alması ve şişme potansiyelinin değişkenlik göstermesi şişme, oturma, taşıma gücü gibi mühendislik problemlerinin görülebileceğini işaret etmektedir. Bu sebeple inceleme alanı mühendislik problemleri açısından önlem alınması gereken alanlar arasında olup, yerleşime uygunluk değerlendirmesinde 'Önlemleri Alan 5' (Ö.A.-5) grubuna girmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bursa, Kuvaterner, Jeoloji, Zemin-Mühendislik, Jeofizik

SUMMARY

In this study, engineering and geophysical properties of the Quaternary sediments in the densely populated settlement area of Bursa province are investigated where 37.803,00 m² area was covered in the H21C04C2D sheet of the map, on the 3550 partion and 1, 2, 3, 4, 5 and 6 parcels in the Ertuğrul district of Nilüfer county. Ground classification experiments and geophysical studies were carried out for evaluation of local ground conditions by using the geotechnical borehole data obtained from the Urbanization Planning and Development Department of Bursa Metropolitan Municipality. Diversity and distribution of the geological units in the study area and surrounding region are determined, then the engineering parameters and index classifications are investigated under the soil mechanics experiments using the crushed samples from the drill holes.

SPT-N pulse numbers and shear wave velocities (Vs) are determined from the borehole impulse tests and seismic methods, and alluvial thicknesses are found by using the resistivity and seismic methods during the geophysical surveys. The main vibration period in the study area is obtained by using the microtremor measurements. The construction basement units in the study area do not indicate liquefaction risk by considering all parameters such as underground water level at the depth of 10 m, high SPT impulse numbers and cohesive quality of the samples in the laboratory analyses. The grade of bulking (swell) in the ground soil is found to be medium, high and very high in different parts because the plasticity factor varies between 9 and 25. The ground of the study area can be classified as Z3 in the ground classification charts and Ground Group C according to local ground (soil) classification. Active mass movements such as landslides, rockfalls, avalanches and floods are not expected in the research area. However, engineering problems such as bulking (swell) ground subsidence, reduction of bearing capacity are likely to occur considering the alluvial composition of the Quaternary units in the study area, 0-5% soil inclinations and location in the 1st degree earthquake hazard risk zone. Therefore, the study area may be assigned as the “precautionary zone” in terms of engineering problems and it may be classified in the group of “Precautionary area 5” in the settlement (urbanization) category.

Keywords: Bursa, Quaternary, Geology, Ground-Engineering, Geophysics

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince konunun belirlenmesinden tamamlanmasına dek bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren, yol gösterici olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Hatice KUTLUK’a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında gerekli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Dr. Fazilet ALTINIŞIK’a (Bursa Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı) ve Jeoloji Y. Mühendisleri Kemal OLGUN, Aziz KAPLAN ve Abdullah BOZDEMİR’e (Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Daire Başkanlığı) teşekkürü borç bilirim.

Tezimin değerlendirilmesinde görüş ve önerileri ile katkıda bulunan, yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Attila AYDEMİR’e (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Dairesi) şükranlarımı sunarım.

Bu zorlu yolda her zaman desteği ile hep yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ÇALIŞMA ALANI	6
3.1. Çalışma Alanının Lokasyonu.....	6
3.2. Çalışma Alanı İklim ve Bitki Örtüsü	7
3.3. Çalışma Alanı Sosyo-Ekonomik Bilgileri.....	8
3.4. Çalışma Alanı Ulaşım	8
3.5. Çalışma Alanının Hidrojeolojik Özellikleri	8
3.6. Çalışma Alanının Depremselliği ve Tektonik Durumu.....	11
3.7. Çalışma Alanının Jeolojisi	14
3.7.1. Uludağ Metamorfitleri (Pzu)	24
3.7.2. Bakacak Granodiyoriti	25
3.7.3. Dereyörük Grubu.....	25
3.7.4. Karakaya Grubu	25
3.7.5. Iğdır Formasyonu	26

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.7.6. Bayırköy Formasyonu	27
3.7.7. Bilecik Kireçtaşı	28
3.7.8. Vezirhan Formasyonu	29
3.7.9. Gölpazarı Grubu	29
3.7.10. Karabalçık Bazaltı	29
3.7.11. Gemiciköy Formasyonu	30
3.7.12. Yamaç Molozu	30
3.7.13. Traverten	31
3.7.14. Alüvyon	31
4. MATERYAL VE YÖNTEM	33
4.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve Zeminin Penetrasyon Direnci (N).....	35
4.2. Jeofizik Çalışmalar.....	40
4.2.1. Sismik kırılma (refraksiyon) etüdü.....	41
4.2.1.1. <u>Kullanılan alet ve çalışma yöntemi</u>	41
4.2.1.2. <u>Sismik kırılma arazi çalışmaları</u>	43
4.3. Rezistivite (Elektrik Özdirenç) Arazi Çalışmaları	47
4.3.1. Kullanılan alet ve çalışma yöntemi.....	48
4.4. Mikrotremör (Titreşimci) Çalışmaları.....	49
4.4.1. Veri işlem aşamaları.....	50
4.4.2. Laboratuvar deneyleri.....	52
4.4.3. Sıkışma indisi	56
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	58

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.1. Sondaj Verilerinden Elde Edilen Bulgulara Göre Zemin Tanımlaması	58
5.2. Dinamik ve Elastik Parametreler	61
5.3. Rezistivite Uygulamasının Değerlendirilmesi.....	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	74
EK AÇIKLAMALAR	81
Ek Açıklama-A: SK-1 Sondaj Logu.	81
Ek Açıklama-B: SK-2 Sondaj Logu.....	82
Ek Açıklama-C: SK-3 Sondaj Logu.....	83
Ek Açıklama-C (devam ediyor): SK-3 Sondaj Logu.	84
Ek Açıklama-D: SK-4 Sondaj Logu.	85
Ek Açıklama-D (devam ediyor): SK-4 Sondaj Logu.	86
Ek Açıklama-E: SK-1 Granülometri Eğrisi (1,50-1,95 m).....	87
Ek Açıklama-F: SK-1 Granülometri Eğrisi (7,50-7,95 m).....	88
Ek Açıklama-G: SK-1 Granülometri Eğrisi (15,00-15,45 m).	89
Ek Açıklama-H: SK-2 Granülometri Eğrisi (2,50-3,00 m).	90
Ek Açıklama-I: SK-2 Konsolidasyon Deneyi Hesapları.	91
Ek Açıklama-İ: SK-2 Granülometri Eğrisi (4,50-4,95 m).....	92
Ek Açıklama-J: SK-2 Granülometri Eğrisi (9,00-9,45 m).	93
Ek Açıklama-K: SK-2 Granülometri Eğrisi (13,50-13,95 m).	94
Ek Açıklama-L: SK-3 Granülometri Eğrisi (3,00-3,45 m).....	95
Ek Açıklama-M: SK-3 Granülometri Eğrisi (7,50-7,95 m).	96

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

Ek Açıklama-N: SK-3 Granülometri Eğrisi (13,50-13,95 m).	97
Ek Açıklama-O: SK-3 Granülometri Eğrisi (19,50-19,95 m).	98
Ek Açıklama-Ö: SK-4 Granülometri Eğrisi (1,50-1,95 m).	99
Ek Açıklama-P: SK-4 Granülometri Eğrisi (2,50-3,00 m).....	100
Ek Açıklama-R: SK-4 Konsolidasyon Deneyi Hesapları.....	101
Ek Açıklama-S: SK-4 Granülometri Eğrisi (6,00-6,45 m).....	102
Ek Açıklama-Ş: SK-4 Granülometri Eğrisi (12,00-12,45 m).....	103
Ek Açıklama-T: SK-4 Granülometri Eğrisi (18,00-18,45 m).....	104
Ek Açıklama-U: SK-2 Konsolidasyon Deney Grafiği.	105
Ek Açıklama-Ü: SK-2 Üç Eksenli Basınç Deneyi.	106
Ek Açıklama-V: SK-4 Konsolidasyon Deney Grafiği.	107
Ek Açıklama-Y: SK-4 Üç Eksenli Basınç Deneyi.	108
Ek Açıklama-Z: Deney Sonuçları Özet Raporu.	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bursa il haritası	6
3.2. Bursa ili çalışma alanı haritası	7
3.3. Türkiye diri fay haritası Bursa (NK 35-12) paftası	13
3.4. Türkiye tektonik kuşaklar haritası	15
3.5. Çalışma alanı 1/25000 jeoloji haritası	17
3.6. Bursa bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti	20
3.7. Bursa ve Çayırköy ovaları jeoloji haritası	21
3.8. Bursa ve Çayırköy ovaları jeoloji haritası lejandı	21
3.9. A-A' B-D kesiti	22
3.10. I-I' KB-GD kesiti	22
3.11. II-II' K-G kesiti	23
3.12. III-III' K-G kesiti.....	23
4.1. Açılan sondajların yerlerinin, rezistivite, sismik kırılma ve mikrotremör ölçüm noktalarının sayısal gösterimi.....	35
4.2. SK 1 Sondajında SPT N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	38
4.3. SK 2 Sondajında SPT N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	39
4.4. SK 3 Sondajında SPT N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	39
4.5. SK 4 Sondajında SPT N ₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi	40
4.6. Vp yol-zaman grafiği (S-1)	44
4.7. Vs yol-zaman grafiği (S-1).....	44
4.8. Vp yol-zaman grafiği (S-2).....	45
4.9. Vs yol-zaman grafiği (S-2).....	45
4.10. Düşey sismik kesit (S-1)	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.11. Düşey sismik kesit (S-2).....	46
4.12. İnceleme alanında ölçülen rezistivite değerleri	49
4.13. Mikrotremör değerlendirme	51
5.1. Özel bir firma tarafından Bursa Ovası'nın orta kesiminde, Vatan Mahallesi'nde açılan kuyunun logu	59
5.2. DSİ tarafından Bursa Ovası'nın doğusunda, Kestel-Narlıdere'de açılan kuyunun logu.....	60
5.3. Çalışma alanında S-1 ve S-2 ölçüm noktalarından yer altı kesiti.....	64
5.4. Düşey elektrik sondajı yer altı kesiti	65
6.1. İnceleme alanının jeolojik kesiti.....	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bursa Ovası yer altı suyu bilançosu	10
3.2. Çayırköy Ovası yer altı suyu bilançosu	10
4.1. İnceleme alanının köşe koordinatları	33
4.2. Sondajların koordinatları	34
4.3. SPT N ₃₀ değerlerinin derinlikle değişimi	36
4.4. Sismik kırılma, rezistivite ve mikrotremör ölçüm koordinatları	41
4.5. Bazı mineral ve kayaçların rezistivite değerleri	47
4.6. Ölçüm noktalarına ait frekans ve genliklerdeki değişim	51
4.7. Kıvam limitleri sonuçları	53
4.8. Silt ve kil tabakalarının karakteristik değerleri	54
4.9. Relatif kıvam sınıflaması	54
4.10. Zeminlerin su içeriği sınıflaması	55
4.11. Zeminlerin plastisite değerleri	55
4.12. Elek analizi deney sonuçları	56
4.13. Zeminlerin sıkışabilirliği	57
4.14. Üç eksenli basınç deneyi	57
5.1. Sismik kırılma uygulamasının S-1 ölçüm noktasındaki Vport hızlarına göre değerlendirilmesi	62
5.2. Sismik kırılma uygulamasının S-2 ölçüm noktasındaki Vport hızlarına göre değerlendirilmesi	63
6.1. Kohezyonlu zeminlerin şişme potansiyeli	68
6.2. Etkin yer ivmesi (A _o)	70
6.3. Zemin grupları	71

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.4. Yerel zemin sınıfları	71
6.5. Spektrum karakteristik periyotları (T_a , T_b).....	72
6.6. İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesi.	73



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bugünkü “Jeolojik Zaman” adlarının kaynağı olan terimler ilk kez, İtalyan jeolojisinin kurucusu sayılan maden mühendisi Giovanni Arduino (1714-1795) tarafından, maden çıkarmak için yaptığı güney Alplerdeki kazılarda kullanılmıştır. Kazılarda çıkan en alttaki şistlere Birinci sıra kayalar (Primary), bunları üzerleyen sert karbonat kayalara İkinci sıra kayalar (Secondary), onları üzerleyen gevşek ve çoğunlukla kırıntılı tortul kayalara Üçüncü sıra (Tertiary), bütünüyle gevşek, en üstteki dağılğan yamaç döküntülerine de Dördüncü sıra kayalar (Quaternary) tanımlamalarını yapmıştır. Yapılan bu adlama ve sıralama Jeolojik Zaman Tablosu’nun ve Kuvaterner periyodunun başlangıcıdır (Schneer, 1969; Şengör, 2000). Dördüncü sıra (Quaternary-Kuvaterner) olarak ayrılan tortullar kolüvyonlar, alüvyon yelpaze çökelleri ve düzlüklerdeki akarsu veya bunların eşdeğeri genç tortullardır. Terim uzun süre unutulmuştur. Daha sonra 1829’da Fransız yerbilimci Desnoyers, Paris Havzası’ndaki en üst gevşek çökelleri, alttakilerden ayırmak için Kuvaterner tanımını yeniden kullanmıştır. Sonraki yıllarda, birtakım değişiklik önerileri olmuş olsa da terim sürekli kullanılagelmıştır. İlk tanımda ve sonraki kullanımlarda esas alınan, litolojidir (Kazancı ve Gürbüz, 2012).

Kuvaterner devri geçmişe yönelik gelişen jeolojik olayların en önemli ve deformasyondan en az etkilenmiş en genç jeolojik zaman birimini temsil etmektedir. Diğer jeolojik zamanlardan farklı olarak en önemli özellikleri birimlerin büyük bir bölümünün pekişmemiş olması ve sert bir morfoloji sergilememesidir. Kuvaterner birimler genellikle diğer birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve örtü özelliği göstermektedirler. Bu birimlerin morfolojik yapısı, tabakalanma şekli, kalınlığı ve süreksizliği derine doğru kolay bir şekilde gözlenememektedir (Kazancı vd., 2006; Sarıkaya vd., 2008; Yılmaz vd., 2009; Gürbüz ve Güner, 2009).

Kuvaterner yaşlı birimler, çeşitli jeolojik ve jeofizik yöntemlerle incelenir. Bunlar arasında tabakalanma ve tabaka değişimlerinin saptanması, gömülü faylar ve çatlaklar, yer içi ince damarlar, karasal-denizel ve gölsel çökelimler, havza gelişimi modelleri, yer altı su seviyesi, jeotermal kaynaklar, yüzeye yakın su kaynakları, yerleşim bölgelerinde deprem riskleri, zemin dayanıklılığı, yapı-zemin ilişkilerinin belirlenmesi sayılabilir

(Kadıoğlu, 2012). Bursa ovasında bölgedeki Yenişehir, İnegöl, Mustafa Kemal Paşa, Gemlik, Karacabey, Orhangazi ve İznik ovaları gibi geniş alanlarda, akarsuların taşınması sonucu biriken Kuvaterner yaşlı alüvyon ve birikinti konilerine ait malzemeler çökelmiştir. Bu çalışmada Türkiye’de yoğun yerleşime sahip olan illerimizden biri olan Bursa ilinin üzerinde bulunduğu Kuvaterner yaşlı fluviyal tortullardan oluşan ovanın tanımlanmış bir kesiminde bazı mühendislik ve jeofizik özellikleri incelenmiştir.

Ülkemizin ekonomisi, sanayisi ve nüfusu ile en büyük ve önemli kentlerinden biri olan Bursa ilk olarak Uludağ eteklerinde kurulmuş ve daha sonra Bursa Ovası’nda kalın alüvyon tabakası üzerinde gelişim göstermiştir (Tabban, 2000). Bu çalışmanın amacı Bursa iline bağlı Nilüfer İlçesinin, Ertuğrul Mahallesi sınırları içerisinde bulunan H21C04C2D Pafta, 3550 Ada ve 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 parsellerde yaklaşık olarak 37.803.00 m²’lik alanda Kuvaterner yaşlı tortulların mühendislik ve jeofizik özelliklerini incelemektir. Bölgede Bursa Büyükşehir Belediyesi (BBB) İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığınca açılan dört adet jeoteknik amaçlı sondaj verilerinden yararlanarak zemin sınıflama deneyleri ve jeofizik incelemeleri yapılmış, böylece alandaki yerel zemin koşullarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda inceleme alanında yapılan çalışmalar dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada çalışma (inceleme) alanı içerisinde Bursa Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı’nca toplam 70 m. derinliğe sahip dört adet sondaj açılmıştır. İkinci aşamada sondaj verilerinden (SPT-N darbe sayıları), mevcut deney ve gözlemlerden yararlanılarak makaslama dalgası hızı (V_s) ve jeofizik etütlerde sismik yöntem kullanılarak makaslama dalga hızları ile rezistivite çalışmalarıyla da alüvyon kalınlığı belirlenmiştir. Üçüncü aşamada SPT deneylerinden elde edilen örselenmiş karot numuneleri üzerinde zemin sınıflama deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanında belirlenen tek noktada mikrotremör ölçüm alınarak zeminin hakim titreşim periyodu belirlenmiştir. Yapılan tüm çalışmalardan elde edilen verilerin yorumlanması ise çalışmanın son aşamasını oluşturmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bursa yöresinde yapılan önemli jeolojik çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Ketin (1947), Uludağ masifi jeolojik etüdü ile ilgili çalışmasında, yüksek ve düşük derecelerde metamorfizma geçirmiş metamorfik serileri; çekirdek durumundaki A serisi ve kılıf durumundaki serileri B serisi olarak ayırmıştır. Bu metamorfik A ve B serilerinin, Masif'in merkez bölgelerinde granodiyorit bileşimli bir batolit tarafından kesildiğini belirtmiştir. Uludağ masifinin metamorfik olmayan Permiyen yaşlı örtü formasyonlarının ise dağın kuzeydoğu eteğinde yüzeylenmekte olduğunu ve Masif ile arasında bir diskordansın varlığını belirtmiştir. Masif kenarlarının çok yeni zamanlarda volkanik ve tektonik açıdan aktif olduğunu, Bursa'daki sıcak su kaynakları ve traverten oluşuklarının kanıtladığını belirtmiştir.

DSİ (1973), "Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüdü" adlı raporda Bursa ve Çayırköy ovalarında 1966 ve 1969 yıllarında yapılan etüt esnasında belirli lokasyonlarda, çeşitli derinlikte araştırma kuyuları açılarak yer altı suyu hangi derinlikte, ne miktarda, ne kalitede ve yer altı su kaynaklarını geliştirme imkanlarını tespit etmek amacıyla çalışmalar yapıldığından bahsedilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde Bursa ovasının yer altı suyu işletmesine çok müsait bir ova olduğu ve yer altı suyu kalitesinin alınan su numunelerinden EC 300-1150 micromhos/cm ve sulama suyu sınıfının C₂S₁ olduğu tespit edilmiştir. Çayırköy ovasının ise bütünüyle yer altı suyu işletmesi açısından müsait olmadığı, sadece ovanın güneybatısında Kite köyü civarında oldukça verimli ve serbest basınçlı bir akiferin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ovada yer altı suyu kalitesi iyi olup, alınan su numunelerinin EC değerleri 300-700 micromhos/cm ve sulama suyu sınıfı C₂S₁ olduğu belirlenmiştir.

Kutlukan (1973), Bursa Ovası'nda, ovayı kaplayan alüvyon örtü altındaki jeolojik yapıyı, tektonik durumu, taban kayaya ilişkin derinlik hakkında kesin, net bilgiler elde etmek amacıyla ve ovanın durumu için bir model oluşturmak amacıyla sismik yöntem ile ölçümler yapmıştır. Bu ölçümler ve çalışmalar sonucunda alüvyon örtü altında çeşitli

doğrultularda gelişmiş tektonik hatlar bulunmuş olup, kademeli faylanmalara bağlı olarak taban kayanın 450 metre ile 2400 metre arasında değişen derinlikte bulunduğu ve alüvyon kalınlığının maksimum 200 metre olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Genç (1986), toplam 22 adet 1/25000 ölçekli paftayla temsil edilen Bursa, İnegöl, Yenişehir, İznik ve Gemlik civarını içeren alanda bölgesel stratigrafiyi ve tektoniği çözümlemiştir. Bu çözümleme sonucu bölgesel jeolojik evrimi ortaya koymuştur. 1/20000 ve 1/35000 ölçekli hava fotoğraflarından yararlanarak ve arazi gözlemleriyle birlikte, çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamıştır.

Şenyuva (1991), “Bursa Ovası’nın Hidrojeoloji İncelemesi” adlı doktora tez çalışmasında alanın jeoloji, petroloji, hidroloji ve hidrojeolojisini incelemiştir. Ovanın yer altı suyu bilançosunu hazırlamış, emniyetle çekilebilecek yer altı suyu miktarını hesaplamıştır. Yer altı sularının kimyasal analiz sonuçları üçgen diyagramlar yardımıyla CaHCO_3 ’lu sular sınıfına girdiğini tespit etmiş olup, ovadaki yer üstü ve yer altı sularının içme, kullanma ve sulama standartları açısından uygun ve iyi kalitede olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Erkal ve Emre (1997) tarafından D-B yönlü Nilüfer Çayı vadisinin, Kuvaterner dönemi boyunca meydana gelen tektonizma sonucu kuzeyden güneye doğru ötelenmiş olduğu belirlenmiştir. Oluşan bu rölyef terslenmesinde Bursa Ovası ve Nilüfer Çayı’na ulaşan güneydeki derelerin vadi tabanlarının ana vadi tabanından daha aşağı kotta olduğu ve bundan dolayı daha kalın alüvyon dolgusuna ulaşmış olduğu gözlenmiştir.

Başarı (2003) tarafından hazırlanan ‘Bursa İl Merkezi Zeminlerinde Dinamik Zemin Davranış Analizleri’ başlıklı Yüksek Lisans tezinde Bursa il merkezi alüvyon zeminlerinin kalın bir tabaka ve geniş bir alanı kaplamasından dolayı deprem hareketini büyütme özelliği ile sivilaşma riski olan ve kumlu zeminlerde meydana gelebilecek oturmalar analiz edilmeye çalışılmıştır. Zeminde meydana gelebilecek büyütme hareketi, alüvyon zeminlerin geniş bir alanı kaplaması sebebiyle, zemin içinde yayılan kayma dalgalarının düşey yönde hareket edeceği kabul edilmiştir ve bundan dolayı büyütme analizleri eş değer doğrusal modelleme ile yapılmıştır.

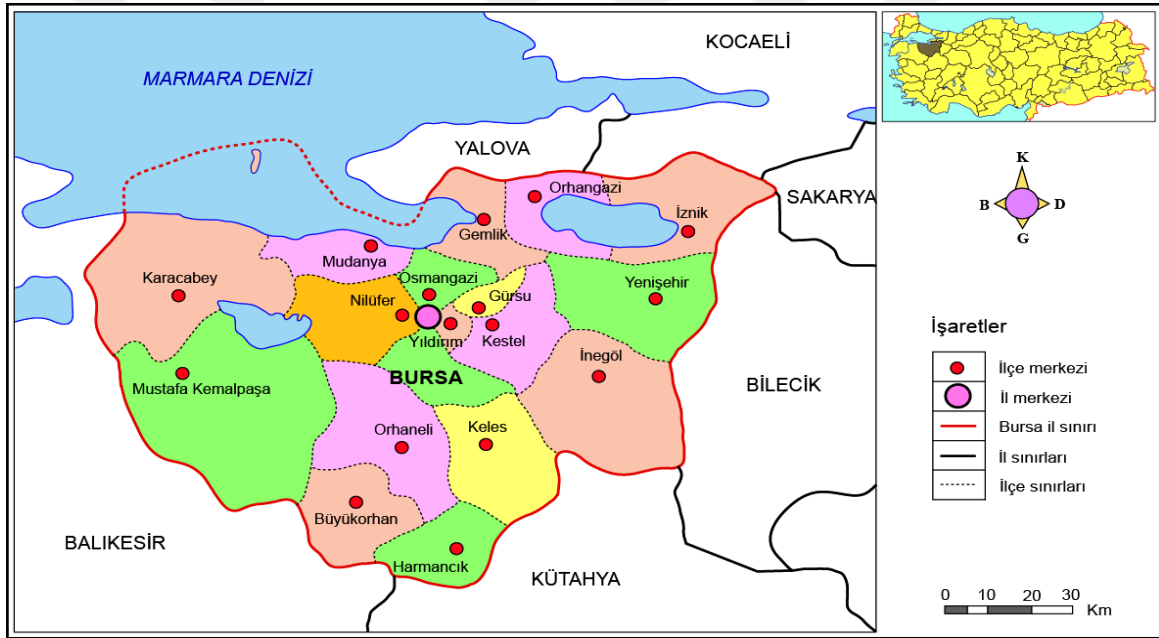
Selim vd. (2006), Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait fayları ve bu kola ait fayların denetiminde oluşan yükselim alanı, çökelim alanı ile bu alanın içerisinde yer alan çek-ayır havzanın oluşum rejimi ve havzanın yaşı hakkında araştırmalar yapmışlardır. Bursa Havzası'nın KD-GB yönlü gerime rejimi ve bu rejime ters yönde sıkışma rejimiyle oluştuğunu belirtmişlerdir ve havzanın Plio-Kuvaterner'de geliştiğinden bahsetmişlerdir. Uludağ yükseliminin ise Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait normal bileşenli fayların etkisiyle yükselmiş olabileceğini vurgulamışlardır.

MTA (2009)'nın “Bursa İli Kentsel Alanların Yerbilim Verileri” adlı raporunda Bursa ilinin jeolojisi, hidrolojisi, hidrojeolojisi, depremselliği ve mühendislik jeolojisi konuları incelenmiştir.

3. ÇALIŞMA ALANI

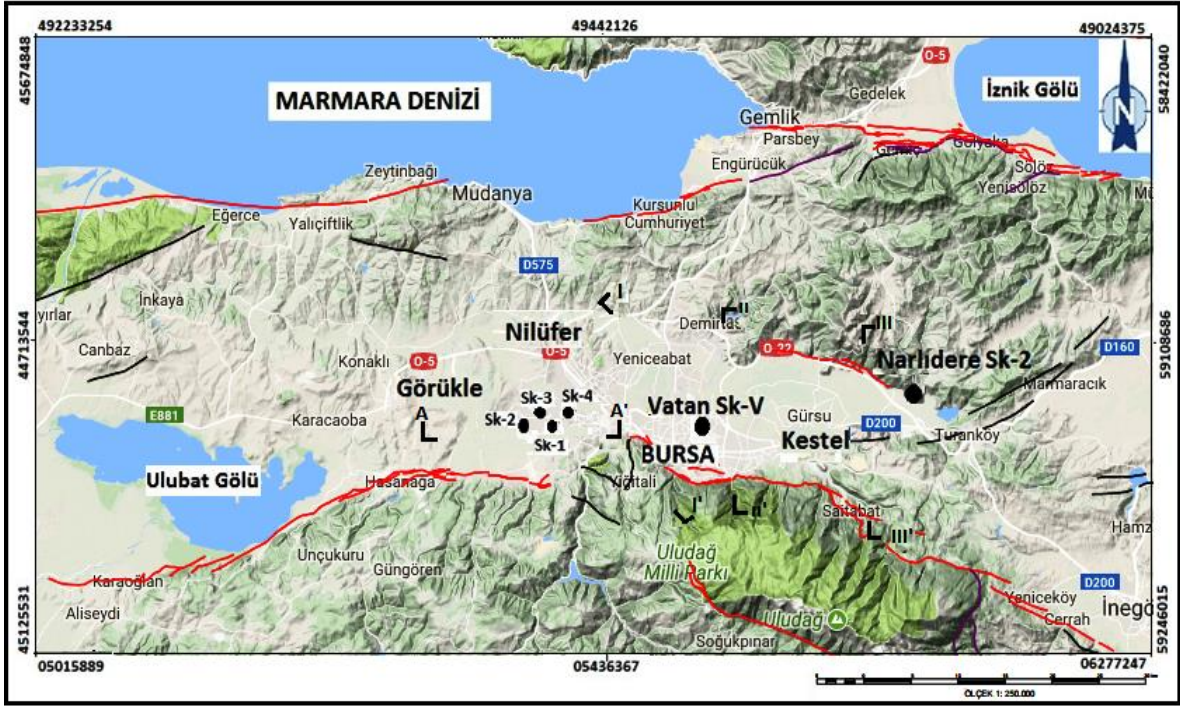
3.1. Çalışma Alanının Lokasyonu

Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda bulunan Bursa ilindedir. Bursa İli, Nilüfer İlçesi, Ertuğrul Mahallesi, Çayırköy Ovası'nda; Kestel-Narlıdere'de; ve Yıldırım İlçesi Vatan Mahallesi'nde açılan sondajlardaki verilerden elde edilen bulgular bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Bursa il haritası.

İnceleme alanı Greenwich başlangıcına göre $40^{\circ} 00'$ - $40^{\circ} 20'$ kuzey enlemleri, $28^{\circ} 50'$ - $29^{\circ} 25'$ doğu boylamları arasında yer alan, 82 km^2 alana sahip Bursa ovasının batısında ve ondan bir eşikle ayrılan 3-10 km genişliğinde Çayırköy Ovası sınırları dahilinde bulunmaktadır. Ayrıca 1/25000 ölçekli jeolojik haritada H21-c2 paftasının içerisinde yer almaktadır.



Şekil 3.2. Bursa ili çalışma alanı haritası (MTA, 2016'dan alınarak çizilmiştir).

3.2. Çalışma Alanı İklim ve Bitki Örtüsü

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün biri Bursa'da, diğeri Uludağ'da olmak üzere 2 gözlem istasyonu vardır. Bundan dolayı 1970-2010 yılları arasında Bursa ve Uludağ meteoroloji istasyonlarının düzenli verileri bulunmaktadır. Bu veriler ışığında Bursa meteoroloji istasyonuna göre yıllık yağış 761,69 mm, yıllık ortalama sıcaklık 14,6 °C'dir. Uludağ meteoroloji istasyonuna göre yıllık yağış 1673,94 mm, yıllık ortalama sıcaklık 4,9 °C'dir. Çalışma alanı ve dolaylarında Marmara iklimi hakim olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ve baharlar serin ve yağışlıdır. Yağışlar ova kesiminde yağmur, yüksek kesimlerde ise kar şeklindedir.

Bölgede en soğuk aylar Ocak-Şubat en sıcak aylar Temmuz-Ağustos aylarıdır. Haziran ortalarından Eylül ortalarına kadar yaz kuraklığı görülür. Kış aylarında güney-güneybatı yönlü rüzgarlar etkili olur. 1980-1990 döneminde Bursa'da yıllık yağış miktarı ortalama 668 mm olmuş ve 549-882 mm arasında değişiklik göstermiştir. Yağışlar Kasım-Ocak aylarında yoğunlaşmış ve yıllık toplamın ortalama % 45' ini oluşturmuştur. Haziran-Eylül dönemi özellikle yağışsızdır. 1991-2000 dönemine ait yıllık veriler de buna çok

benzemektedir ve ortalama 684 mm olup, 511-869 arasında değişmektedir. Bununla birlikte, Temmuz ve Ağustos aylarının yine özellikle yağışsız olmasına rağmen, genel olarak yağışın mevsimsel yoğunlaşması daha azdır.

3.3. Çalışma Alanı Sosyo-Ekonomik Bilgileri

Hızlı kentsel gelişme göstermesi ve büyük bir sanayi bölgesi olmasına rağmen bölgede tarım üretimi devam etmektedir. Ekili alanların bir bölümünde buğday, arpa, yulaf, fasulye ve bakla yetiştirilmektedir. Bunların dışında biber, patlıcan, domates ve soğan gibi sebzeler de yetiştirilmektedir. Endüstri bitkilerinden şeker pancarı, susam, ayçiçeği yetiştirilir. Meyve üretimi de yaygındır. En çok şeftali, dut, ceviz, elma, erik, üzüm, kiraz gibi meyveler yetiştirilir. Bölgede küçükbaş hayvan üretimi gelişmiştir. Arıcılık, tavukçuluk, ipek böcekçiliği önemli gelir kaynakları arasındadır. Büyükbaş hayvan üretimi de son yıllarda artmıştır.

3.4. Çalışma Alanı Ulaşım

İnceleme alanı Bursa'nın merkez ilçelerinden olan Nilüfer ilçesi sınırları içerisinde bulunması sebebiyle il merkezine ulaşım çalışma alanına da ulaşımı sağlayabilmektedir. İnceleme alanının Nilüfer ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 5,5 km olup karayolu ile ulaşmak her zaman mümkündür. Bursa ili ulaşım açısından iyi gelişmiştir. İstanbul'dan Bursa-Yalova karayolu veya İstanbul'dan Mudanya'ya feribotla oradan da karayolu ile ulaşım sağlanmaktadır. Çevre illerden Bilecik, Eskişehir ve Balıkesir'den karayolları ile Bursa'ya ulaşılabilir. Ayrıca Bursa ilinde, komşu illeri birbirine bağlamak amacıyla bir de çevreyolu bulunmaktadır. Çevre illeri, ilçe, belde ve köyleri birbirine bağlayan ulaşım ağı açısından iyi gelişmiştir.

3.5. Çalışma Alanının Hidrojeolojik Özellikleri

Bir bölgenin zemin özelliklerinin belirlenmesinde yer altı ve yüzey sularının önemi büyüktür. Bursa ve çevresinin yüzey sularının ana kaynaklarını Sakarya nehrinin kolu olan Göksu çayı, İnegöl ovasındaki tüm derelerin birleşmesiyle oluşan Kocasu deresi,

Uludağ'dan beslenip Bursa'nın merkezinden geçip Karacabey boğazından Marmara denizine dökülen Nilüfer çayı, Kütahya'nın Emet ilçesinde bulunan Şaphane dağlarından doğan, iki kol halinde Bursa'nın sınırlarından yüksek debiyle akışa geçen Emet ve Orhaneli çaylarının birleşmesiyle oluşan ve Karacabey boğazından Marmara denizine dökülen Mustafakemalpaşa çayı ve bunların dışında Uludağ'dan beslenen Deliçay ve bölgedeki havzalarda yer alan yan derelerden beslenen İznik ve Ulubat gölleri oluşturmaktadır. Çalışma alanının tek akarsuyu Nilüfer çayı ve kollarıdır, ayrıca mevsimlik ve sürekli akan pek çok dere bulunmaktadır. Nilüfer çayının ilk membasi Uludağ'ın güney eteklerinde bulunan Keles ilçesinin yaklaşık 10-15 km. kuzeyinde bulunan Topel dağıdır. Nilüfer çayı, Çayırköy ovasından Ayvalı dereyi, Bursa ovası ve civarının bütün derelerini alarak Ulubat gölüne girer, çıkar ve daha sonra Susurluk çayı ile birleşerek Karacabey Boğazı'ndan Marmara Denizi'nin güneyine dökülmektedir. Ayrıca Nilüfer çayının muhtelif yerlerinde yapılan ölçümlerle yer altı suyundan akarsuya büyük ölçüde bir boşalım olduğu tespit edilmiş olup, yer altı suyunun bir boşalımını olan kaynak suları ile da beslenmektedir (DSİ, 1973). Nilüfer çayı havza dışından doğmakta ve havza alanını menderesler yaparak terk etmektedir. Nilüfer çayının bu özelliği ile Bursa Havzası kapalı bir havza olmaktan kurtulmaktadır.

Bursa bölgesi termal ve mineral içerikli sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengindir. Uludağ plütonizması ve bölge tektoniğine bağlı olarak oluşan fay ve ezilme zonları boyunca Paleozoyik yaşlı şistlerin, magmatik kayaların eklem ve çatlakları boyunca derine doğru süzülen suların tekrar yüzeye çıkmaları gibi jeolojik oluşumlar sonucu termal ve mineral içerikli sular mevcuttur. Bursa'nın merkezinde Çekirge ve Kükürtlü, Gemlik İlçesinde Terme, Mustafakemalpaşa ilçesinde Dümbüldek, Orhangazi ilçesinde Keramet, İnegöl ilçesinde Oylat, Orhaneli ilçesinde Ağaçhisar ve Sadağda gibi değişik bölgelerde 0,01 lt/s ile 40 lt/s arasında debiye sahip bikarbonatlı, kükürtlü, kalsiyum sülfatlı ve bazik yapıli termal kaplıcalar bulunmaktadır (DSİ, 2013).

Bursa ovasında, özellikle güneyde, Uludağ'dan inen yan derelerin biriktirdiği alüvyon konilerinde yer altı suyu işletmesi açısından en müsait yerlerdir. Koniler, Uludağ eteklerinden başlayıp kuzeye doğru 3-4 km, doğu-batı yönünde de 3-4 km yayılım göstermektedir. Kuyularda ortalama 50 lt/sn debiye karşılık dinamik seviye ortalama 10-15 m civarındadır. Ovanın orta kısmı yer altı suyu işletmesi açısından güneyine nazaran 2.

derece elverişlidir. Bu bölgede alüvyon kalınlığı incelmekte olup 100 m' nin altında 20-35 lt/sn civarında verimli artezyen akiferler mevcuttur. Bu verime karşılık dinamik seviye 20 m civarındadır. Bursa ovasının kuzeyi ve kuzey doğu kısmı diğer yerlere nazaran en elverişsiz yerleridir. Burada alüvyon, ince elemanlı olup bozuk derecelenmeli ve düşük porozitelidir. Kuyu verimleri 10 lt/sn yi geçmemektedir.

Çizelge 3.1. Bursa Ovası yer altı suyu bilançosu (DSİ, Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojolojik Etüt Raporundan (1973) alınmıştır).

BESLENME x 10⁶ m³/yıl	BOŞALMA x 10⁶ m³/yıl
Yağıştan Süzülme : 37,0	Nilüfer Çayına : 72,5
Akıştan Süzülme : 62,0	Yeraltından Dışa Akış : 5,0
Yanal Beslenim : 16,0	Suni Boşalım : 37,5
TOPLAM : 115 x 10⁶ m³/yıl	TOPLAM : 115 x 10⁶ m³/yıl

Bursa'nın yer altı suyu açısından ikinci dereceden verimli yeri Çayırköy ovasıdır. Ovanın yer altı suyu işletmesi açısından en verimli yeri, ovanın güneybatısında bulunan Kite köyü civarlarıdır. Burada alüvyon kalınlığı 50 m. civarında olup verimli akifer bu alüvyon ve altındaki Neojen birimdir. Alüvyonda ortalama 20 lt/sn verime karşılık dinamik seviye 20 m civarında olup, Neojen birimde ise 10 lt/sn verime karşılık dinamik seviye aynı şekilde ortalama 20 m derinlikte olmaktadır. Ovada alüvyonun beslenimi yağış ve yüzeysel akıştan süzülmeyle olmaktadır. Alüvyon genel olarak ovanın kuzeyinde killidir (DSİ, 1973).

Çizelge 3.2. Çayırköy Ovası yer altı suyu bilançosu (DSİ, Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojolojik Etüt Raporundan (1973) alınmıştır).

BESLENME x 10⁶ m³/yıl	BOŞALMA x 10⁶ m³/yıl
Yağıştan Süzülme : 5,5	Buharlaştırma-Terleme : 5,0
Akıştan Süzülme : 4,0	Kuyu ve Kaynaklarla : 4,0
	Yeraltından Dışa Akış : 0,5
TOPLAM : 9,5 x 10⁶ m³/yıl	TOPLAM : 9,5 x 10⁶ m³/yıl

3.6. Çalışma Alanının Depremselliği ve Tektonik Durumu

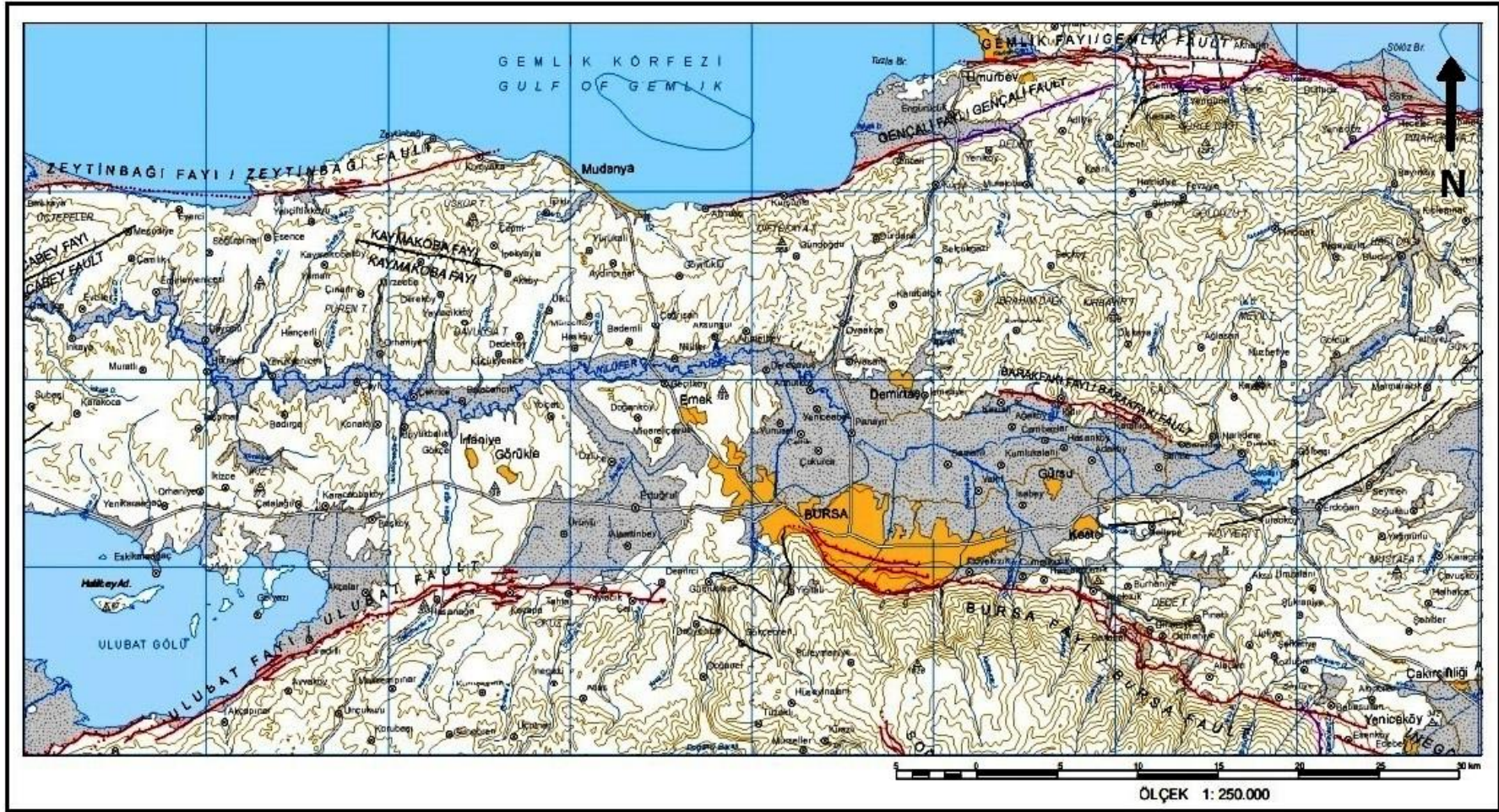
Bursa ili, deprem aktivitesinin belirgin ve yoğun olarak gözlemlendiği bir bölgedir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve Bakanlar Kurulunun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre '1. ve 2. Derece Deprem Bölgesinde' yer almaktadır. Çalışma alanı ise 1. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır.

Bölgenin en önemli orojenik hareketleri sonucu oluşan Uludağ ile Bursa ovasının yapısal ve morfolojik şekillenmesi Pliyosen'de olmuştur. Bu tektonik gelişmede D-B doğrultulu Kuzey Anadolu Fayı'nın doğrultu atımlı tektoniği ile Batı Anadolu'da egemen olan K-G gerilme rejimi rol oynamıştır. Bölgede iki tektonik rejim etkisiyle D-B yönlü horst ve grabenler gelişmiştir. Bursa ovası, güneyde Uludağ horstu ve kuzeyde Katırlı Dağı horstu arasında yer alan yapısal alçalıma karşılık gelir. Bursa Bölgesi'ndeki sismik aktivite Güney Marmara Bölgesi'nde; Eskişehir Fay Zonu'nun batıya doğru devamı olan faylardan, Bursa-Gönen çöküntü havzasının oluşumunu sağlayan ve bu havzanın kenarlarında bulunan faylar ile Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)'nin güney kolundan kaynaklanmaktadır. KAFS içerisinde yer alan güney kolunu; İznik-Mekece Fayı, Gençali Fayı, Zeytinbağı Fayı, Gemlik Fayı ve Gemlik Körfezi'nde deniz tabanında yer alan faylar oluşturmaktadır. Ayrıca Bursa-Gönen çöküntü havza alanının güneyinde yer alan Uludağ yükselimi güneyinde ve bu dağ sırasının doğu ve batı devamında da diri faylar bulunmaktadır. Bursa ilinin güney kenarında bulunan faylar Bursa Fayı, İnegöl Fay Zonu, Oylat Fayı, Ulubat Fayı, Mustafakemalpaşa Fayı ve Manyas Fay Zonu; kuzey kenarında bulunan faylar ise Kaymakoba, Karacabey ve Barakfakı faylarıdır (Emre ve diğ., 2005; 2009).

Bursa'nın Çekirge burnu ve İnegöl havzası arasında olan, Bursa ovası ile Uludağ'ı sınırlayan ve Uludağ'ın kuzey kenarını kontrol eden Bursa Fayı yaklaşık olarak 40 km uzunluğundadır. Fay oldukça düşük açılı olup kuzeye eğimli normal bir faydır. Genel doğrultusu KB-GD'dur. Fay orta kesiminde tek bir çizgi halindedir. Doğu ve batı uçlarında ise zonal ve parçalı bir yapıya sahiptir. Bursa Fayı'nı geometrik olarak iki segmente ayırmak mümkündür (MTA, 2009) (Şekil 3.3).

Batı segmenti Çekirge burnu ile Değirmenlikızık arasında yer almaktadır ve güneye kavislidir. 45° 'lik bir büküm ile doğu segmentten ayrılmaktadır. Bu bölüm K35B doğrultulu olup, 5,5 km uzunluğundadır. Paleozoyik yaşlı Uludağ metamorfitlerini, Kuvaterner yaşlı travertenleri, yamaç molozu yığışımalarını ve birikinti konilerini sınırlamaktadır. Bu segmentin önünde gelişmiş iki sentetik fay bulunmaktadır. Segment güneye kavisli uzanmasına rağmen sentetik fayların doğrultusu K80⁰B olup, uzunluğu 5 km'dir (MTA, 2009).

Bursa Fayı'ndan kaynaklanan en son yıkıcı depremler 28 Şubat 1855 (Şiddet: IX) ve 11 Nisan 1855 (Şiddet: X) tarihlerinde meydana gelmiş olup, Bursa il merkezinde ve yakın çevresinde yüksek can kaybı ve ağır hasara yol açmıştır. Bu iki yıkıcı depremden sonra, Bursa il merkezini kapsayan alanda önemli sayılacak yıkıcı bir deprem olmamıştır. Bursa Fayı yaklaşık 148 yıldır bir sismik boşluk niteliğindedir ve gelecekteki yıkıcı depremin olası yeridir (BBB, 2012).

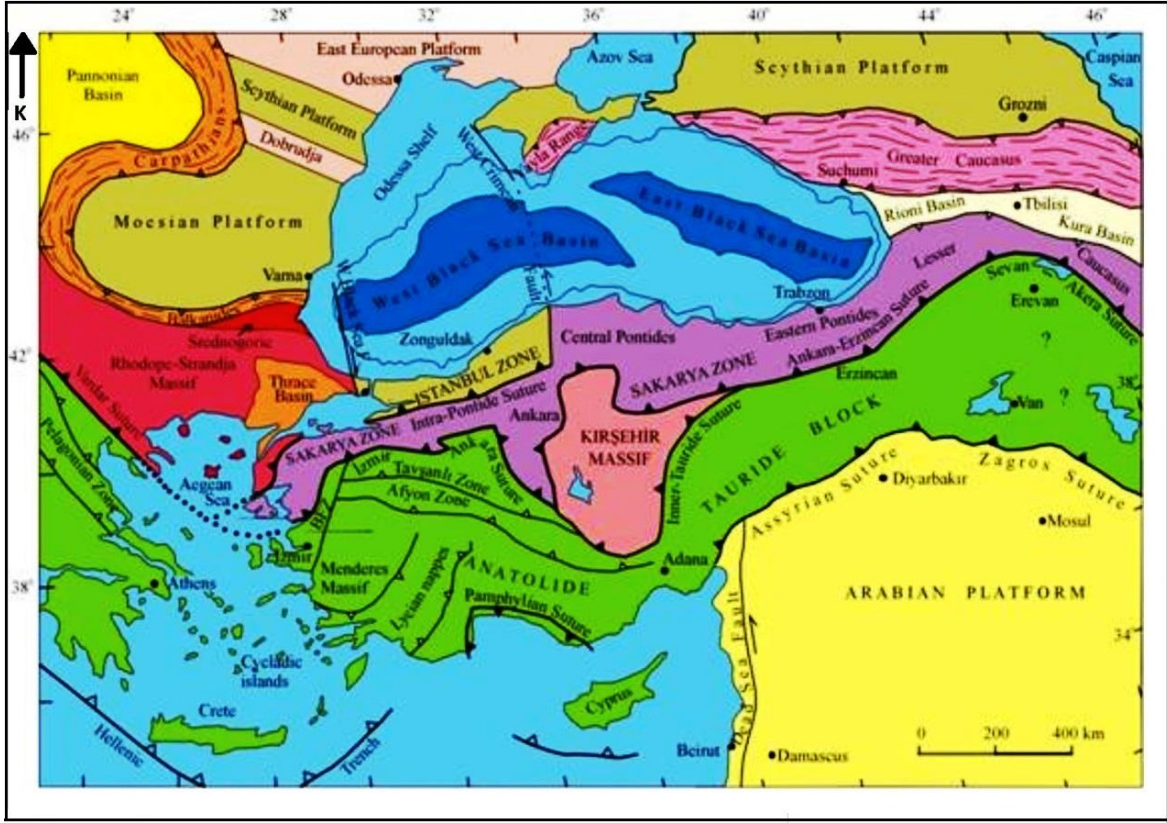


Şekil 3.3. Türkiye diri fay haritası Bursa (NK 35-12) paftası (MTA, 2016).

3.7. Çalışma Alanının Jeolojisi

Bursa ili farklı jeolojik dönemlerde oluşmuş ofiyolitik kenet kuşaklarıyla birbirinden ayrılan, farklı tektonik özellikleri olan üç önemli tektonik birliğin bir araya geldiği bir bölgede bulunmaktadır. Bursa bölgesi genelinde, farklı litolojik özellikler gösteren, Paleozoyik-Kuvaterner zaman aralığını temsil eden metamorfik, volkanik, ofiyolitik, plütonik ve çökel kaya türleri bulunmaktadır. Kıtasal bloklar ve kenet kuşaklarına ait kaya türleri farklı litoloji, farklı yaş ve farklı yapısal özellikler sunmakla birlikte birbiriyle tektonik ilişkilidir. Birbiriyle tektonik ilişkili olan bu birlikler Bursa'nın kuzeyinde İstanbul Zonu, ortada Sakarya Zonu ve güneyinde Tavşanlı Zonlarından oluşur (MTA, 2015) (Şekil 3.4).

Bursa'nın kuzeyinde bulunan İstanbul Zonu, Paleozoyik yaşlı pasif kıta kenarı çökelleri ve bu çökelleri uyumsuzlukla örten Triyas yaşlı sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Altta Uludağ Grubu'nda yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı bir temel ve temeli tektonik olarak örten Permian-Triyas yaşlı dalma-batma zonu kayaları ise Sakarya Zonu'nu oluşturmaktadır. Tavşanlı Zonu, Torid-Anatolid Bloğu'nun kuzey ucunda yer alan ve Kretase'de yüksek basınç düşük sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirmiş kısmını oluşturur (Okay, 2011). Mavi şistler ve mermerlerden oluşmaktadır. İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu bu tektonik birliklerden İç Pontid Kenedi ile Sakarya Zonu ve Tavşanlı Zonu ise İzmir-Ankara Kenedi ile ayrılmaktadır. İç Pontid Kenedi ofiyolit ve mavi şist dilimlerinden oluşan bir fay zonu ile temsil edilmektedir. Kenedin oluşması, Mesozoyik'te İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında açılan okyanusun, Erken Eosen-Oligosen dönemlerinde kapanmasıyla meydana gelmiştir. Neo-Tetis Okyanusunun kuzeye dalarak yok olmasıyla, Sakarya ve Tavşanlı Zonları arasında sınırı oluşturan ofiyolitik kayalar ve flişten oluşan İzmir-Ankara Kenedi oluşmuştur.



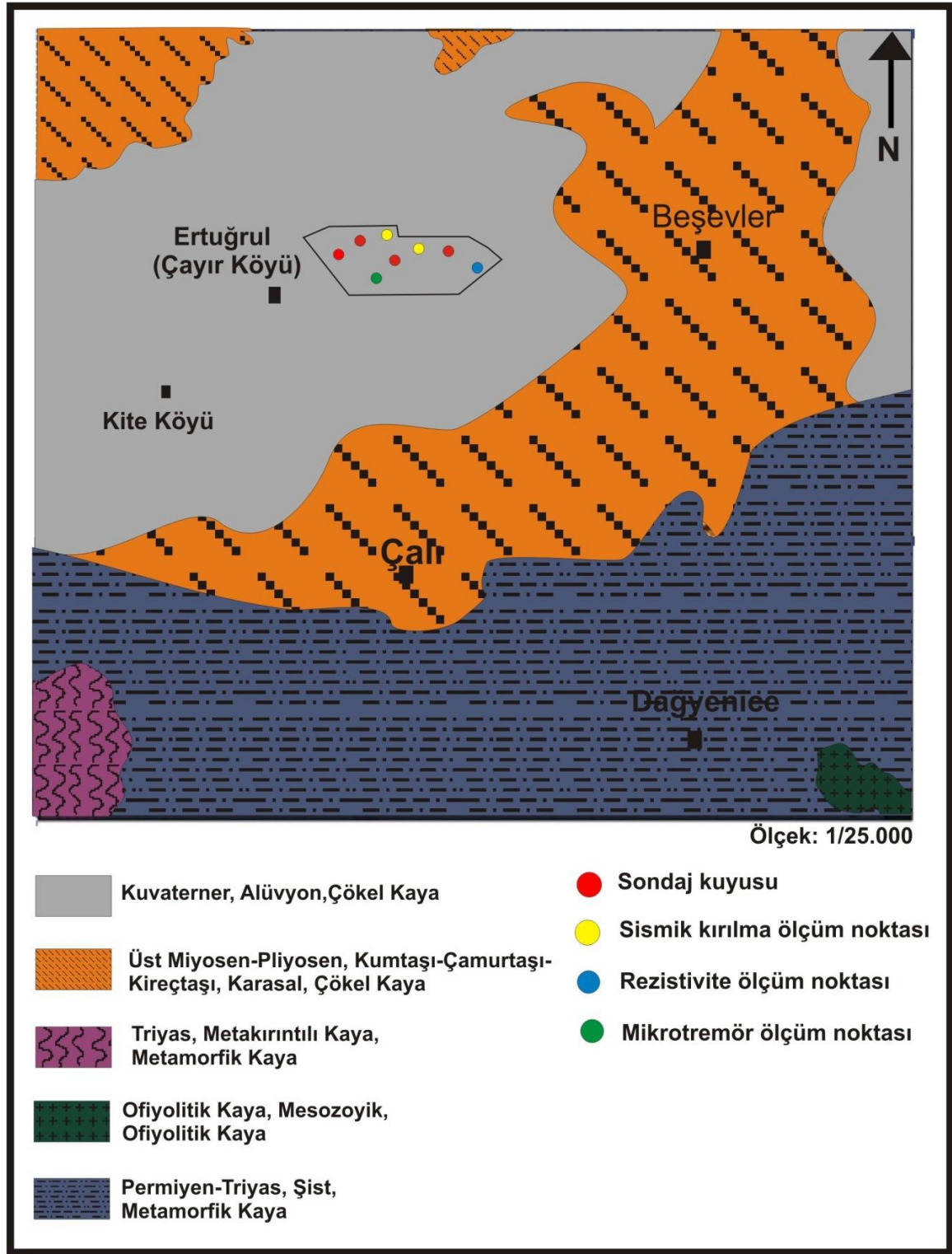
Şekil 3.4. Türkiye tektonik kuşaklar haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).

Bu tektonik birlikler eski kıta parçalarını temsil etmektedirler. Oldukça farklı stratigrafik, magmatik, metamorfik ve yapısal özelliklere sahip olan kenet kuşakları bu tektonik birlikleri birbirinden ayırmaktadır. Tüm bu temel birimler üzerinde, uyumsuz olarak gelen Neojen istifleri yer almaktadır. Bu istif çoğunlukla konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve şeylerden oluşmaktadır. Bu çökel istifler, göl ve nehirlerle ait karasal kırıntılardan oluşmaktadır ve bu istif içerisinde ekonomik değere sahip linyit damarları da görülmektedir. Ayrıca bölgede, yer yer volkanik ve granitik kayalar temel birimleri kesmektedirler.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, birçok kurum ve araştırmacı tarafından bölgenin jeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmaların özeti ‘Önceki Çalışmalar’ bölümünde verilmiştir. Tez çalışmasının bu aşamasında Bursa Büyükşehir Belediyesi (BBB) İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı’nın (2012), Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü 1. Bölge Müdürlüğü’nün (2013) bölgenin jeolojisini ve jeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmalardan, Devlet Su İşlerinin 1973 yılında “Bursa ve

Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüdü” adlı çalışmasından ve Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü’nün (2009) Bursa ilinin jeolojisi, hidrolojisi, hidrojeolojisi, depremselliği ve mühendislik jeolojisi konularının incelendiği “Bursa İli Kentsel Alanların Yerbilim Verileri” adlı raporundan (Şekil 3.5) yararlanılarak çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi derlenmiştir.





Şekil 3.5. Çalışma alanı 1/25000 jeoloji haritası (MTA 1/25000 H21C2 paftasından alınarak yeniden çizilmiştir).

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki formasyonların özellikleri ana hatları ile yaşlıdan gence doğru incelenmiştir (Şekil 3.5) ve özellikleri ayrıntılı olarak sunulmuştur. Paleozoik yaşlı Uludağ karmaşığının çekirdeğini oluşturan granitler ve sahanın güneyinde, inceleme alanının temelini oluşturan yüksek metamorfizma geçirmiş gnays, mikaşist, amfibolit, kuvarsit ve mermerler çalışma alanı ve yakın çevresinin en yaşlı litostratigrafik birimleridir. Paleozoik yaşlı bu temel üzerine literatürde Karakaya Kompleksi olarak adlandırılan; bu birimler ile tektonik ilişkili ve yüksek basınç-yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, Permo-Triyas yaşlı bazik kökenli metatüf, lav, çeşitli şistler, sleyt-fillit, metasilttaşı, kalkşist, kuvars-kloritşist, amfibol şist, metakarbonat, grovak ve şeyl birimleri ile temsil edilen formasyon gelmektedir.

Üst Triyas yaşlı konglomera, kumtaşı, kilaşı seviyelerinden oluşan Iğdır Formasyonu, Karakaya Formasyonu ile geçişlidir. Alt Jura yaşlı Bayırköy Formasyonu ise Triyas yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

Orta Jura-Eosen zaman aralığında kesiksiz olarak devam eden bir çökel istifi bulunmaktadır. Jura-Alt Kretase' ye kadar devam eden Bilecik Kireçtaşı, Alt-Üst Kretase yaşlı Vezirhan Formasyonu ve Gölpazarı Formasyonu grubunun litolojik birimleri birbirleriyle geçişlidir.

Üst Kretase-Paleosen geçişinde ise Selvipınar Kireçtaşı olarak adlandırılan birim çökelmiştir. Alt Eosen'den itibaren Üçpınar Formasyonu gelmektedir. Taban konglomerası ile başlayan bu formasyon üste doğru karbonatlı kumtaşına geçmektedir.

Eosen-Miyosen zaman aralığında alttan üste doğru birbirleriyle geçişli ve uyumlu, Fındıcak Formasyonu, Karabalçık Bazaltı, Sarıkaya Formasyonu, Dürdane Formasyonu, Genç Ali Kireçtaşı ve Kurban Dağı ile temsil edilen Eosen çökel istifi gelmektedir. Bursa ve çevresinde geniş bir yayılım gösteren Gemiciköy Formasyonu ile temsil edilen Neojen birimleri; konglomera, kumtaşı, gölsel kireçtaşı ve marn, gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt, ve kil litolojilerinden oluşmaktadır. Tüm bu birimlerin üzerinde ise Kuvaterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu ve travertenler bulunmaktadır.

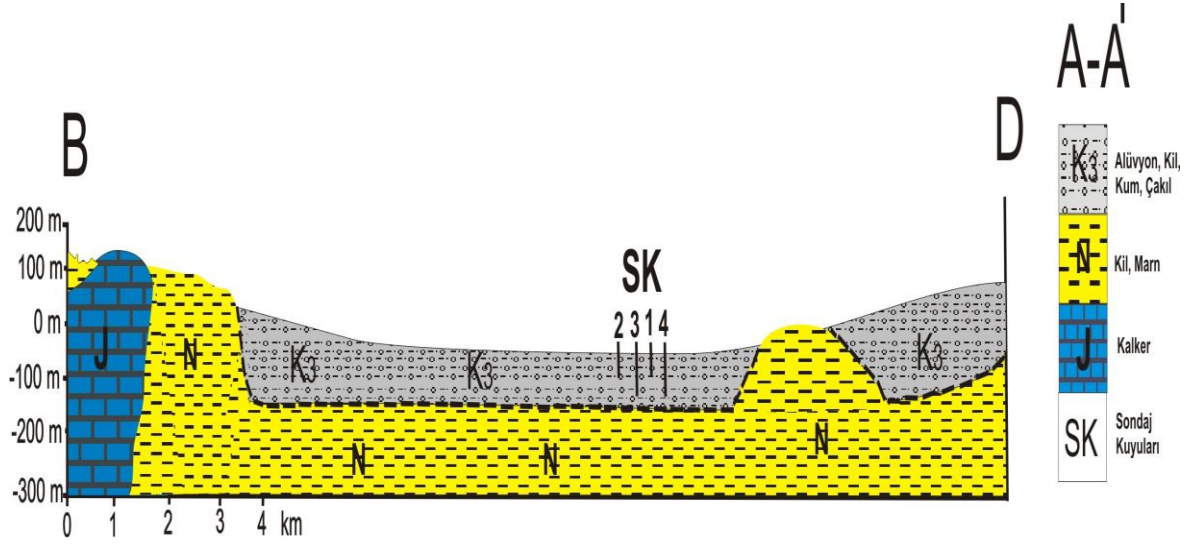
İnceleme alanı stratigrafik kesiti Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Ayrıca bu tez çalışmasında 1:100.000 ölçekli Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeoloji haritası ve bu haritadan derinliğe bağlı olarak jeolojik birimlerin değişimini gösteren kesitler DSİ (1974)’den yalınlaştırılarak derlenmiştir (Şekil 3.7; 3.8; 3.9; 3.10; 3.11 ve 3.12).



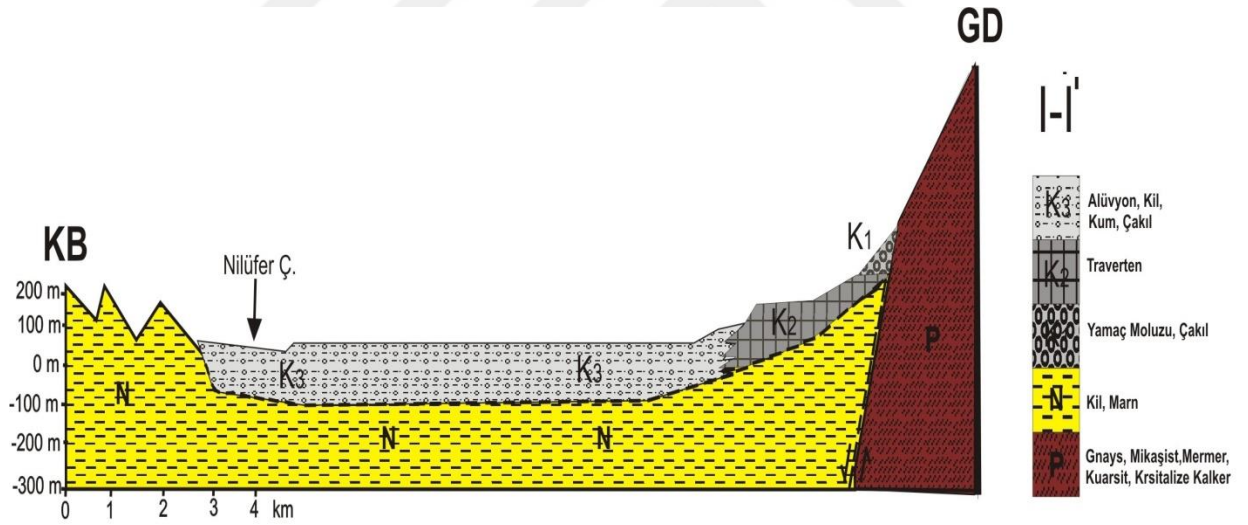
Üst Sistem	Sistem	Seri	Birim Adı	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	-	150-200		Alüvyon, Alüvyal yelpaze, yamaç molozu, moloz akması Bursa Traverteni (kalınlığı ~100 m)
		Üst Ple.	-	30		DİSKORDANS Akarsu Taraçası
	Tersiyer	Pliyo-Pleyis.	Gemiciköy Formasyonu	225		DİSKORDANS
		Miyosen				Çakıltı, çamurtaşı, marn ve kireçtaşı
		Orta Üst				DİSKORDANS
		Orta				DİSKORDANS
		Alt	Uludağ Graniti	?		Granit
		Eosen	Eosen Volkanitleri	150		DİSKORDANS
		Orta Üst	Eosen Kırıntıları	150-100		Andezitik lav, tüf içerikli volkano-tortul birimler
		Orta	Karabalık Bazaltı	?		Çakıltı, kumtaşı, kiltası ve yer yer kireçtaşı
		Orta	Kapıdağ Graniti	?		Granit
		Orta	Kapıdağ Graniti	?		DİSKORDANS
Paleozoyik-Mezozoyik	Kretase	Üst Kretase	Gölpazarı Form.	>40		Volkanik kırıntılı tüf, kumtaşı, şeyl, tüf, killi kireçtaşı
		Senomoniyen Kampaniyen	Vezirhan Form.	?		DİSKORDANS
		Meta-Neokambriyen	Bilecik Form.	330-350		Boz-sarımsı renkli, ince katmanlı, killi kireçtaşı
	Jura	Lias	Bayırköy Form.	550		DİSKORDANS
		Üst	İğdır Form.	150		Beyaz, pembe renkli mikrit, dismikrit ve biyomikritten oluşan kireçtaşı
	Triyas	Permo-Triyas	Karakaya Karmaşığı	~800		DİSKORDANS
		Orhanlar Grovaki	Nilüfer Birimi	>2000		Arkoz ve metabazik kumtaşı
		Üst	İğdır Form.	150		DİSKORDANS
Prekambriyen Paleozoyik			Uludağ Masifi	>3000		Konglomera, kiltası, mikali kumtaşı
						Arkozik kireçtaşı, şeyl ve rekristalize kireçtaşı blokları
						Fillit, şist ve metabazikten oluşan bir matriks ile içerisinde mermer blokları (Çatatepe mermeri)
						TEKTONİK
						Gnays, amfibolit ve mermer

Ölçeksiz

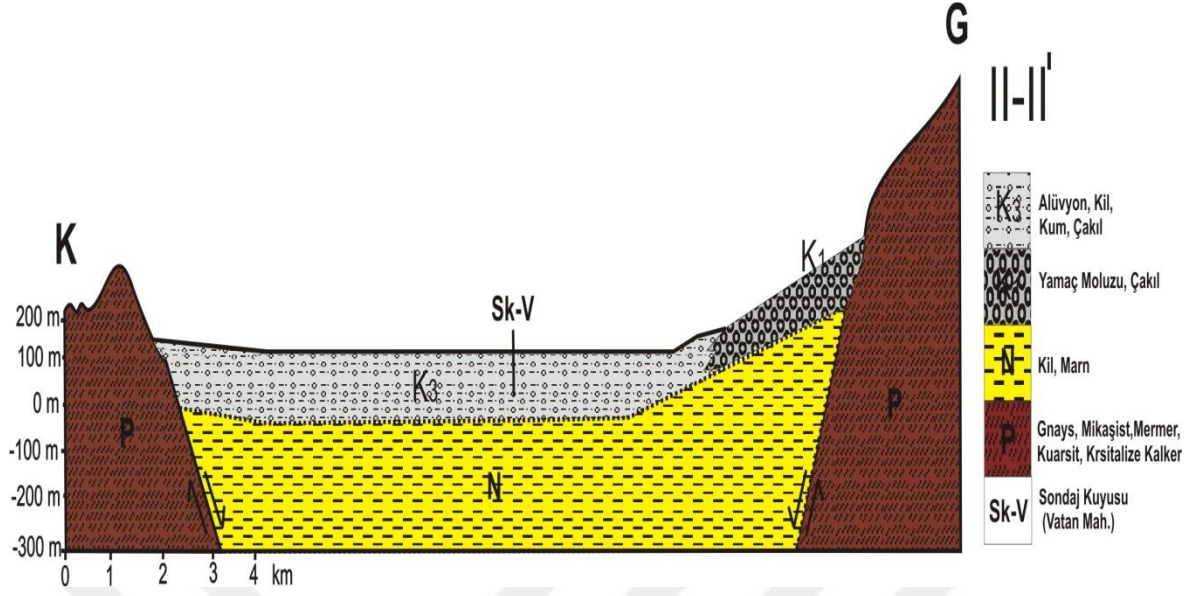
Şekil 3.6. Bursa bölgesinin geliştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Selim vd., 2006 ve BBB, 2012).



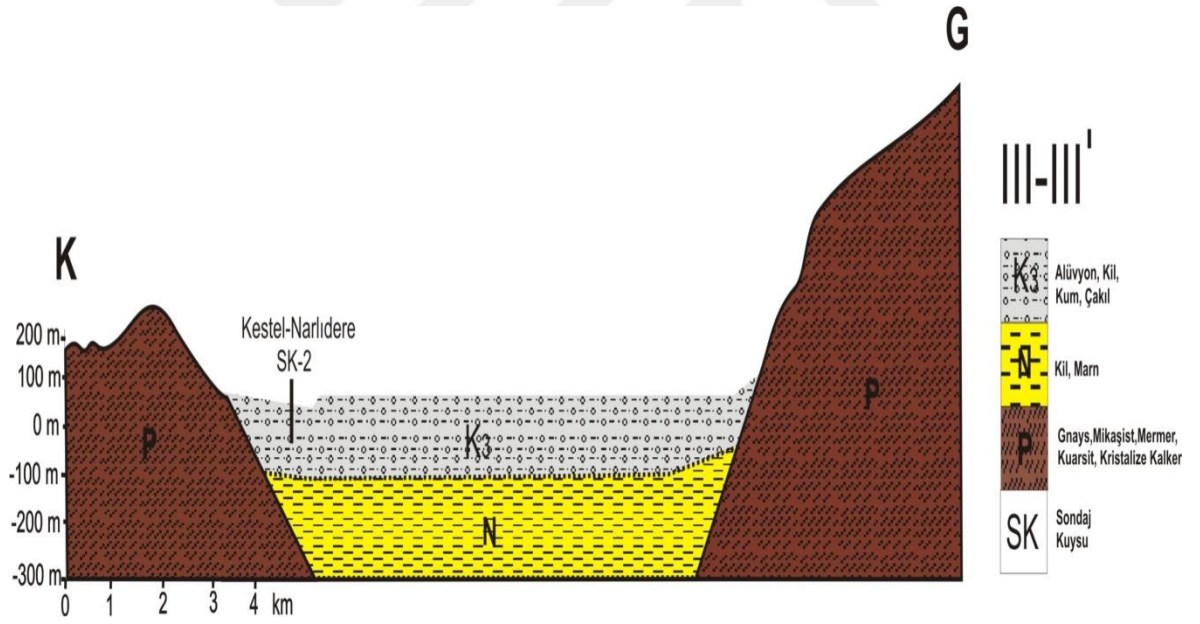
Şekil 3.9. A-A' B-D kesiti (DSİ, 1974'ten alınarak yeniden çizilmiştir).



Şekil 3.10. I-I' KB-GD kesiti (DSİ, 1974'ten alınarak yeniden çizilmiştir).



Şekil 3.11. II-II' K-G kesiti (DSİ, 1974'ten alınarak yeniden çizilmiştir).



Şekil 3.12. III-III' K-G kesiti (DSİ, 1974'ten alınarak yeniden çizilmiştir).

3.7.1. Uludağ Metamorfitleeri (Pzu)

Uludağ Masifi'nin temel yapısını oluşturan metamorfitleer ve bu metamorfitleeri kuşak gibi çevreleyen şistleşmiş mermerler Bursa ilinin güneyinde, güneydoğu-güneybatı yönünde geniş bir alanda görülürler.

Uludağ Metamorfitleeri, güneybatı-kuzeydoğu yönünde bir kuşak halinde granodiyorit batolitinin kuzeyinde Beşevler Mahallesi, Kadıyaylası, Sarıalan, Süleymaniye Köyü, Kaplıkaya, Gökdere ve Ballıkaya dereleri boyunca görölmektedirler. Uludağ Metamorfitleeri' nin üst düzeylerinde mermer ve şistleşmiş mermerler bulunmaktadır. Sert yapıları ile Bursa Ovasına doğru dik yamaçlar oluşturan şistleşmiş mermerler batıda Çekirge ve Muradiye'ye doğru Uludağ'ın kuzey yamaçları boyunca uzanmaktadır. Doğuda ise Saitbaba Köyü kuzeyinden başlayarak Hamamlıkızık Köyü, Cumalıkızık Köyü ve Fidyekızık Köyü civarında görölmektedir. Şistleşmiş mermerler metamorfik kayalar içerisinde mercer ve ara katman halinde de bulunabilmektedirler (BBB, 2012).

Bursa ve çevresinin temelini oluşturan Uludağ Metamorfitleeri kuzeyde ve doğuda Bursa ve İnegöl Ovaları ile batıda ve güneyde Nilüfer Çayı ile sınırlanmıştır. Masifin temel yapısını farklı derecelerde metamorfizma geçirmiş serilerle, bu serilerin içerisinde sokulmuş granodiyorit plütonları oluştururlar. Kuzeyde Permiyen yaşlı kırıntılı sedimentlerle fosilli kireçtaşları; doğu ve güneyde ise genç Neojen örtüsü bunların üzerine gelmektedir (Ketin, 1983).

Bürküt (1966) ve Ketin (1983) çalışmalarında Uludağ Masifinin temelini oluşturan metamorfik serileri A serisi ve B serisi olmak üzere ayırtlamıştır. A serisi yüksek derecelerde değişikliğe uğramış, çekirdek durumundaki çeşitli gnayslardan, amfibolit ve şistleşmiş mermerlerden, B serisi düşük derecelerde metamorfizma geçirmiş, kılıf durumundaki yeşil şistlerden, fillit, yarı mermer ve kristalize kireçtaşlarından meydana gelmiştir.

3.7.2. Bakacak Granodiyoriti

Doğu-batı yönünde uzanan granodiyorit batoliti Uludağ Masifi'nin orta ve iç kesimlerinde oldukça geniş alana uzanır.

3.7.3. Dereyörük Grubu

Bursa ve çevresinde geniş alanlarda yüzeylenen kıvrımlı ve kırıklı olan birim, yeşil şist fasiyesinde düşük dereceli metamorfizmaya uğramış, perlitik ve magmatik kayalardan oluşmaktadır. Bu birimin içerisinde; bazik metamorfik kayalar, meta-ultrabazik kayalar, şistler, mermer ve kalkıştiller, metasedimenterler görülmektedir. Göksu Deresi ve Dereyörük Köyü civarlarında daha belirgindirler.

Mermerler, Karakaya Grubu içerisinde olistolitler halinde bulunabilirler. Siyah, koyu gri, krem, sert, dayanımlı, rekristalize çok kalın katmanlı, masif ve fosilsiz olan mermerler Gözede ve Burhaniye köyleri arasında Deliçay' ın akış yönüne uygun olarak topografyada yüksek tepeleri oluşturmuşlardır. Metasedimenterler, metakumtaşı, metakonglomera, fillit ve kuvars şistlerden oluşmuştur (BBB, 2012).

3.7.4. Karakaya Grubu

Kuzey Batı Anadolu'da geniş yayılıma sahip olan başlıca bazik volkanik kayalar, kireçtaşı ve grovaktan oluşmuş, metamorfizma ve deformasyona uğramış, ilk kez Bingöl (1968) tarafından Karakaya serisi olarak daha sonra Karakaya Formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973).

Geniş alanda yayılım gösteren; konglomera, mikrokonglomera, kumtaşı, grovak, kıltaşı, bazik volkanit ve kireçtaşı aralanmasından oluşan bu birimin Bursa ve çevresinde eski temelle ilişkisi tam olarak görülememektedir. Radyolarit, diyabaz ve spilit ara katkılı olan birim yüksek miktarda ve çeşitli boyutlarda kireçtaşı (Permien) olistolitleri içerir. Çok kıvrımlı ve kırıklı yapı göstermesi sebebiyle Karakaya Grubu için kesin kalınlık verilememektedir (Şenyuva, 1991).

Karakaya Grubu'nun Paleozoyik yaşı temel kayalarla alt dokanağı nadiren görülmektedir. Görüldüğü yerlerde de devamlı faylıdır. Üst dokanağı ise Iğdır Formasyonu ile geçişlidir. Daha genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür ve Üst Permien yaşı rekristalize kireçtaşı blokları içerir (Tekeli, 1981).

Bursa Demirtaş, Seçköy, Avdancık, Iğdır, Karahıdır, Kazıklı köy, Ericek, Narlıdere, Barakfakih, Gölbaşı dolaylarında, Çataltepe-Aksu köyleri arası Kestel'in doğusu, Doğancı ve Dağyenice köyleri civarında geniş yayılım gösteren Karakaya Grubunda konglomera ve kumtaşları sert ve kalın katmanlıdır. Kumtaşları beyaz-krem, temiz, yıkanmış kuvars çakıllarından oluşmaktadır. Kumtaşları kilttaşlarıyla ardalanmalıdır. Çok miktarda kireçtaşı (Permien) olistolitleri içeren birim yer yer radyolarit, diyabaz ve spilitlerle girift halde gözlenirken kilttaşları kızıl-kahve renkli ve kıvrımlı olarak görülmektedir. Bursa ovası güneydoğusunda yer alan ve Çataltepe - Aksu Köyleri arasında görülen Karakaya Grubu, spilit, spilitik bazalt, radyolarit, çamurtaşı, spilitik kumtaşı, kireçtaşı ve çörtlerden oluşmaktadır. Bursa'nın güneybatısında Karakaya Grubu çoğunlukla bazik volkanitler ve bunlarla ardalanmalı kireçtaşlarından oluşmaktadırlar ve Nilüfer çayı boyunca topoğrafik olarak fazla eğime ve engebeli bir yapıya sahip değildirler (BBB, 2012).

3.7.5. Iğdır Formasyonu

Yapılan çalışmalarda birimin litoloji içeriği, kıvrım stili ve gidişleri, bloklu seri özelliği göstermemesi ile Karakaya grubundan ayrı tutulmuştur (Genç, 1986). Birim ilk kez Genç (1986) tarafından Iğdır Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon adını en iyi gözleendiği yer olan Bursa ili Iğdır Köyü'nden almaktadır.

Iğdır Formasyonu, kiltası, gri-kahve renkli konglomera, mikalı kumtaşından oluşmaktadır. Alt seviyelerinde konglomera ve kumtaşı hakim olup, üste doğru kumlu, kırmızı-gri kireçtaşı ara katkıları ile fosilli, mikalı kumtaşı-kiltasına geçmektedir. Kahve-boz renkli, kalın tabakalı, kuvars, şist ve yuvarlak, 1-5 cm boyunda kireçtaşı çakılları içeren konglomera, karbonat çimentoludur. Ayrıca karbonat çimentolu kumtaşı seviyeleri,

yeşil-gri-kahve-sarı renkli, kireçtaşı, kuvars, plajiyoklas, biyotit, şist taneli ve kalın-düzgün tabakalıdır (MTA, 2009).

Formasyonun alt dokanağı Karakaya Grubu kayaları ile geçişli olup Iğdır Köyü kuzeydoğusunda K45°D doğrultulu ve 55° GD eğimli bir fayla dokanak halindedir. Birimin kalınlığı 150 m kadar olup kuzeydoğusunda granit sokulumu tarafından kesilmiş ve Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşı ile uyumsuz olarak örtülmektedir (Genç, 1986). Erk (1942), kilitaşlarında ve kumtaşlarında Holobia Stryaica Mojs fosili gözlemlemiştir ve bunun sonucunda bu bilgiye göre de birimin yaşını Üst Triyas olarak belirlemiştir.

3.7.6. Bayırköy Formasyonu

Granit ve Titant (1960) tarafından ilk kez, Orta Sakarya dolaylarında Bayırköy kumtaşı olarak adlanan Bayırköy Formasyonu, Altınlı (1965) tarafından haritalanabilir bir birim olarak tespit edilmiştir. Gürpınar (1976) ise bu birimi Bayırköy Formasyonu olarak değiştirmiştir.

Birim genellikle kalın tabakalı çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı ve kilitaşlarından oluşmaktadır ve tabanda sarı, kahverengi, boz ve kırmızı renkli, orta - kalın katmanlı konglomera ile başlar. Birim, üzerine geldiği temelin çakıllarından oluşmuş 1-10 cm çapında, az yuvarlak, köşeli, kalsiyum karbonat ve demir oksit hakim bir çimentoyla iyi tutturulmuştur. Metamorfitletlerin üzerine geldiği kesimlerde çakıllar şist, mermer, çört ve kuvarsitten oluşmaktadır. Bloklu seri üzerine geldiği kesimlerde ise iri kireçtaşı (Permiyen) ve kumtaşı çakıllıdır. Konglomera üzerinde kumtaşı-kilitaş-kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı yer almaktadır (BBB, 2012).

Birim adını aldığı Bilecik iline bağı Bayırköy dolaylarında tipik olarak görölmektedir. Üst dokanağı Bilecik Kireçtaşı ile uyumlu olup kalınlığı birkaç metreden 200 metreye kadar değişmektedir (Şenyuva, 1991). Makro ve mikro fosil topluluğu içeren Bayırköy Formasyonu'nun yaşı Liyas'tır (Genç, 1986).

Formasyon yer yer inceleme alanında bazı litolojik farklarla aynı adla incelenmiştir. Bursa iline bağlı Ericek ve Karahıdır köylerinin kuzeyinde mostra vermektedir.

3.7.7. Bilecik Kireçtaşı

Birim ilk kez Granit ve Titant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Birim, en iyi gözleendiği Bilecik şehir merkezi ve çevresinde tipik kesitler sunması nedeniyle adını buradan almıştır.

Birim beyaz, krem, kirli, sarı, pembe renklidir. Orta-kalın katmanlı olup erime ve karstlaşma nedeniyle katmanlanma çoğunlukla görülmez. Kırık ve eklem sistemleri oldukça iyi gelişmiştir. Kalsit damarları yaygındır. Sıkı, köşeli kırıklı ve sert dayanımlıdır. İstifin üst düzeyleri, çoğunlukla orta-ince katmanlı olup, kırmızı-sarı renkli, killi kumlu kireçtaşı ara katkılıdır. Yer yer marnlar görülmektedir. Çeşitli seviyelerde bulunan çört bant ve yumruları çoğunlukla istifin üst düzeyinde bulunmaktadır (BBB, 2012).

MTA (2009)'da yapılan bir çalışmada Bilecik Formasyonu'nun açık renkli, belirsiz katmanlı biyomikrit, kumlu mikrit, algli mikrit ve oolitik mikritten oluştuğu ve birimde yer yer ammonit, belemnit ve lamellibrans makrofosillerinin bulunduğu bahsedilmektedir.

Birim, denizel ortamda çökelmiş tipik platform karbonatları özelliğindedir. Bilecik Kireçtaşında kumlu ve oolitik kireçtaşlarının varlığı sık ortamı; ammonit fosili ve bol algerle oolitlerin ve kireçtaşlarının varlığı ise düşük enerjili bir ortamın varlığına işaret etmektedir. İstifin üst düzeylerinin killi, kumlu kireçtaşı şeklinde olması ise yer yer denizin derinleştiğini göstermektedir (Bargu, 1982).

Birim, Genç (1986)'e göre Jura-Alt Kretase yaşındadır. Bursa Dışkaya Köyü civarlarında, Ericek Köyü kuzeyinde, Ağlayan Köyü batısı ve güneybatısında tipik olarak yüzeylenmektedir. Ayrıca zaman zaman büyük kütleler halinde Üst Kretase içinde olistolit olarak bulunmaktadır. Birim, Bursa Ovası'nın kuzeyinde doğu-batı ve güneybatı-

kuzeydoğu yönlerinde senklinaller yaparak Mesozoik kayaların alt seviyelerinde senklinal eksenlerine uygun olarak mostra vermektedir (BBB, 2012).

3.7.8. Vezirhan Formasyonu

Eroskay (1965), bu formasyonu ilk olarak, Bilecik'in 14 km kuzeyinde Vezirhan Köyü civarındaki Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı beyaz-pembe renkli kireçtaşları için kullanmıştır ve formasyonun, Bilecik kireçtaşı üzerine diskordanslı geldiğini belirtmiştir. Çalışma alanında, Bursa'ya bağlı Dışkaya, Ericek, Kayacık ve Nüşhetiye'de görülen formasyon, Bilecik Kireçtaşı üzerinde açılı diskordans marn ve lamine katkılı olabilen boz-sarımsı renkli, ince katmanlı, killi kireçtaşı istifinden oluşmaktadır (BBB, 2012).

3.7.9. Gölpazarı Grubu

Eroskay (1965), formasyonun Gölpazarı'nın 4 km batısında, paralel diskordansla Vezirhan kireçtaşları üzerinde olduğunu belirtmiştir. Birim çalışma alanında sarı kahve renkli, bol fosilli, sert, kırılğan kireçtaşı mercekli, ince kaba kırıntılı ve tuf düzeyleri içermektedir. Üst Kretase yaşlı bu birime, yer yer Bursa'ya bağlı Fethiye, Nüşhetiye, Kayacık, Ericek, Ağlağan, Gölbaşı Köyü kuzeybatısında, Fındıcak, Seçköy dolaylarında, Avdancık ve Gündoğdu köylerinin kuzeyinde rastlanmaktadır (BBB, 2012).

3.7.10. Karabalçık Bazaltı

Eosen yaşlı birim; koyu, siyah, kırmızı, mor veya kahve renkli bazaltik bileşimli lavlardan oluşmaktadır. Koyu kırmızı, mor, kahverengi renkli, köşeli, sert, kırıklı, sık eklemlili birim topografyası ile belirgindir. En iyi gözlemlendiği yer, adını aldığı Bursa-Demirtaş nahiyesinin yaklaşık olarak 5 km kuzeyinde Karabalçık Köyü civarlarıdır. Seçköy batısında, kuzeyinde ve kuzeybatısında, Fevziye Köyü güneyinde, Gündoğdu Köyü kuzeyi ve Fındıcak Köyü kuzeyi dolaylarında da görülmektedir (BBB, 2012).

3.7.11. Gemiciköy Formasyonu

Bursa ilinin doğu bölgesinde az tutturulmuş çakıltası, çamurtaşı, marn ve kireçtaşıyla oluşan Gemiciköy Formasyonu, Eroskay (1965) tarafından Gemiciköy (Bilecik) dolaylarında tanımlanmıştır.

Bursa Çağlayan, Ovaakça, Gündoğdu, Selçukgazi köyleri ve Seçköy kuzeybatısı civarında, Bursa'nın batısında, Bursa ve Çayırköy ovalarını ayıran eşik üzerinde bulunan Fethiye, Beşevler, ve Minareliçavuş köyleri çevresinde yüzeylenmekte olup Neojen yaşlıdır (BBB, 2012).

Birim Bursa ovasının kuzeybatısı ve Çayırköy ovasının çevresinde genel olarak kalın kil ve marn seviyelerinden oluşmaktadır. Bu seviyelerin içinde yer yer ince kumtaşı ve silttaşı bantları bulunduğu gibi yine yer yer kumlu ve çakıllı seviyelere rastlanmaktadır (DSİ, 1973).

Önceki araştırmalarda formasyonun içerisinde göl ortamını temsil eden sedimantolojik özellikler ve fosiller tespit edilmiş olup bundan dolayı birimin gölsel bir ortamı temsil ettiği düşünülmüştür (Ürgün, 1956; Altınlı, 1965; 1973a; Eroskay, 1965; Gürpınar, 1976; Saner, 1977; Bargu, 1982; Genç 1986).

Birim içerisindeki marn ve kireçtaşı seviyelerinden elde edilen Planorbis, Serpula, Ostracod ve Gastropodların tatlı su türleri olması bu durumu kanıtlamaktadır (Bargu, 1982; Genç, 1992). Ayrıca inceleme alanında yapılan diğer çalışmalarda birim içerisinde tespit edilen bu fosil türleri ve cinsleriyle birimin yaşı Orta-Miyosen ve Orta-Üst Miyosen olarak belirlenmiştir (Eroskay, 1965; Gürpınar, 1976; Bargu, 1982; Demirkol, 1973). Gölsel çökellerden oluşan birim diğer birimlerin üzerinde açısal uyumsuz olarak bulunur.

3.7.12. Yamaç Molozu

Uludağ'dan aşağıya inen derelerin taşıdığı iri blok, moloz ve çakıl malzemesinden, tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş, köşeli, küt köşeli, genellikle blok, çakıl ve kum

yığışımından oluşup toprak ara katkıları içermektedir. Bursa Ovası'nın güneyinde bulunan faylar malzeme gelişinde ve depolanmasında etkili olmuşlardır (Şenyuva, 1991).

3.7.13. Traverten

Kuvaterner başında çok sıcak, ılık ve soğuk suların kalsiyum karbonat çökeltmesi sonucu meydana gelen travertenlerin kalınlığı yaklaşık 100 metre civarında olup, Bursa Ovası'ndan yaklaşık 100 m yükseklikte bir seki oluşturmuşlardır. Travertenler kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu ve dike yakın eğimde çatlaklara sahiptirler. İnkaya köyü güney ve batısındaki ve Kükürtlü Grubu'na ait sıcak su kaynakları Bursa Çekirge bölgesinde yüzeylenmektedirler. Çekirge ve Muradiye bölgesinde görülen travertenler krem renkli, sarı, gevşek, çok boşluklu ve boşlukları borusal tipte olup bağlantılıdır. Kükürtlü grubu sıcak su kaynakları çevresinde oluşmuş olan travertenler ise sarı, bej renkli, sıkı dokulu ve az boşluklu, çoğu kez aragonit kristalleşmeleri halinde görülürler (Erişen ve Öngür, 1976).

3.7.14. Alüvyon

Çalışma alanında bulunan en genç birim olup akarsuların ve derelerin vadi tabanlarında ve ovanın tabanında gözlenmektedir.

Bursa, Uludağ masifinin kuzey eteğinde Apolyont ve Manyas gölleri çukurluğunun güney kenarında kurulmuş ve yaklaşık D-B doğrultulu elipsoidal bir havzada yer almaktadır. Havza Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun etkinliğinde şekillenmiştir. Oluşumunu Neojen'de başlatıp Kuvaterner döneminde sürdürmüştür (Tabban, 2000; Akyol vd., 2002; Başarı, 2003, Abacı, 2001, Yalçınkaya, 2005).

Bursa Ovası tamamen, akarsuların taşıdığı çakıl, kum, silt ve kil gibi detritik malzeme ile örtülmüş tektonik bir çöküntü havzasıdır. Ovanın yeraltı jeolojisini ortaya koymak amacıyla açılan sondajlarda ve jeofizik rezistivite etüdleriyle elde edilen veriler Kuvaterner yaşlı genç çökellerin genellikle gevşek, çimentosuz alüvyon istiften oluştuğunu, ovanın farklı yerlerinde farklı kalınlıklar ve tane boylarının değişken olduğunu göstermektedir. Geçirgen olan alüvyon istif, bölgede çeşitli boyda çakıl, kum ile yarı

geçirgen siltli kum, çakıllı-kumlu kil ve kil seviyelerinin ardalanması şeklinde olup yer yer bu birimler düşey ve yanal geçiş göstermektedir.

Alüvyon kalınlığı Bursa Ovası'nın orta ve doğu kesiminde 140-200 metredir. Ovanın bu kısımlarında Alüvyon ve Neojeni birbirinden ayırmak epey güçtür. Litolojik yapı olarak birbirine oldukça benzemektedir. Kuzeyinde yaklaşık olarak 100 metre olup kum, silt ve kil tabakalarından oluşmaktadır. Batısı ile kuzeybatısında Alüvyon kalınlığı 150-200 metre civarındadır.

Çayırköy Ovası'nda ise Alüvyon kalınlığı 30-50 metre kadar olup 80 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Bursa ve Çayırköy Ovalarında çakıl, kum, silt ve kil seviyeleri yer yer farklı kalınlıklar göstermekte olup nöbetleşerek yer alırlar. Nilüfer çayı vadisinin genişlediği bölgelerde alüvyon birimin kalınlığı artmaktadır. Bursa Ovası'nın güney kenarında, yan dere ağızlarındaki alüvyon iri blok ve çakılların hakim olduğu birikinti konileri halinde görülmektedirler. Alüvyon konilerinden en önemlileri Nilüfer, Gökdere, Kaplıkaya ve Deliçay konileridir. Bu alüvyon konilerin kalınlıkları 80-120 metre arasında değişmektedir. Bu birimlerin altında Neojen'e ait kalın kil tabakası bulunmaktadır (DSİ, 1973). Nilüfer çayı boyunca gözlenen alüvyon birim, iri bloklu ve çakıllıdır. Diğer birimlerden oldukça bol miktarda malzeme almıştır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bursa ili Kuvaterner istiflerinin incelenmesi için seçilen çalışma alanı Nilüfer ilçesi, Ertuğrul Mahallesi (Çayırköy Ovası) H21C04C2D pafta ve 3550 Ada 1, 2, 3, 4, 5, 6 parsellerde yer almakta olup yaklaşık olarak 37.803,00 m²'lik bir alanı kapsamaktadır. İnceleme alanının yer aldığı köşe koordinatları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İnceleme alanının köşe koordinatları (BBB, 2012).

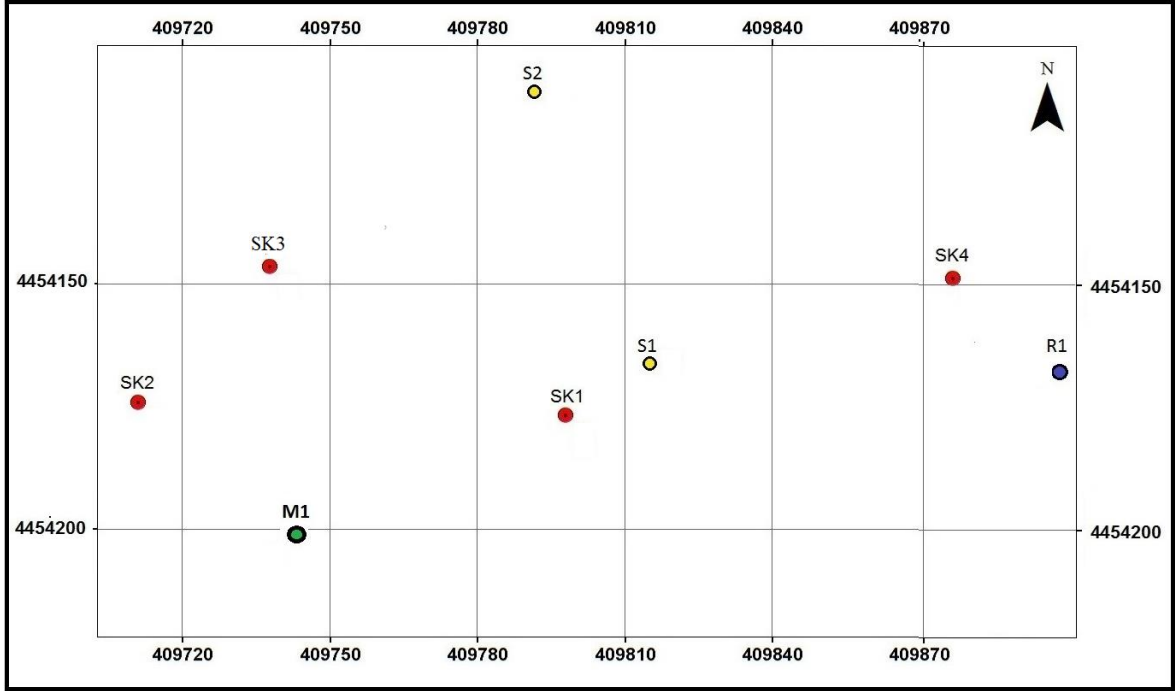
Nokta	X Koordinatı	Y Koordinatı
1	4454228,29	409797,19
2	4454218,29	409797,21
3	4454218,42	409908,00
4	4454184,89	409941,92
5	4454177,82	409941,97
6	4454152,90	409967,17
7	4454142,35	409967,23
8	4454069,41	409895,12
9	4454069,21	409733,66
10	445073,61	409726,30
11	4454200,95	409657,92
12	4454207,63	409660,01
13	4454228,17	409700,24
14	4454228,19	409717,69
15	4454218,32	409819,46
16	4454218,37	409859,46
17	4454101,75	409927,09
18	4454147,27	409859,55
19	4454147,27	409859,55
20	4454147,21	409819,55
21	4454147,15	409762,88
22	4454156,64	409757,78
23	4454156,59	409717,78
24	4454156,55	409681,77

Çalışmada MTA Genel Müdürlüğünün hazırlamış olduğu 1/25000 ölçekli H21C04 Bursa, Nilüfer ilçesi Ertuğrul (Çayırköy ovası) jeoloji haritası ve DSİ (1973) tarafından hazırlanmış Bursa ve Çayırköy ovaları hidrojeolojik etüd raporu kullanılmıştır. Çalışma alanındaki sondaj verileri ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nce (2013), Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığından talep edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, sahada yer alan jeolojik birimlerin çeşitleri ve dağılımları tespit edilmiş ve jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

Jeolojik ve jeoteknik etüt çalışması yapılan inceleme alanında 13.12.2012 - 18.12.2012 tarihleri arasında yapılan sondaj çalışmalarında karşılaşılan zemin tabakalarının jeoteknik özelliklerinin belirlemek amacı ile 2 adet 20 metre derinliğinde, 2 adet 15 metre derinliğinde ve toplam 70 metre derinliğinde olmak üzere dört (4) adet temel araştırma sondajları açılmıştır. Sondaj çalışmalarında rotary tipi hidrolik sistemli sondaj makinesi kullanılmıştır. Açılan sondajların koordinatları Çizelge 4.2. ve Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sondajların koordinatları (BBB, 2012).

Sondaj No	X Koordinatı	Y Koordinatı
SK-1	4454176,800	409797,752
SK-2	4454174,260	409710,845
SK-3	4454146,532	409737,669
SK-4	4454148,821	409874,381



Şekil 4.1. Açılan sondajların yerlerinin, rezistivite, sismik kırılma ve mikrotremör ölçüm noktalarının sayısal gösterimi.

4.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve Zeminin Penetrasyon Direnci (N)

Sondajların açılması sırasında geçilen zemin tabakalarının fiziksel niteliklerini belirlemek amacı ile her 1,5 metre derinlikte Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır. Standart penetrasyon deneylerinde dış çapı 2 inç, iç çapı 1 3/8 inç olan standart tip boyuna yarık numune alıcının (Split-spoon sampler), 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanının 0,76 m yükseklikten serbest düşmesi ile zemine 0,15 metrelik kademeler halinde toplam 0,45 metre çakılması için gereken darbe sayısı toplamı "Zeminin Penetrasyon Direnci (N)" olarak kayıt edilir. Sert zeminlerde vuruş sayısı fazladır ve zeminin sert olmasından dolayı yarık numune alıcı zemine çakılamayabilir. Bu durumda zeminin penetrasyon direnci saptanamaz. Bu durumlarda N_{30} değeri saptanamadığı için R olarak ifade edilir. Zemin yumuşadıkça vuruş sayısı azalır. Böylece zemin hakkında bilgi sahibi olunur. Üç adet 0,15 m yani toplamda 0,45 m vuruşlar neticesinde zemine gömülür. İlk 0,15 m'lik kısım vuruşları dikkate alınmaz. Çünkü bu kısım ilk çakma aşamasında örselenmiştir ve hata oranı fazla olabilir. İkinci ve üçüncü 0,15 m giriş vuruşları toplanır. Standart penetrasyon sayısı bu 0,30 m'lik vuruş toplamıdır (N_{30}). SPT yapılan seviyelerde boyuna yarık numune

alıcının içinden çıkan zemin parçaları örselenmiş numune olarak alınmış olup çok katlı plastik torbalara konulmuştur. SK1, SK2, SK3 ve SK4 sondajlarında derinliğe bağlı olarak değişen değerler Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2; 4.3; 4.4; 4.5'te grafikler halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. SPT N_{30} değerlerinin derinlikle değişimi (BBB, 2012).

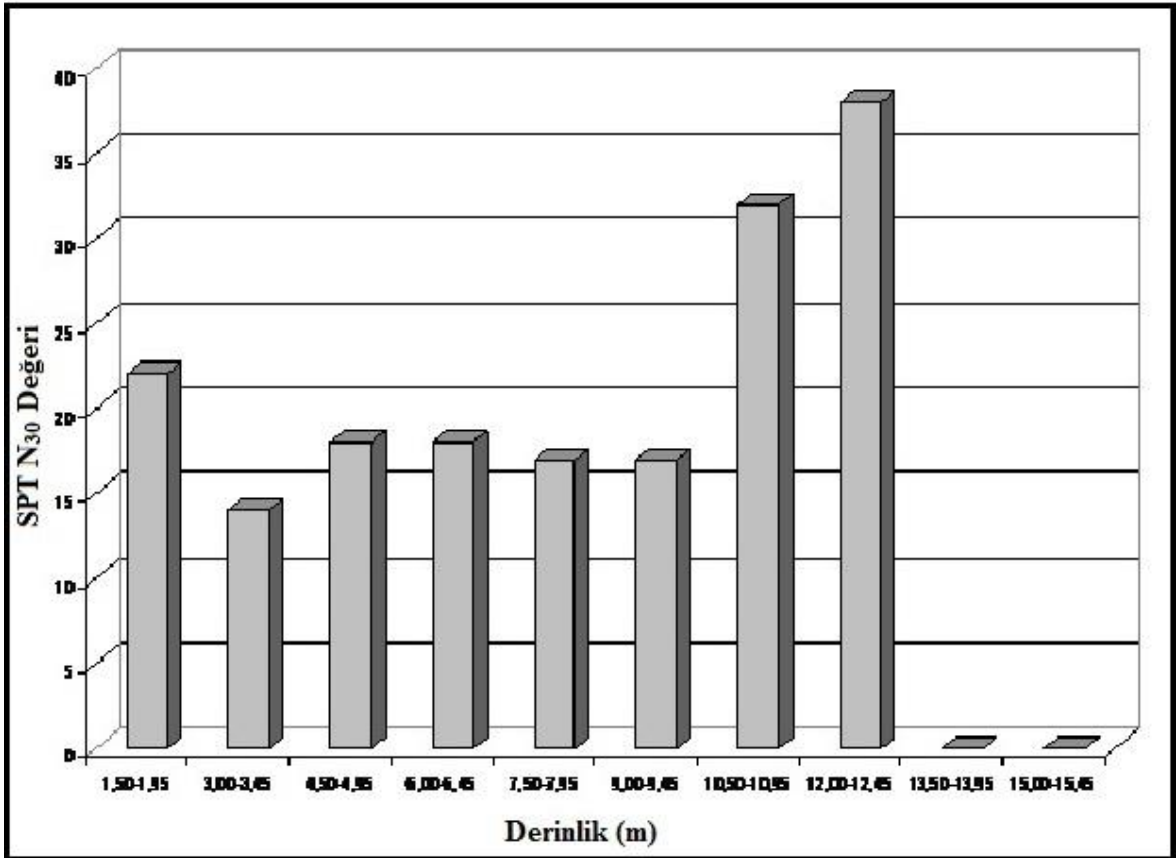
Sondaj No	Derinlik (m)	SPT N_{30} Değerleri	Zemin Değerlendirmesi
SK1	1,50-1,95	22	Çakıllı Siltli Killi Kum
SK1	3,00-3,45	14	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	4,50-4,95	18	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	6,00-6,45	18	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	7,50-7,95	17	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	9,00-9,45	17	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	10,50-10,95	32	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	12,00-12,45	38	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	13,50-13,95	R	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK1	15,00-15,45	R	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	1,50-1,95	26	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	3,00-3,45	28	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	4,50-4,95	18	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	6,00-6,45	14	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	7,50-7,95	16	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	9,00-9,45	21	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	10,50-10,95	31	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	12,00-12,45	37	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	13,50-13,95	26	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK2	15,00-15,45	30	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK3	1,50-1,95	9	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK3	3,00-3,45	11	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK3	4,50-4,95	16	Az Siltli Çakıllı Killi Kum

Çizelge 4.3 (devam). SPT N_{30} değerlerinin derinlikle değişimi (BBB, 2012).

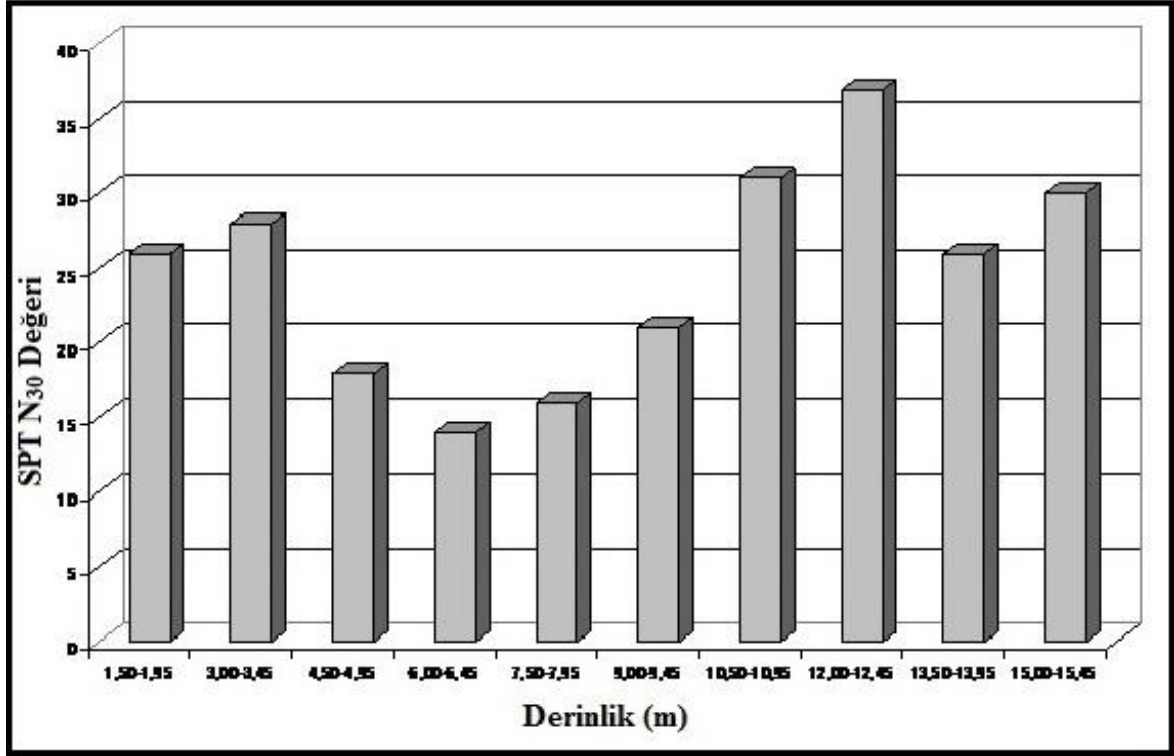
Sondaj No	Derinlik (m)	SPT N_{30} Değerleri	Zemin Değerlendirmesi
SK3	6,00-6,45	20	Az Siltli Çakıllı Killi Kum
SK3	7,50-7,95	19	Az Siltli Çakıllı Killi Kum
SK3	9,00-9,45	21	Çakıl Arabantlı Kumlu Siltli Kil
SK3	10,50-10,95	35	Çakıl Arabantlı Kumlu Siltli Kil
SK3	12,00-12,45	41	Çakıl Arabantlı Kumlu Siltli Kil
SK3	13,50-13,95	31	Çakıl Arabantlı Kumlu Siltli Kil
SK3	15,00-15,45	35	Çakıl Arabantlı Kumlu Siltli Kil
SK3	16,50-16,95	>50	Siltli Kumlu Killi Çakıl
SK3	18,00-18,45	>50	Siltli Kumlu Killi Çakıl
SK3	19,50-19,95	R	Siltli Kumlu Killi Çakıl
SK4	1,50-1,95	13	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	3,00-3,45	14	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	4,50-4,95	16	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	6,00-6,45	17	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	7,50-7,95	27	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	9,00-9,45	25	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	10,50-10,95	23	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	12,00-12,45	24	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	13,50-13,95	34	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	15,00-15,45	>50	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	16,50-16,95	46	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	18,00-18,45	48	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil
SK4	19,50-19,95	R	Az Çakıllı Kumlu Siltli Kil

Çizelge 4.3'te derinliğe bağlı değişen N_{30} değerlerini incelediğimizde SK1 kuyusunda ilk metrelerde orta sıkı yapılı yer yer çakıllı siltli killi kum birimi bulunmakta olup derinliğin artmasıyla darbe sayısının arttığını ve buradan katı, çok katı, sert kıvamda az çakıllı kumlu siltli kil birimine geçiş yaptığı görülmektedir (Şekil 4.2). SK2 kuyusunda

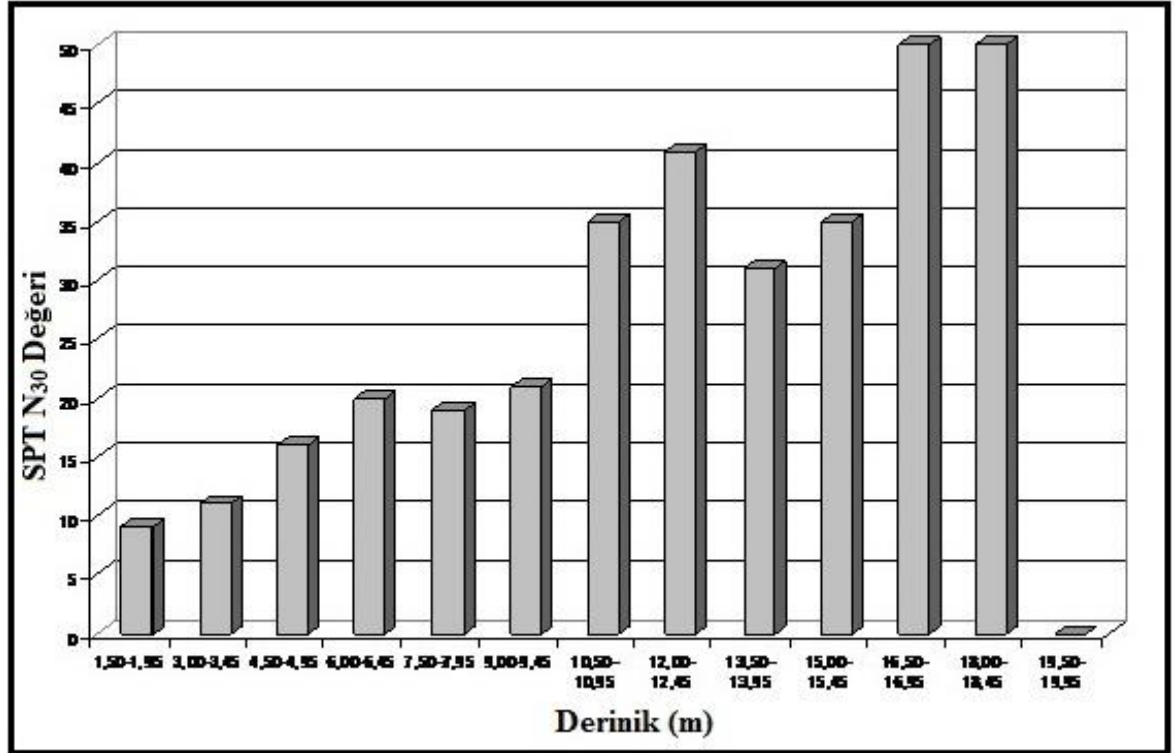
elde edilen değerlerde darbe sayılarının ilk metrelerde ve son metrelerde daha fazla olduğu görülmektedir. SK2 kuyusundaki birimler çok katı, katı ve kuyu sonuna doğru sert kıvamlı az çakıllı kumlu siltli kil birimlerinden oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.3). SK3 kuyusunda, derinlikle darbe sayısının artış gösterdiği ve kuyunun ilk metrelerinde katı kıvamlı az çakıllı kumlu siltli kil birimden, orta sıkı yapılı az siltli çakıllı killi kum birimine, derine doğru çok katı-sert kıvamlı çakıl arabantlı kumlu siltli kil birimine ve çok sıkı yapıda siltli kumlu killi çakıl birimine geçiş görülmektedir (Şekil 4.4). SK4 kuyusunda da derinlikle birlikte darbe sayılarında artış görülmektedir. Kuyu katı-çok katı-sert kıvamlı az çakıllı yer yer kum-çakıl arabant içerikli kumlu siltli kil biriminden oluşmaktadır (Şekil 4.5)



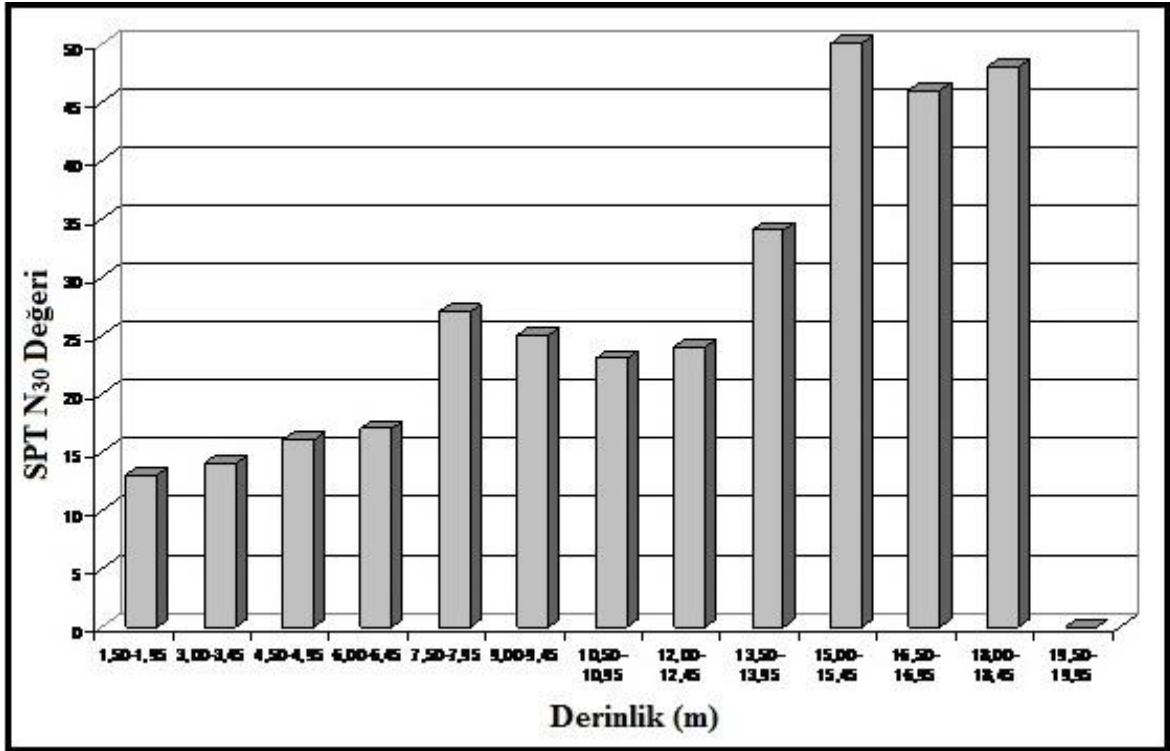
Şekil 4.2. SK 1 sondajında SPT N₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi.



Şekil 4.3. SK 2 sondajında SPT N₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi.



Şekil 4.4. SK 3 sondajında SPT N₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi.



Şekil 4.5. SK 4 sondajında SPT N₃₀ değerlerinin derinliğe göre değişimi.

4.2. Jeofizik Çalışmalar

Çalışma alanında kalınlık, derinlik, tabaka eğimleri, zeminin dinamik elastik parametreleri, tabakalara ait özdirenç değerleri ve zemin büyütme değerlerini belirlemek amacıyla sismik kırılma, rezistivite ve mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sahasında iki adet lokasyonda karşılıklı atışlı sismik kırılma, tek lokasyonda yapılan rezistivite ve tek noktada yapılan mikrotremör ölçümlerinden katmanlar içindeki $P_{DÜZ}$, P_{TERS} ve $S_{DÜZ}$ dalga hızları tayin edilmiş ve bu hızlara dayalı olarak kalınlık, derinlik, tabaka eğimleri, zeminin dinamik elastik parametreleri, tabakalara ait özdirenç değerleri ve zemin büyütme değerleri hesaplanmıştır. Jeofizik çalışmaların yürütüldüğü koordinatlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Sismik kırılma, rezistivite ve mikrotremör ölçüm koordinatları (BBB, 2012).

Sismik-Rezistivite No	X Koordinatı	Y Koordinatı
S-1	4454162,206	409817,502
S-2	4454111,185	409795,611
M-1	4454200,638	409743,404
R-1	4454169,324	409899,166

4.2.1. Sismik kırılma (refraksiyon) etüdü

Kaya ve toprak zemin kütlelerinin yoğunluğu ve deformasyon modülü, bu malzemelerden geçen sismik dalgaların hızı esas alınarak tayin edilebilir. Sismik hızlar, yüzeyden standart kırılma (refraksiyon) teknikleriyle tayin edilebileceği gibi, sondaj deliklerinde patlama yapılarak da belirlenebilir. Bu yöntem, çok kırıklı veya bozunmaya uğramış kayaçların belirlenmesi ve özellikle alüvyon örtü altındaki temel kayacının derinliğinin tayini amacıyla tercih edilir (Ulusay, 2001).

4.2.1.1. Kullanılan alet ve çalışma yöntemi

Etüt alanında Seistronix RAS-24 marka, 12 kanallı, sinyal artırıcılı (Enhancement) bir kayıt cihazı kullanılmış ve uygulamada dizüstü bilgisayar yardımı ile sismik kayıtlar değerlendirilmiştir. Kayıt cihazı; kırılma, yansıma, kuyu içi ve kuyular arası sismik çalışmalara elverişlidir. Sismik dalga kaynağı olarak 8.0 kg. ağırlığındaki balyoz ile çelik plaka üzerine yapılan vuruşlardan yararlanılmıştır.

Sismik prospeksiyon yönteminin temel prensibi belirli yollarla (balyoz, dinamit, ağırlık düşürme, airgun vb. gibi) oluşturulan elastik dalgaların, yeraltında jeolojik birimler içerisinden geçerek yeryüzünde bir profil boyunca serilmiş alıcılar (jeofonlar) tarafından

algılanarak sismik cihazlar tarafından kaydedilmesi esasına dayanır. Sismik dalgalar jeofonlara direkt dalga, kırılma dalgası ve yansıma dalgası olmak üzere farklı zamanlarda ve farklı karakterlerde ulaşırlar. Yol-zaman-mesafe arasındaki temel bağıntı kullanılarak katmanların ayrı ayrı sismik (P ve S dalgası) hızları ve bu hızlara dayalı olarak kalınlık, derinlik ve tabaka eğimleri ile dinamik elastik parametreleri hesaplanmaktadır. Sismik yöntemin en önemli avantajları; saptanan parametrelerin arazinin bir noktasını değil, büyük bir bölümünü temsil etmesi, kısa sürede netice alınabilmesi ve ekonomik bir yöntem olmasıdır.

Sismik kırılma yöntemiyle ölçülen boyuna dalga (pressure-wave) ve enine dalga (shear-wave) hızlarından hesaplanan dinamik elastik parametreler şöyledir;

μ = Poisson Oranı

$$\mu = 0,5 \times [[(V_p \div V_s)^2 - 2] \div [(V_p \div V_s)^2 - 1]]$$

d= Yoğunluk (gr/cm³)

$$d = (0,2 \times d_2 \times V_{p2}) \div (d_1 \times V_{p1})$$

V_1, V_2 : Tabakaların hızları

d_1, d_2 : Tabakaların derinlikleri

E_d = Dinamik elastisite (Young) modülü (kg/cm²)

$$E_d = 2 \times \text{Shear Modülü} (1 + \text{poisson oranı})$$

G_d = Shear-Kayma Modülü (kg/cm²)

$$G = (\text{Tabaka yoğunluğu} \div 9,81) \times (V_s \times 0,001)^2 \times 100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Bulk Modülü, Young Modülü} \div 3 \times [1 - (2 \times \text{poisson})] \text{ kg/cm}^2$$

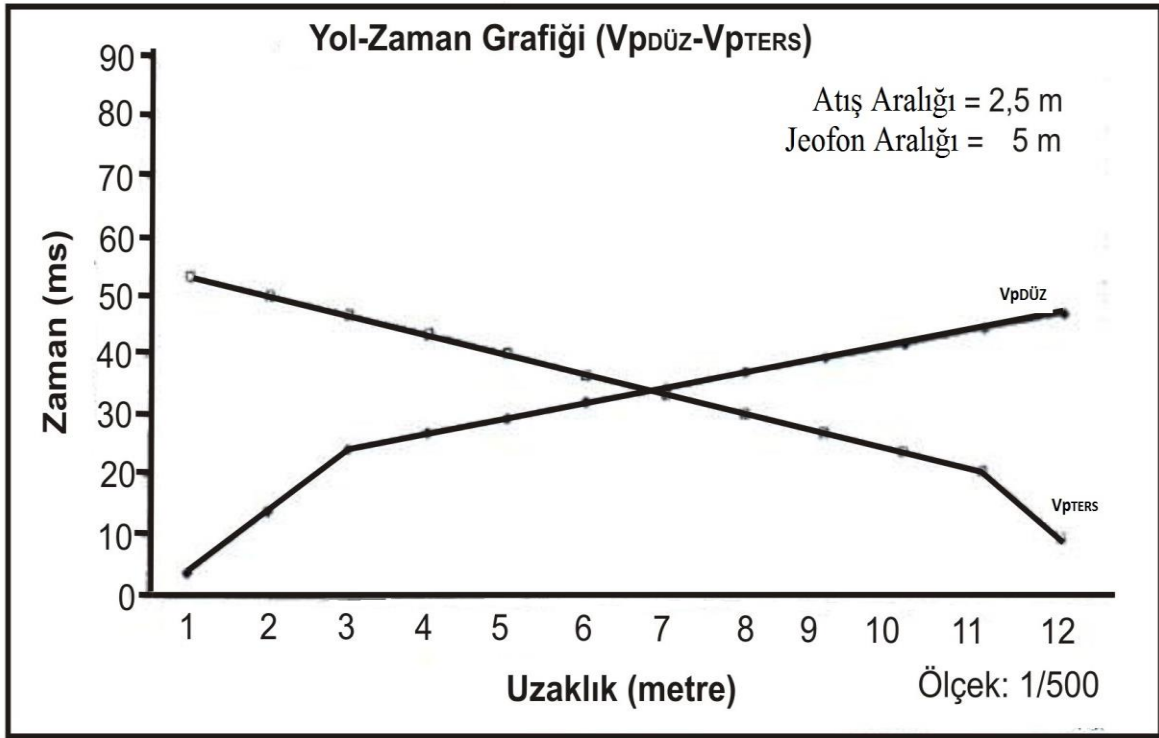
T_0 = Zemin hakim titreşim peryodu (saniye)

$$T_0 = (4h \div V_s)$$

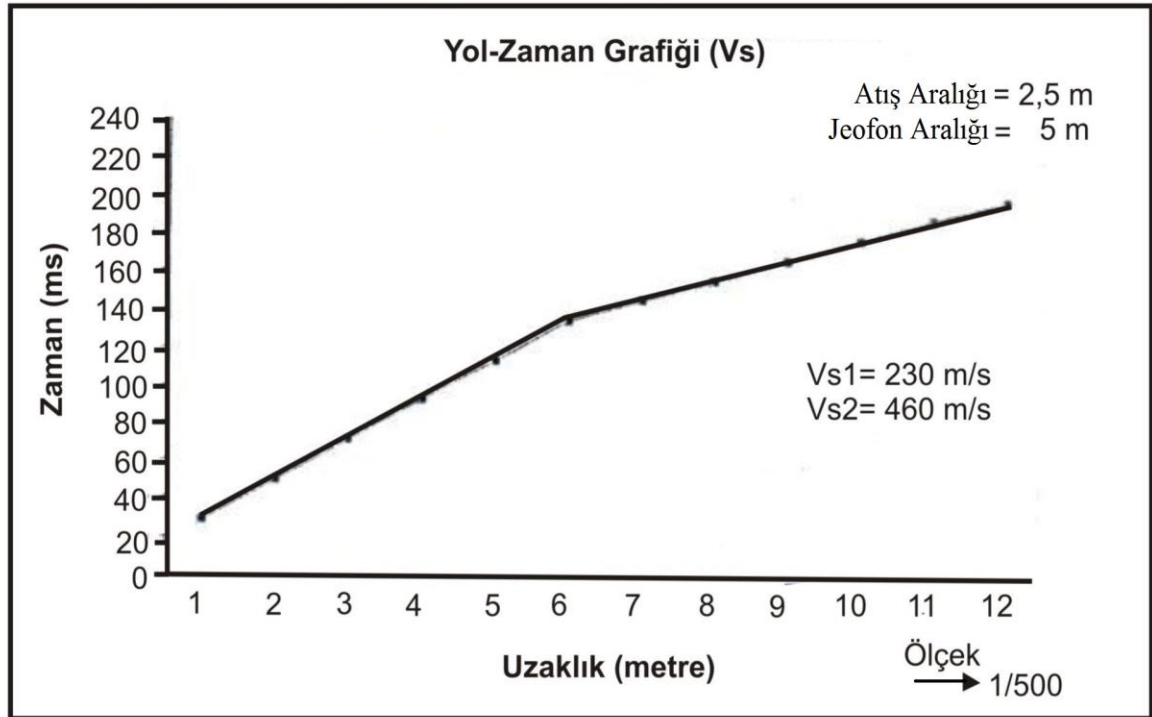
h = Tabaka kalınlığı

4.2.1.2. Sismik kırılma arazi çalışmaları

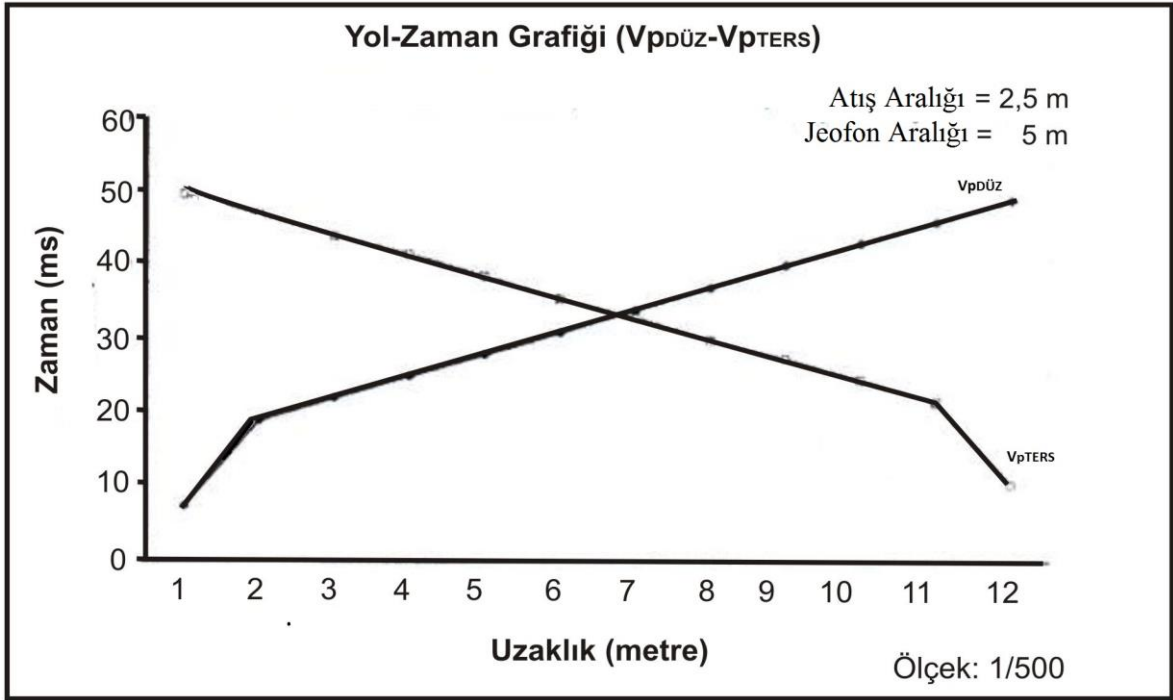
Çalışma alanında, profil uzunlukları yaklaşık 60 m seçilerek 2 noktada, sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır. Uygulamada; jeofon (grup içi alıcı) uzaklıkları 5m, offset (grup dışı alıcı) uzaklıkları 2,5 m olarak uygulanmıştır. Alınan $P_{DÜZ}$, P_{TERS} ve $S_{DÜZ}$ dalgası hızlarını tespit etmek için düz ve ters atışlar yapılmış ve atışların okuma ve analizleri yapılarak yol-zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.6; 4.7; 4.8; 4.9). Bu grafikler üzerinden yeraltı katmanlarının sayısı, bunlara ait görünür hızlar saptanmış ve kesişme zamanları (Intercept-Time) dikkate alınarak katmanların gerçek sismik hızları ile kalınlık ve derinlik değerleri ile dinamik elastik parametreleri hesaplanmıştır. Sismik kırılma uygulamasının yapıldığı her iki noktanın düşey sismik kesitleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



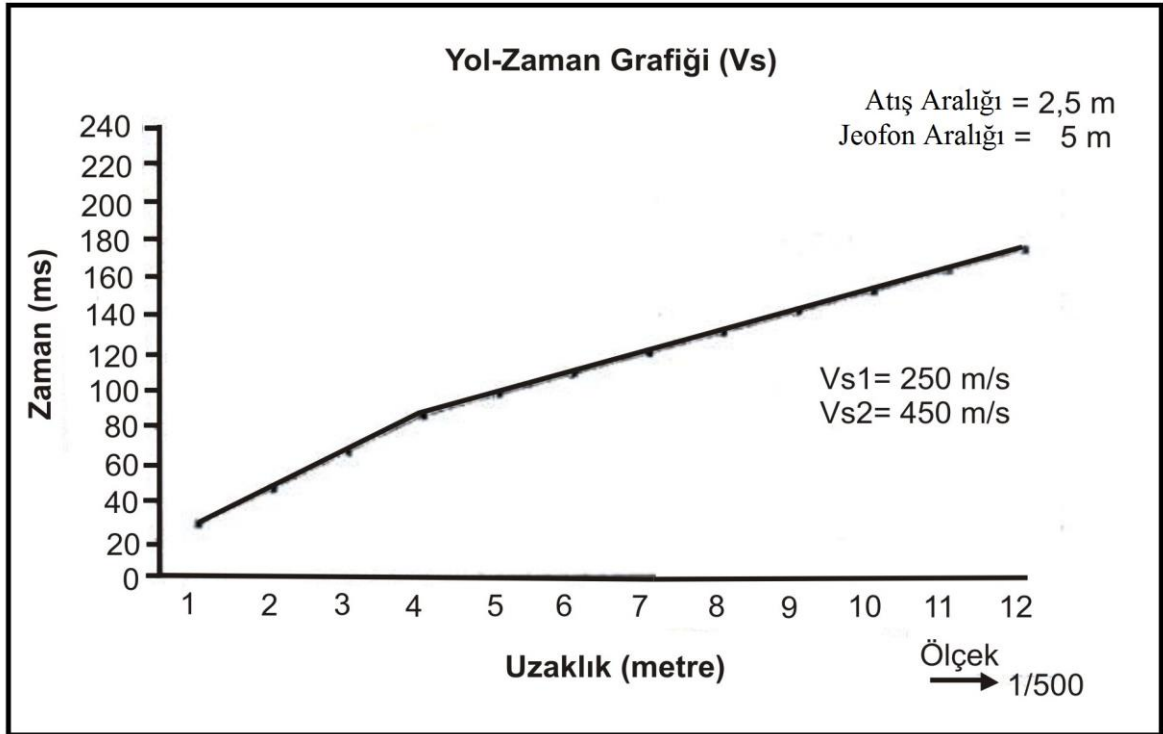
Şekil 4.6. V_p yol-zaman grafiği (S-1) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).



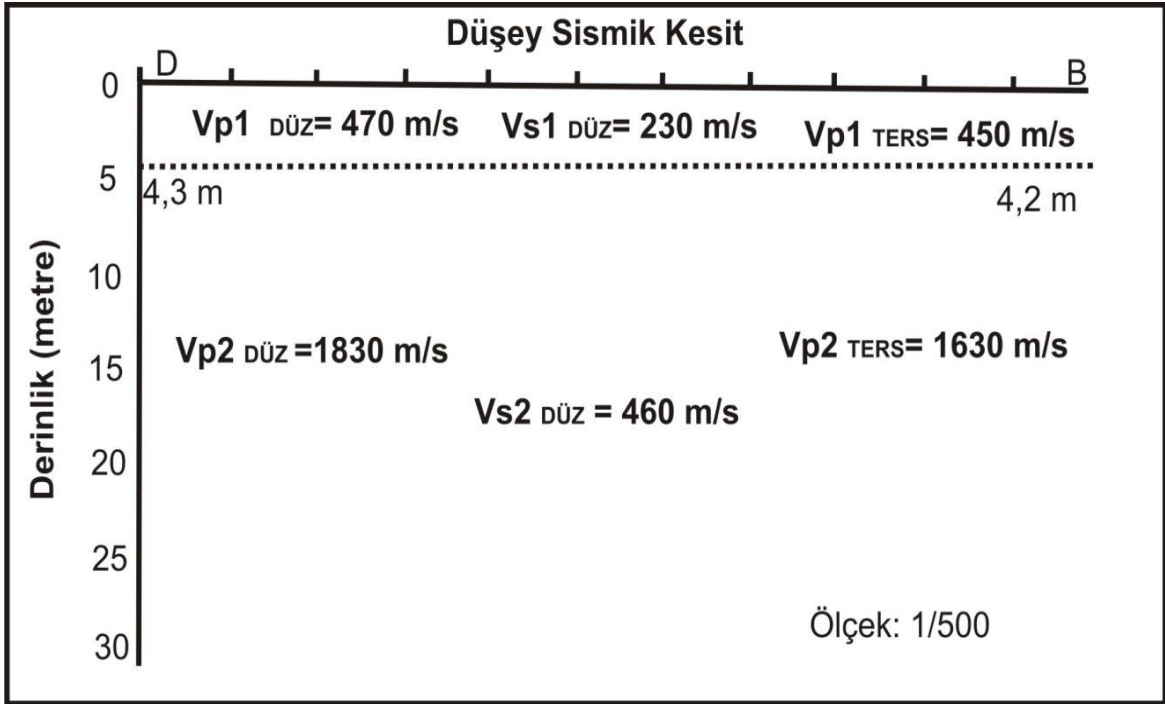
Şekil 4.7. V_s yol-zaman grafiği (S-1) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).



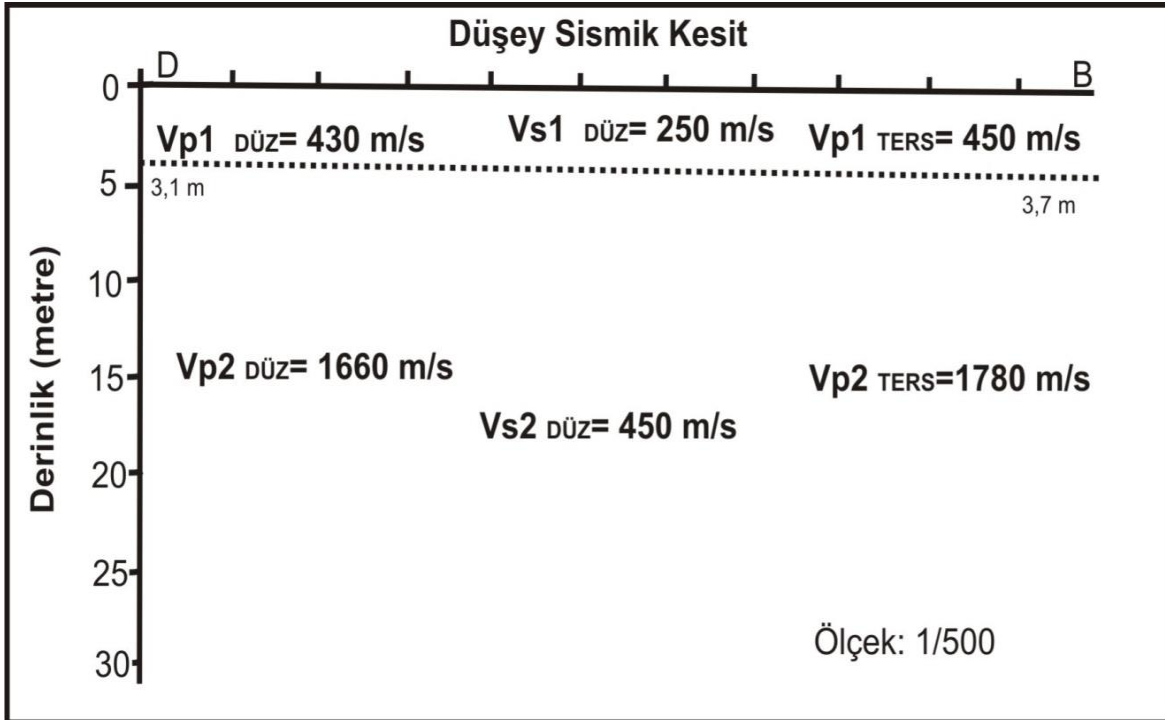
Şekil 4.8. V_p yol-zaman grafiği (S-2) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).



Şekil 4.9. V_s yol-zaman grafiği (S-2) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).



Şekil 4.10. Düşey sismik kesit (S-1) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).



Şekil 4.11. Düşey sismik kesit (S-2) (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

4.3. Jeofizik-Rezistivite (Elektrik Özdirenç) Arazi Çalışmaları

Rezistivite yöntemi, yer altındaki tabakaların elektriksel direncinin ölçülmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Yerin elektriksel direnci kaya veya toprak zeminlerin porozitesine, kırıklılığına, suya doygunluk derecesine ve gözenek suyunun tuzluluğuna bağlıdır. Bu yöntemle özellikle su tablasının ve temel kayacın derinliği ve ayrıca litolojideki değişimler tayin edilebilir (Ulusay, 2001).

İnceleme alanında Bursa Büyükşehir Belediyesinin yaptığı çalışmada Schlumberger elektrot açılım sistemi ile tek noktada elektrik özdirenç etüdü yapılmıştır. Elektrik özdirenç etüdünde profil boyu belirlenirken arazi koşulları da göz önüne alınmalıdır. Yapılacak etüdün maksadına göre ve topoğrafyanın durumuna göre yeni elektrot dizilimleri dizayn edilebilir. Yere tatbik edilen akımın nüfuz edebileceği derinlik, akım elektrotlarının arasındaki mesafeye, yer altı tabakalarının, kalınlıklarına, homojenliğine ve iletkenlik dirençlerine (rezistivitelerine) bağlıdır.

Çizelge 4.5. Bazı mineral ve Kayaçların Rezistivite Değerleri (BBB, 2012)

Mineralin veya Kayacın Adı	Rezistivite Değeri Ωm	Mineralin veya Kayacın Adı	Rezistivite Değeri Ωm
Memba Suları (Sedimanter Kayaçlarda)	1	Kalker	80-5000 veya daha fazla
Memba Suları (Erüptif Kayaçlarda)	30-150	Gre-Kuvarsit	60-10.000 veya daha fazla
Nehir, Göl, Satih Suları	0,1-1000	Granit	300-10.000 veya daha fazla
Yağmur Suyu	30-1000	Serpantin, Bazalt, Andezit	800-10.000
Çeşitli Oranda Cl İhtiva Eden Sular	0,03-0,1	Elmas	10^{12}
Alüvyon	0,1-1000	Magnetit	0,006-50

İnceleme alanında yapılan çalışmada profil boyu 100 m olarak seçilmiştir. Seçilen bu profil boyu ile yaklaşık 50 m derinlerden cevap alınmıştır.

4.3.1. Kullanılan alet ve çalışma yöntemi

Elektrik öz direnç etütlerinde, kullanılan rezistivite cihazının; güç devresi (Power Unit), verici devre (Transmitter Unit), alıcı devre (Receiver Unit) olmak üzere 3 ayrı ünitelerden oluşmaktadır.

Güç devresi 12 volt 60 amp. saatlik aküdür. Verici ünite, güç devresinden elde edilen doğru akımı (DC) istenilen frekansta kare dalga alternatif akıma dönüştürerek yer altına tatbik edilmesini sağlar. Ana ünite; dijital okumalı, yüksek hassasiyete sahip, filtre devreli bir ünite dir. Kullanılan akım elektrotları çelik çubuklar, potansiyel elektrotları çelik çekirdekli bakır çubuklar şeklindedir. Etüt sırasında elektrot aralıkları sık tutularak ince tabakaların da belirlenmesi sağlanmıştır.

Bir bölgenin yer altı yapısını belirlemek için elektrik akımını kullanan pek çok yöntem vardır. Bunlardan en sık kullanılanı bir çift elektrot ile yer içine akım göndermek ve voltmetreye bağlı diğer iki elektrot ile de bu akımın meydana getirdiği potansiyel dağılımının haritasını çıkarmaktır. Eğer yer içi homojen ise uygulanan akımın büyüklüğü ve elektrot aralığı bilgisinden yararlanarak potansiyel dağılımını ve akım akış yolunu hesaplamak mümkün olur. Fakat yer içindeki heterojen ve anizotrop şartlar normal akım ve potansiyel dağılımının biçimini bozarlar.

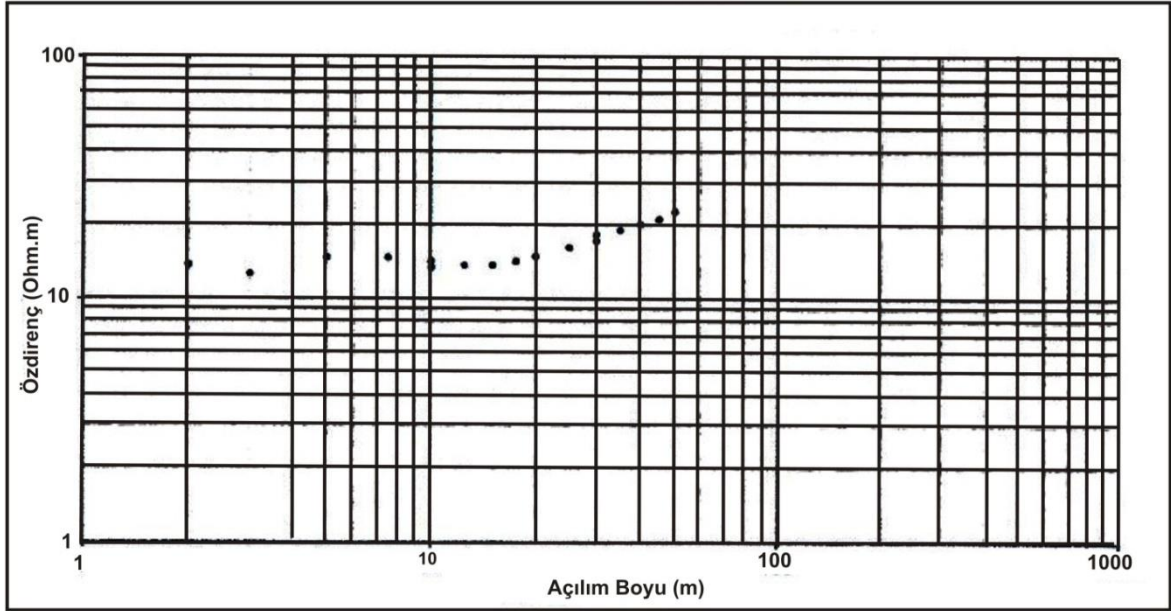
Temel ilke elektrotların aralığını artırmak sureti ile akımın sürekli bir şekilde daha derine nüfuzudur. Akım elektrot aralığı arttırıldıkça yüzeydeki elektrik potansiyel dağılımı yer içindeki derinde uzanan kütleler tarafından daha fazla etkilenecektir.

$$\text{Görünür Öz direnç: } = \rho (ro) = (\Delta V \div I \times K)$$

formülü ile hesaplanır.

İnceleme sahasında yapılan rezistivite etüdünde ölçülen rezistivite (görünür öz direnç) değerleri arazide hesaplanarak ölçme hatalarının önüne geçilmiştir. Bu şekilde hesaplanan görünür öz direnç değerleri inilen derinliğin fonksiyonu olarak çift logaritmik

şeffaf kâğıda çizilerek arazi eğrisi üretilmiştir (Şekil 4.12). Elde edilen eğri çok tabakalı eğri karakterinde olduğundan değerlendirme için Weetzel-Mooney 3 tabaka abak takımları kullanılmıştır.



Şekil 4.12. İnceleme alanında ölçülen rezistivite değerleri (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

4.4. Mikrotremör (Titreşimcik) Çalışmaları

İnceleme alanında, Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından T_0 , T_a - T_b ve zemin büyütmesi değerlerinin tespitine yönelik tek noktada mikrotremör çalışmaları yapılmıştır.

Yer yüzeyinde kayıt edilebilen; aynı zamanda, zayıf ve düşük genlikli titreşimler mikrotremör olarak isimlendirilir. Mikrotremörlerin genliği genel olarak çok küçüktür ve yer değiştirmeleri 10^{-4} ve 10^{-2} mm düzeyinde olup insanların algılayabileceği sınırın altındadır. Bu şekliyle mikrotremör ölçümleri, doğal kaynaklı bir yöntemdir. Ayrıca mikrotremörler, geleneksel sismik metotların aksine uygulanabilirliği, ucuzluğu ve sinyal/gürültü oranının düzeyi gibi güçlüklerin üstesinden gelmesinden dolayı tercih sebebidir.

Zemine ait hakim periyot, zemin büyütmesi ve jeofizikçiler tarafından oldukça önemli bir parametre olan kayma dalga hızı (V_s) mikrotremorlar kullanılarak bulunabilir. Zemin hakim periyodu genellikle tek istasyon ya da Nakamura (1989) tarafından geliştirilen yatay bileşenin düşey bileşene oranı (Y/D) kullanılarak verilmektedir. Aynı zamanda bu yöntem kullanılarak büyütme değerleri de verilebilmektedir. Fakat genelde zeminler homojen olmadığından bu yöntemi kullanarak bu değeri vermek tercih edilmemektedir.

Sismometrelerin çalışma prensibi yer hareketine uyumlu salınım yapan basit bir sarkacın elektrik akımı üretmesine dayanmaktadır. Salınım periyodu değiştikçe elektrik akımının şiddeti de değişmektedir. Tek bir yöndeki (bileşen) titreşimlere karşı duyarlı olabileceği gibi üç yöndeki hareketlere de duyarlı olan sismometreler mevcuttur.

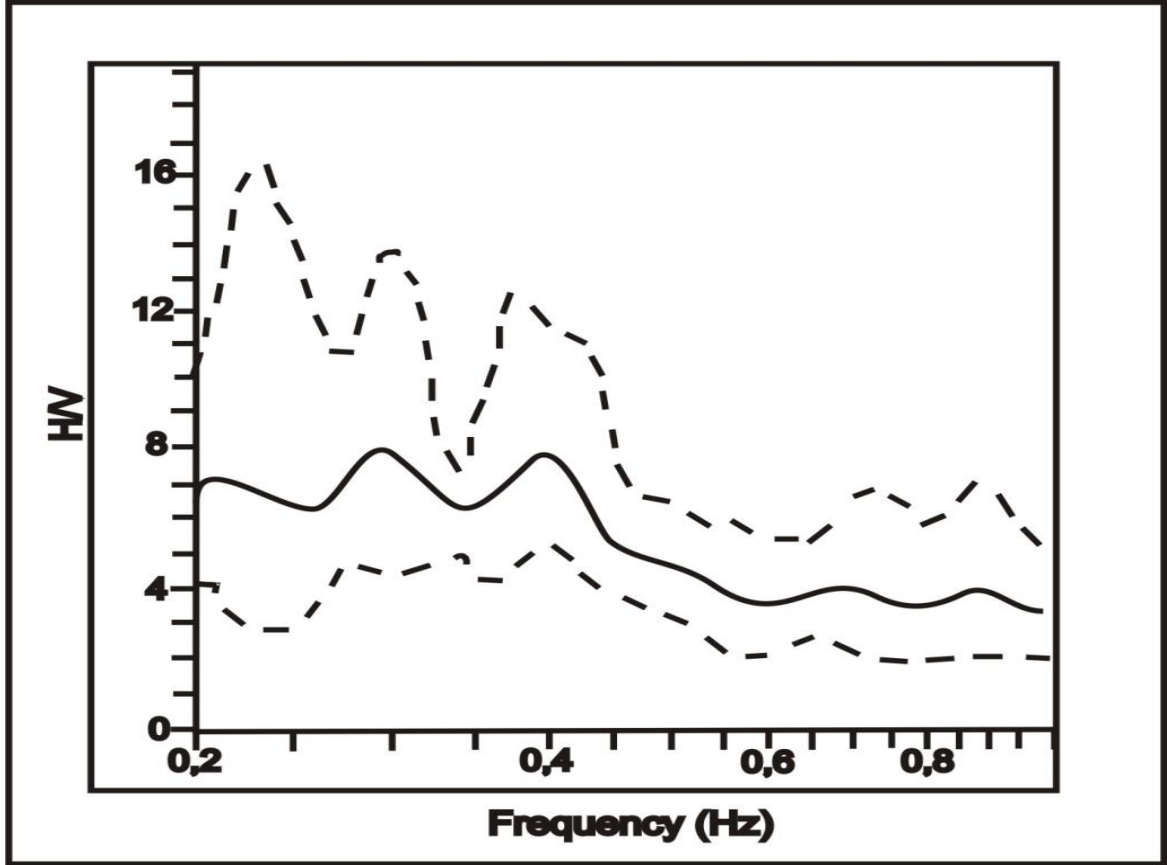
İnceleme alanında yapılan mikrotremör ölçümünde SR04S3-20 model üç bileşen sismometre kullanılmıştır. Sismometreler ivme, hız ve yer değiştirmeye duyarlı olup bu üç büyüklükten biri seçilerek kayıt alınabilmektedir. Bu çalışmada ivme kaydı alınmıştır. Uzun periyod tepkisi 10-120 sn kısa periyod tepkisi 50 Hz üzerindedir. Frekans aralığı 0,033-50 Hz'dir. Aletin hız tepkisi 0,03-50 Hz aralığındadır. Hız sensörü 2 sn, hız duyarlılığı $2 \times 1600 \text{ V/M/S'}$ dir.

Arazide kayıtlar doğrudan dizüstü bilgisayar bağlantısı ile sayısal olarak alınmıştır. Ölçümler GEOPSY programıyla değerlendirilmiştir. Alınan kayıtların örnekleme frekansı 100 Hz'dir. Mikrotremör ölçümlerinden zaman ortamında elde edilen üç bileşen kayıtları Nakamura (1989) yöntemine göre değerlendirilmiş spektral analiz ile frekans ortamına aktarılıp spektral oranları alındığında, zeminin fiziksel özelliklerini yansıtan parametreler (hakim periyod ve büyütme) belirlenmektedir.

4.4.1. Veri işlem aşamaları

İnceleme alanında ham veriler 0.1-6 Hz arasında Butterworth filtresi kullanılarak 20 sn'lik pencerelere bölünmüş ve %50 katlama oranı kullanılarak, 20 sn'lik Konno-Ohmachi penceresi ile düzgünleştirilip %10 cos penceresi ile yuvarlatılmıştır.

Verilerin örnekleme aralığı 100 Hz'dir. Bu işlem sonucunda verilere ait H/V grafiği (düşey bileşen/yatay bileşen) çıkartılmıştır (Şekil 4.13). Grafikte yatay eksen Hz, düşey eksen ise H/V cinsinden zamandır. Çizelge 4.6'da ölçüm noktalarına ait frekans ve genliklerdeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Mikrotremör değerlendirme (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

Çizelge 4.6. Ölçüm noktalarına ait frekans ve genliklerdeki değişim (BBB, 2012).

Ölçü Noktası	Periyot (To)	Büyütme (%)
	(sn)	
MT-1	0,46	1,82

4.4.2. Laboratuvar deneyleri

Arazi çalışmaları sırasında toplam 70 metre derinliğinde açılan 4 adet temel araştırma sondajından örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Zemin numuneleri üzerinde laboratuvarda, zemin tabakalarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla indeks, elek analizi, atterberg limit deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları ve deney föyleri Ekler bölümünde verilmiştir.

Sondaj sırasında alınan zemin numuneleri üzerinde kıvam limitleri ve tabii su muhtevası deneyleri yapılarak kohezyonlu zeminler, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre sınıflandırılmış ve ayrıca kohezyonlu zeminlerin relatif kıvamı (I_c) belirlenmiştir. Kıvam limitlerinin sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kıvam limitleri sonuçları (BBB, 2012).

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	W _n %	W ₁ %	W _p %	I _p %	I _c %	Tabii Birim Ağırlık (t/m ³)	Zemin Cinsi
SK-1	SPT-1	1,50-1,95	10,40	27	12	15			SC
SK-1	SPT-5	7,50-7,95	38,90	74	25	49	0,72		CH
SK-1	SPT-10	15,00-15,45	39,30	72	30	42	0,78		CH
SK-2	UD-1	2,50-3,00	27,40	63	24	39	0,91	1,93	CH
SK-2	SPT-3	4,50-4,95	36,40	58	26	32	0,67		CH
SK-2	SPT-6	9,00-9,45	32,80	66	24	42	0,79		CH
SK-2	SPT-9	13,50-13,95	32,20	46	19	27	0,51		CI
SK-3	SPT-2	3,00-3,45	20,60	37	17	20	0,82		CI
SK-3	SPT-5	7,50-7,95	12,80	32	16	16			SC
SK-3	SPT-9	13,50-13,95	23,60	64	25	39	1,03		CH
SK-3	SPT-13	19,50-19,95	17,20	47	20	37			GC
SK-4	SPT-1	1,50-1,95	25,20	43	19	24	0,74		CI
SK-4	UD-1	2,50-3,00	25,20	59	24	35	0,97	2,00	CH
SK-4	SPT-4	6,00-6,45	32,40	56	22	34	0,69		CH
SK-4	SPT-8	12,00-12,45	38,00	75	26	49	0,75		CH
SK-4	SPT-12	18,00-18,45	29,60	63	26	37	0,90		CH

İnceleme alanında karşılaşılan silt ve kil tabakalarında Çizelge 4.8'deki değerler karakteristik değerler olarak alınabilmektedir.

Çizelge 4.8. Silt ve kil tabakalarının karakteristik değerleri (BBB, 2012).

Likit Limit (WI)	27-75
Plastik Limit (Wp)	12-30
Plastisite İndisi (Ip)	15-49
Tabi Su Muhtevası (Wn)	10,40-39,30
Relatif Kıvam (Ic)	0,51-1,03

Kohezyonlu zeminlerin kıvamı hakkında ‘Relatif Kıvam İndisi-Ic’ kullanılarak da bilgi edinmek mümkündür. İndis aşağıdaki gibi formülüne edilir.

$$Ic = (WI - Wn) / (WI - Wp) = (WI - Wn) \div Ip$$

İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde yapılan deneylere göre kıvam indisleri 0.51-1,03 olarak bulunmuştur. Bu değerlerden, inceleme alanındaki kil tabakasının kıvam indisinin orta katı-katı-çok katı özellikte olduğu belirlenmiştir. Relatif kıvam indisinden hareketle zemin kıvamı Çizelge 4.9'daki gibi tanımlanmaktadır.

Çizelge 4.9. Relatif kıvam sınıflaması (IAGE, 1979).

Ic	Relatif Kıvam
< 0,05	Çok Yumuşak
0,05-0,25	Yumuşak
0,25-0,75	Orta Katı
0,75-1,00	Katı
>1,00	Çok Katı

Numuneler üzerinde yapılan su içeriği deneyi sonucuna göre su içeriği "10,40-39,30" bulunmuştur. Bu değer su içeriği sınıflamasında değerlendirildiğinde zeminin cinsi

"Ayrışmamış-Kuru, Az Ayrışmış - Az Kuru" olarak bulunur. Zeminlerin su içeriği sınıflaması Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Zeminlerin su içeriği sınıflaması (BBB, 2012).

W_n	Zemin Cinsi
0-20	Ayrışmamış-Kuru
20-40	Az Ayrışmış-Az Kuru
40-70	Orta Derecede Ayrışmış-Orta Islak
70-90	Çok Ayrışmış-Islak
90-100	Tamamen Ayrışmış-Çok Islak

Numuneler üzerinde yapılan atterberg deneyi sonucuna göre plastisite indisi 15-49 olarak belirtilmiştir. Bu değer plastisite indisi sınıflamasında değerlendirildiğinde zeminin cinsi " orta plastisiteli kil ve silt, yüksek plastisiteli siltli kil, çok yüksek plastisiteli kil " olarak bulunur. Zeminlerin plastisite değerleri Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Zeminlerin plastisite değerleri (Burmister, 1951).

Plastisite İndeksi	Plastisite Derecesi	Tanımlama
0	Plastik değil (Nonplastik)	Silt
1-5	Önemsiz Derecede Plastisiteli	Killi Silt
5-10	Düşük Plastisiteli	Silt ve Kil
10-20	Orta Plastisiteli	Kil ve Silt
20-40	Yüksek Plastisiteli	Siltli Kil
>40	Çok Yüksek Plastisiteli	Kil

İnceleme alanından alınan numunelerde gerçekleştirilen elek analizi sonuçları Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Elek analizi deney sonuçları (BBB, 2012).

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt-Kil (%)
SK-1	SPT-1	1,50-1,95	25	46	29
SK-1	SPT-5	7,50-7,95	1	10	89
SK-1	SPT-10	15,00-15,45	0	15	85
SK-2	UD-1	2,50-3,00	2	14	84
SK-2	SPT-3	4,50-4,95	3	12	85
SK-2	SPT-6	9,00-9,45	1	12	87
SK-2	SPT-9	13,50-13,95	2	17	81
SK-3	SPT-2	3,00-3,45	12	34	54
SK-3	SPT-5	7,50-7,95	29	54	17
SK-3	SPT-9	13,50-13,95	19	17	64
SK-3	SPT-13	19,50-19,95	36	21	43
SK-4	SPT-1	1,50-1,95	4	27	69
SK-4	UD-1	2,50-3,00	1	16	83
SK-4	SPT-4	6,00-6,45	8	19	73
SK-4	SPT-8	12,00-12,45	2	11	87
SK-4	SPT-12	18,00-18,45	7	14	79

Elek analizi sonuçlarına göre birimler siltli kil olarak adlandırılmıştır. Sınıflandırmaya göre SC, CH, CI, GC olarak laboratuvar sonuçlarında belirtilmiştir.

4.4.3. Sıkışma indisi

$$C_c = 0,009(LL - 10)$$

Sowers'e (1979) göre hazırlanan tabloda C_c sıkışma indisi değeri ile LL Likit limit değeri dikkate alındığında (27-75), ampirik bir yaklaşım olarak zeminin orta-yüksek sıkışabilir nitelikte olduğu görülmektedir (Çizelge 4.13). Geçirimsiz yüzey teşkil edebilmek için kullanılabilecek bu birimlerin dolgu maddesi olarak kullanılması söz konusu değildir.

Kullanılması halinde zeminde ve dolayısıyla yapıda mühendislik problemleri yaratması söz konusudur (Şekercioğlu, 2002). Alınan örselenmiş numuneler üzerinde üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979).

Tanım	Sıkışma İndisi (Cc)	Likit Limit (%)
Düşük Sıkışabilirlik	0-0,19	0-30
Orta Sıkışabilirlik	0,20-0,39	31-50
Yüksek Sıkışabilirlik	> 0,40	> 51

Çizelge 4.14. Üç eksenli basınç deneyi (BBB, 2012)

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	C (kgf/cm ²)	Q ⁰ (Derece)
SK-2	UD-1	2.50-3.00	0.93	8
SK-4	UD-1	2.50-3.00	1.26	10

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Sondaj Verilerinden Elde Edilen Bulgulara Göre Zemin Tanımlaması

Tez çalışmasının konusunu teşkil eden Kuvaterner birimleri incelemek amacıyla 2012 yılında Çayırköy Ovası sınırları içerisinde Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığınca açılan kuyularda, ayrıca bu kuyuların yanı sıra Bursa Ovası orta ve doğu kesiminde Devlet Su İşleri I. Bölge Müdürlüğü I. Sondaj Şube Müdürlüğü tarafından Gölbaşı Derivasyon Tesisleri Projesi kapsamında ve özel bir firma tarafından 2011 ve 2012 yıllarında açılan kuyularda alüvyon birimlerin seviyelerinin değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

Çayırköy Ovası sınırları dahilinde açılan kuyularda; üst seviyelerinde kahve renkli, orta sıkı yapıda, çakıllı, siltli killi kum birim yer almaktadır. Bu birimlerin altında kahve-sarımsı renkli, katı-çok katı, sert kıvamda, çakıllı-kumlu-siltli kil birimler yer almaktadır (SK-1). Sözkonusu birimler ile aynı seviyelerde kahve-açık kahve-krem renkli, orta plastisiteli, katı-çok katı, sert kıvamda, çakıllı-kumlu-siltli-kil birimler yer almaktadır (SK-2). Yine eş seviyelerde kahve-açık kahve-krem renkli, orta plastisiteli, katı kıvamda, çakıllı-kumlu-siltli-kil birim bulunmaktadır (SK-3). Bu birimin alt seviyelerinde yeşilimsi kahve renkli, orta-sıkı yapılı, az siltli çakıllı killi kum yer almaktadır. Daha alt seviyelerde ise yeşilimsi-kahve-açık kahve renkli, çok katı-sert kıvamlı, yer yer çakıl ara bantlı kumlu siltli kil birim yer almaktadır. En alt seviyelerde ise kahve-açık kahve renkli, çok sıkı yapılı, siltli-killi-kumlu-çakıl birim görülmektedir (SK-3). Diğer birimler ile aynı seviyelerde gözlenen kahve-açık kahve-yeşilimsi kahve renkli, katı-çok katı-sert kıvamlı, az çakıllı, yer yer kum-çakıl arabandı içerikli, kumlu-siltli-kil birimi görülmektedir (SK-4).

Alüvyon kalınlığının en fazla görüldüğü Bursa Ovasının orta kesiminde, Vatan Mahallesi sınırları içerisinde açılmış olan bir diğer kuyuda zemin sınıf tanımlamasında üst seviyede az çakıllı killi kum, bu birimin alt seviyesinde orta sıkı yapıda kumlu kil, altında siltli, kumlu çakıl ve en alt seviyede ise orta-katı kıvamlı kumlu kil birimi yer almaktadır (Şekil 5.1).

Sondaj Yeri : Vatan Mah. Yıldırım/Bursa										Sondaj No : SK-V									
Pafta, Ada, Parsel : H22d02c3c/ 6945 / 9										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 17/03/2012									
Sondaj Derinliği : 20,00 m.										Koordinat X : 4452001									
Yeraltısuyu Derinliği : 4,00 m.										Koordinat Y : 678443									
Derinlik (m)			Standart Penetrasyon Deneyi										Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanım	Ayrışma	Kırılma	Karat	RQD
	Numune Cinsi	Manevra	Darbe Sayısı				Grafik												
			0-15 cm.	15-30 cm.	15-45 cm.	N	10	20	30	40									
1	SPT1		3	3	4	7													
2																			
3	SPT2		4	3	5	8													
4	SPT3		4	5	4	9													
5	SPT4		3	5	5	10													
6																			
7	SPT5		6	5	4	9													
8	SPT6		4	5	5	10													
9																			
10	SPT7		12	13	15	28													
11	SPT8		6	6	6	12													
12																			
13	SPT9		5	5	6	11													
14	SPT10		5	7	6	13													
15																			
16	SPT11		4	6	7	13													
17	SPT12		6	6	7	13													
18																			
19	SPT13		5	6	8	14													
20																			
										20,00 m.									

Şekil 5.1. Özel bir firma tarafından Bursa Ovası'nın orta kesiminde Vatan Mahallesi'nde açılan kuyunun logu.

Bursa Ovası doğusunda Kestel-Narlıdere mevkiinde açılan kuyunun üst seviyeleri kahve renkli orta-katı kıvamlı kil ve silt birikimleri bulunmaktadır. Bu seviyenin altında ayrılmış kireçtaşı-şist blokları, çakıl-kum-kil-silt birikimleri, orta sıkı yapıda kum-kil-silt ve bloklarla kaplı birikimler ve en alt seviyede ayrılmış çakıl birimi görülmektedir (Şekil 5.2).

Sondaj Yeri : Kestel-Narlidere										Sondaj No : SK-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Pafta, Ada, Parsel :										Başlangıç ve Bitiş Tarihi :25.03.2011/28.03.2011																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Sondaj Derinliği : 14,00 m.										Koordinat X : 4457702																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Yeraltısuyu Derinliği :										Koordinat Y : 695526																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Derinlik (m)	Numune Cinsi		Manevra	Standart Penetrasyon Deneyi										Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanımılık	Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				Darbe Sayısı				Grafik																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				0-15 cm.	15-30 cm.	15-45 cm.	N	10	20	30	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1														Bitkisel Toprak	1,00 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</

Şekil 5.2. DSİ tarafından Bursa Ovası'nın doğusunda, Kestel-Narlidere'de açılan kuyunun logu.

5.2. Dinamik ve Elastik Parametreler

Sismik etüt çalışmasında V_p (boyuna) ve V_s (enine) dalga hızları derinliğe göre belirlenmiştir. V_p hızı, tanelerin karışım biçimine ve gözenek suyunun kıvam ve sıkışabilirliğine bağlıdır. V_s hızı ise birimi oluşturan tanelerin boyutu, biçimi ya da sıklığından etkilenen yapısal esnekliktir. Yerin esnek davranış özelliği V_p ve V_s dalga hızlarının ölçülmesiyle bulunur.

Sismik hızlar bir zeminin yoğunluğuna ve elastik parametrelerine (elastisite- young modülü, makaslama modülü, hacimsel sıkışma modülü ve poisson oranı) bağlıdır. Elastik parametreler ise zeminin litolojisi yani zeminin mineral bileşimi, tane büyüklüğü, tane dağılımı, gözenekliliği, gözeneği dolduran sıvının türü ve miktarı, sıklığı, çimentolaşması, maruz kaldığı basınçlar ile jeolojik yaşı ve jeolojik geçmişi ile ilgilidir. Zemin mekaniğinde kullanılan zemin taşıma kapasitesi ve oturma parametreleri kayaçların sırayla kohezyon ve içsel sürtünme açısına, hacimsel sıkışma katsayısı özelliğine bağlıdır. Bu özellikler ise kayaçların yoğunluğuna, su içeriğine, boşluk oranı ve boşluk suyu basıncına, tane büyüklüğüne ve dağılımına, kayacın türüne bağlı olup sismik parametrelerin bağlı olduğu özelliklerin eşdeğeridir. Bu bakımdan her iki yöntemle elde edilen parametreler de birbiriyle eşdeğer anlamdadırlar. Sismik kılma yöntemiyle ölçülen boyuna dalga (Pressure-Wave) ve enine dalga (Shear-Wave) hızlarından hesaplanan dinamik elastik parametreler Çizelge 5.1 ve 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Sismik kırılma uygulamasının S-1 ölçüm noktasındaki Vport hızlarına göre değerlendirilmesi (BBB, 2012).

Vport			
Zemin Parametreleri	1.Tabaka	2.Tabaka	Birim
Enine (S) Dalga Hızı	230	460	m/sn
Boyuna (P) Dalga Hızı	460	1730	m/sn
Yoğunluk (ρ)	1.436	1.999	gr/cm ³
Dinamik Kayma Modülü (Gd)	759.46	4230.47	kg/cm ²
Poisson Oranı (σ)	0.333	0.462	birimsiz
Dinamik Elastisite Modülü (Ed)	2025.24	12369.57	kg/cm ²
Bulk Modülü (K)	2025.24	54195.77	kg/cm ²
Kalınlık (Z)	4.29	x	m
Zemin Hakim Titreşim Peryodu (To)		0.47	sn

Sismik kırılma uygulamasının yapıldığı S-1 ölçüm noktasındaki enine (S) dalga hızları, $V_{S1} = 230$ m/s ve $V_{S2} = 460$ m/s olup, boyuna (P) dalga hızları $V_{p1ort} = 460$ m/s ve $V_{p2ort} = 1730$ m/s'dir. 1. tabaka ortalama kalınlığı 4,3 m'dir.

Çalışma yapılan arazide sismik hız oranları (V_p/V_s) sırası ile 2,00-3,80 olarak hesaplanmıştır. Buna göre zemin sıkı-az sıkı/ sıkı olmayan aralıkta dağılım göstermektedir. Poisson oranı sırası ile 0,33-0,46 olarak hesaplanmıştır. Buna göre zemin gözeneksiz/gözenekli (suya doymuş) birimlerden oluşmaktadır. Yoğunluklar sırası ile 1,44-2,00 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır. Kayma modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırası ile 759-4230 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu değerlere göre ortalama 4,30 m'ye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam bir yapıdadır. Çalışma yapılan inceleme sahasında, elastisite (young) modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırası ile 2025-12370 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre ortalama 4,30 m'ye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam bir yapıdadır. Bu değerlere göre çalışma alanında hesaplanan ortalama zemin hakim titreşim periyodu 0,47 sn. dir.

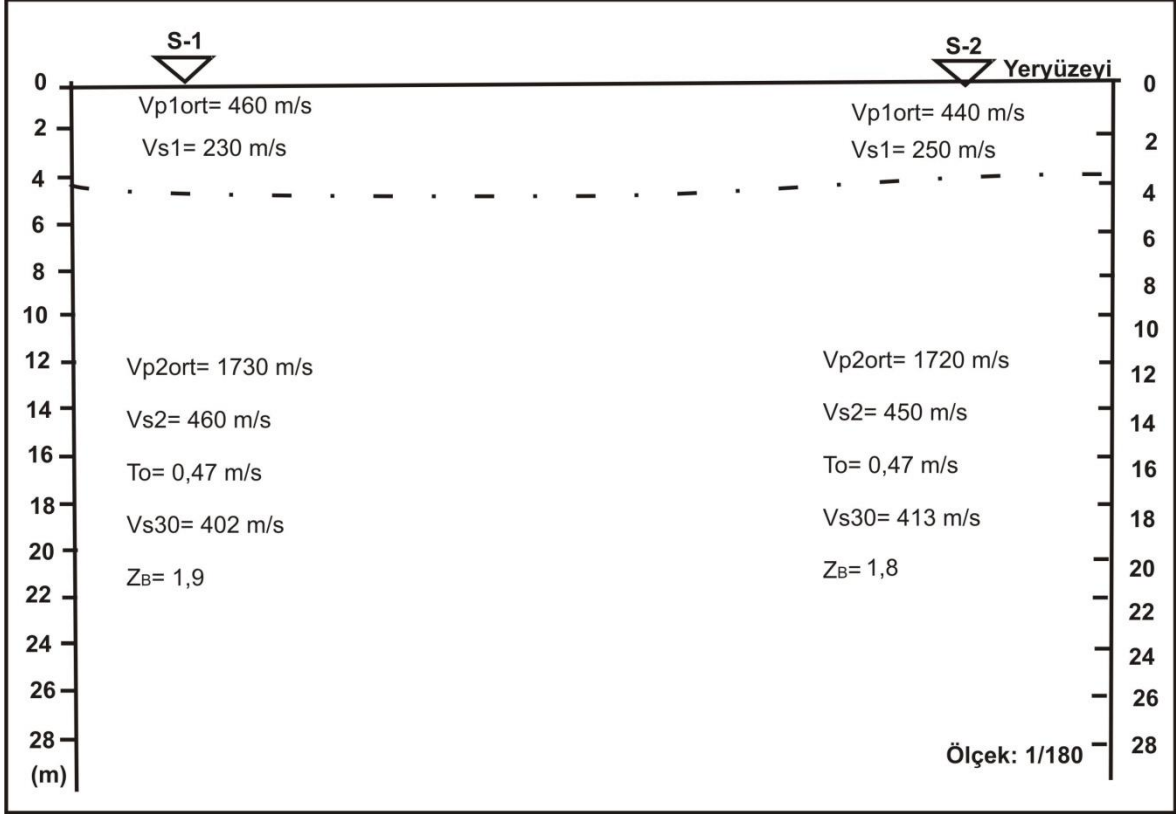
Çizelge 5.2. Sismik kırılma uygulamasının S-2 ölçüm noktasındaki Vport hızlarına göre değerlendirilmesi (BBB, 2012).

Vport			
Zemin Parametreleri	1.Tabaka	2.Tabaka	Birim
Enine (S) Dalga Hızı	250	450	m/sn
Boyuna (P) Dalga Hızı	440	1720	m/sn
Yoğunluk (ρ)	1.420	1.996	gr/cm ³
Dinamik Kayma Modülü (Gd)	887.37	4042.68	kg/cm ²
Poisson Oranı (σ)	0.262	0.463	birimsiz
Dinamik Elastisite Modülü (Ed)	2239.07	11830.97	kg/cm ²
Bulk Modülü (K)	1565.56	53670.75	kg/cm ²
Kalınlık (Z)	3.41	x	m
Zemin Hakim Titreşim Peryodu (To)		0.47	sn

Sismik kırılma uygulamasının yapıldığı S-2 ölçüm noktasındaki enine (S) dalga hızları, $V_{S1} = 250$ m/s ve $V_{S2} = 450$ m/s olup, boyuna (P) dalga hızları $V_{p1ort} = 440$ m/s ve $V_{p2ort} = 1720$ m/s'dir. 1. tabaka ortalama kalınlığı 3,4 m'dir.

Çalışma yapılan arazide sismik hız oranları (V_p/V_s) sırası ile 1,80-3,80 olarak hesaplanmıştır. Buna göre zemin sıkı-az sıkı/ sıkı olmayan aralıkta dağılım göstermektedir. Poisson oranı sırası ile 0,26-0,46 olarak hesaplanmıştır. Buna göre zemin gözeneksiz/gözenekli (suya doymuş) birimlerden oluşmaktadır. Yoğunluklar sırası ile 1,42-2,00 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır. Kayma modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırası ile 887-4043 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu değerlere göre ortalama 3,4 m'ye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam bir yapıdadır. Çalışma yapılan inceleme sahasında, elastisite (young) modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırası ile 2239-11831 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre ortalama 3,4 m'ye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam bir yapıdadır. Bu değerlere göre çalışma alanında hesaplanan ortalama zemin hakim titreşim

periyodu 0,47 sn. dir. Sismik kırılma uygulaması yapılan S-1 ve S-2 noktalarının Şekil 5.3'te yer altı kesiti gösterilmiştir.



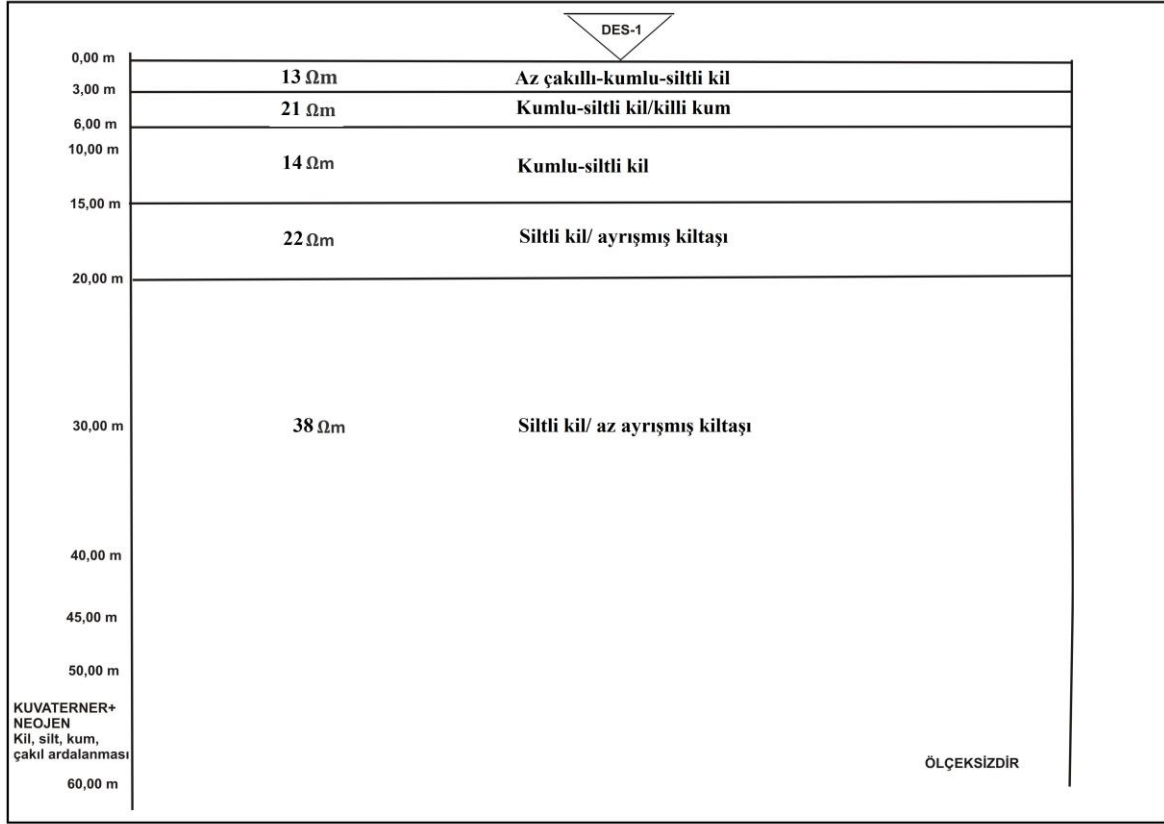
Şekil 5.3. Çalışma alanında S-1 ve S-2 ölçüm noktalarından yer altı kesiti (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

5.3. Rezistivite Uygulamasının Değerlendirilmesi

İnceleme sahasında profil uzunluğu 100 m olacak şekilde tek noktada düşey elektrik sondajı (Schlumberger yöntemi) uygulanarak zemini oluşturan birimlerin derinlikleri ve elektrik özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Arazide elde edilen veriler abaklar ve bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmiştir.

Çalışma sahasında yapılan rezistivite ölçümünde; yaklaşık 3 metreye kadar gevşek yapılı, az çakıllı-kumlu-siltli-killi birimler görülmüştür. Bu metreden itibaren yaklaşık 6 metreye kadar kumlu-siltli-kil/killi kum birimleri ile karşılaşmıştır. Devamında 15

metreye kadar kumlu-siltli-kil birimlerine karşılık gelen değerler hesaplanmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Düşey elektrik sondajı yer altı kesiti (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

Formasyonda bu metreden sonra derinlere doğru giderek sıkılığı artan bir yapı ile karşılaşmış ve yaklaşık 20 metreden itibaren ise inceleme derinliğine kadar daha sıkı yapıları birimlere karşılık gelen değerler hesaplanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

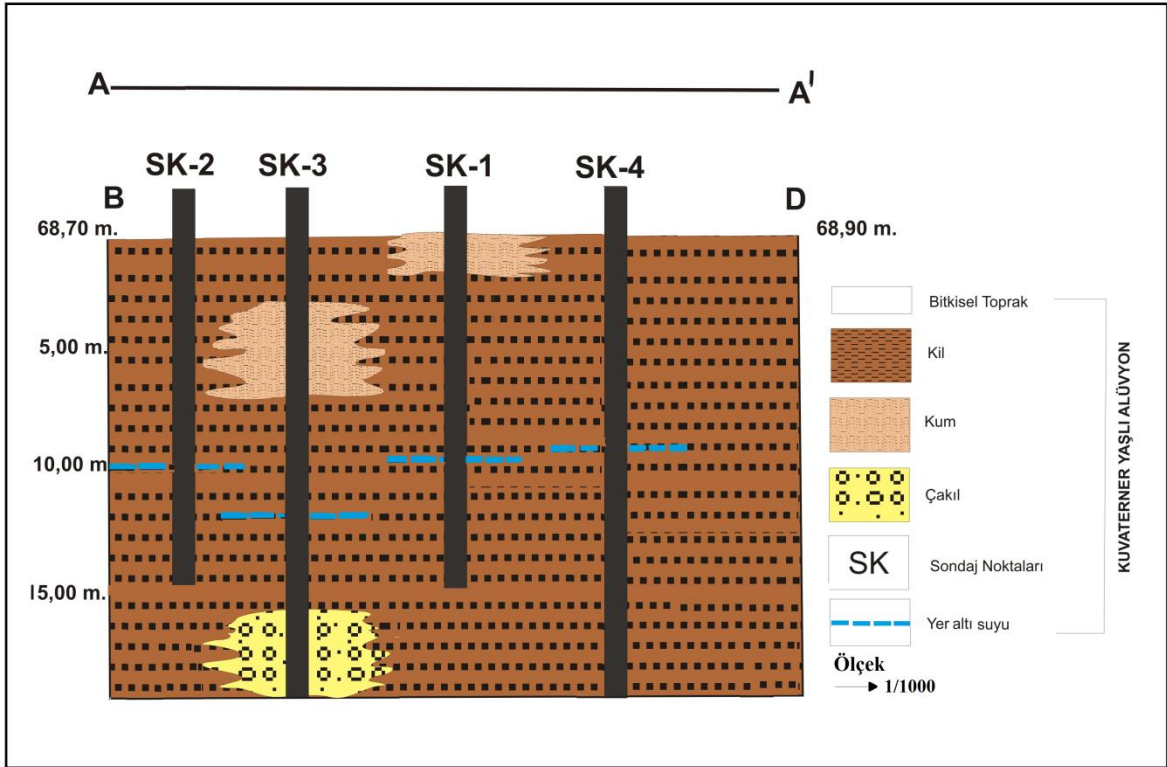
Tez çalışmasının konusunu teşkil eden Kuvaterner birimleri incelemek amacıyla 2012 yılında Çayırköy Ovası sınırları içerisinde Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığınca açılan kuyularda ayrıca bu kuyuların yanı sıra Bursa Ovası orta ve doğu kesiminde Devlet Su İşleri I. Bölge Müdürlüğü I. Sondaj Şube Müdürlüğü tarafından Gölbaşı Derivasyon Tesisleri Projesi kapsamında ve özel bir firma tarafından 2011 ve 2012 yıllarında açılan kuyularda bölgenin en genç birimi olan alüvyon birimlerin seviyelerinin değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Alüvyon biriminin Marmara Denizi kıyılarında ve çöküntü alanı içerisinde bulunan göl çevrelerinde plaj kumu olarak temsil edilirken (Selim, 2005), diğer düzlüklerde Bursa ve Çayırköy ovalarında çakıl, kum ve kilden oluştuğu görülmüştür.

Bursa ili, Nilüfer ilçesi, Ertuğrul Mahallesi H21C04C2D Pafta, 3550 Ada ve 1,2,3,4,5,6 parsellerde yer alan yaklaşık olarak 38.000 m² lik alanda yapılan çalışmada; sondaj verilerine dayanarak, sahada yer alan jeolojik birimlerin çeşitleri ve dağılımları tespit edilmiştir. Örselenmiş örnekler üzerinde yapılan zemin mekaniği deneylerine dayanarak zeminlerin indeks ve mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca inceleme alanındaki jeoteknik faktörler ortaya çıkartılmıştır.

İki tanesi 15'şer m, diğer iki tanesi ise 20'şer m olan dört adet sondajda ve belirli noktalarda yapılan arazi deneyleri, kuyulardan alınan numunelerin laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen bulgular, Bursa ovası Kuvaterner tortullarının üst seviyelerde kahve renkli, orta sıkı yapıda, siltli-killi kum birimlerinden oluştuğunu göstermiştir. Bu birimlerin altında kahve-sarımsı renkli, katı-çok katı sert kıvamda, çakıllı-kumlu-siltli-kil birimler yer almaktadır (SK-1). Çakıllı-kumlu-siltli-kil birimleri ile aynı seviyelerde kahve-açık kahve-krem renkli, orta plastisiteli, katı-çok katı sert kıvamda çakıllı-kumlu-siltli kil birimler gelir (SK-2). Bu birimlerle eş seviyelerde kahve-açık kahve-krem renkli, orta plastisiteli, katı kıvamda, çakıllı-kumlu-siltli-kil birim de yer almaktadır. Alt seviyelerde ise yeşilimsi kahve renkli, orta sıkı yapılı, az siltli çakıllı killi kum; daha alt seviyelerde ise yeşilimsi kahve-açık kahve renkli, çok katı-sert kıvamlı, yer yer çakıl arabantlı kumlu, siltli

kil birime geçer. En alt seviyelerde ise kahve-açık kahve renkli, çok sıkı yapılı, siltli-killi-kumlu çakılın bulunduğu gözlemlenmiştir (SK-3). Diğer birimler ile aynı seviyelerde gözlenen kahve-açık kahve-yeşilimsi kahve renkli, katı-çok katı-sert kıvamlı, az çakıllı, yer yer kum-çakıl arabandı içerikli, kumlu-siltli-kil birim ise SK-4 sondajında bulunmuştur. Laboratuar deney sonuçları özet raporu ve deney föyleri Ekler bölümünde verilmiştir.

Sondajlarda yer altı suyuna SK-1’de 9.00 m’de, SK-2’de 10.00 m’de, SK-3’te 12.00 m’de ve SK-4’te 8.00 m’de rastlanılmıştır (Şekil 6.1). SK-3 kuyusunun elek analizi sonuçları çakıl yüzdesinin daha yüksek olduğunu gösterir. Diğer kuyulara oranla SK-3 kuyusunda yer altı su seviyesinin daha derinde olma nedeni çakıl yüzdesinin fazla olmasından dolayı olabilir. İnceleme alanında yer altı su seviyesi ortalama 10 metre civarında olması, SPT darbe sayılarının yüksek olması, zeminin kohezif nitelikte olduğu laboratuar analiz sonuçları da göz önünde bulundurularak yapılan sıvılaşma analizleri de birlikte değerlendirildiğinde birimlerde sıvılaşma riski olmadığı belirlenmiştir. Zeminle ilgili şişme potansiyeli incelendiğinde bulunan plastisite değeri 9-25 arasında olduğundan dolayı zemin şişme derecesi bazı kesimlerde orta, yüksek ve çok yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6.1). Zeminlerde şişme-kabarma, ileride binalarda yapısal çatlaklara neden olabilir. Oturma-şişme ve göçme potansiyelini yok etmek amacıyla yapılacak yapı temelleri altında sıkıştırılmış seçme granüler malzeme (kum-çakıl) ile tabaka oluşturulması, bu seviye üzerine grobeton uygulaması önerilmektedir.



Şekil 6.1. İnceleme alanının jeolojik kesiti (BBB, 2012'den alınarak çizilmiştir).

İnceleme alanında taşıma gücü hesapları, parsel bazında yapılacak yapının temel sistemi, temel derinliği, zemine yapıdan aktarılabilecek yüklerin değerlendirilmesi yapılarak hesaplama yapılmalıdır. İnceleme alanında genel olarak arazi ve laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen veriler ışığında; kahve renkli, orta sıkı yapılı, çakıllı-siltli-killi kum ve kahve-sarımsı renkli, katı-çok katı- sert kıvamlı, az çakıllı-kumlu-siltli-kil birime oturacak temeller için hesaplanacak zemin taşıma gücü değeri belirlenerek, yer altı su durumu da göz önüne alınarak, zemin ıslah yöntemlerinin belirlenmesi sağlanmalıdır.

Çizelge 6.1. Kohezyonlu zeminlerin şişme potansiyeli (Holtz ve Gibbs, 1956)

Plastisite İndeksi (PI%)	Şişme Yüzdesi	Şişme Derecesi
>35	>30	Çok Yüksek
25-41	20-30	Yüksek
13-28	10-20	Orta
<10	<10	Düşük

Jeofizik çalışmalar kapsamında, iki lokasyonda karşılıklı atışlı sismik kırılma ve bir lokasyonda rezistivite ölçümlerinden katmanlar içindeki PDüz, PTers ve SDüz dalgalarının hızları tespit edilmiş ve buna bağlı olarak kalınlık, derinlik, tabaka eğimleri, zeminin dinamik elastik parametreleri ve tabakalara ait öz direnç değerleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte zemin hakim periyodu, zemin büyütmesi ve yer ivmesi değerlerinin korelasyonu için bir lokasyonda mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen jeofizik çalışmalarda bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- a) Çalışma alanında sismik hız oranları arazide sırasıyla 2,0 ile 3,8 arasında ve 1,8 ile 3,8 arasında hesaplanmıştır. Buna göre zemin sıkı-az sıkı/sıkı olmayan özelliktedir;
- b) Poisson oranı sırasıyla 0,33 ile 0,46 arasında ve 0,26 ile 0,46 arasında hesaplanmıştır. Buna göre zemin gözenekli /gözenekli (suya doymuş) birimlerden oluşmaktadır.
- c) Yoğunluklar sırasıyla 1,44 ile 2,0 arasında ve 1,42 ile 2,0 arasında hesaplanmıştır.
- d) Kayma modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırasıyla 759 ile 4230 arasında ve 887 ile 4043 kg/cm² arasında bulunmuştur. Bu değerlere göre ortalama 4,3-3,4 metreye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam yapıdadır.
- e) Elastisite (Young) Modülünün derinliğe bağlı değişimleri sırasıyla 2025 ile 12370 arasında ve 2239 ile 11831 kg/cm² arasında bulunmuştur. Bu değerlere göre ortalama 4,3-3,4 metreye kadar zemin orta sağlam-gevşek yapıda ve bu metreden itibaren sağlam bir yapıdadır.
- f) Parselde, ortalama zemin hakim titreşim periyodu 0,47 sn olarak hesaplanmıştır. Zemin hakim titreşim periyodu, yapının periyoduna eşit veya çok yakın olmamalıdır. Yakın veya eşit olması halinde rezonans oluşur. Olası bir deprem anında yapı tehlikeye girer.
- g) Zemin büyütmesi 1,8-1,9 sn olarak hesaplanmıştır. Spektral büyütme göre tehlike düzeyi A (düşük) grupta yer almaktadır ve zemin büyütmesi beklenmemektedir (BBB, 2012).

Çalışma alanı için yapılacak deprem analizinde, Bursa ve civarındaki sismik aktivite göz önüne alınarak, çalışma alanı 1. derece deprem bölgesinde olduğundan dolayı etkin yer ivmesi katsayısının (A_0)= 0,4 g, Magnitüd değeri ise $7,0 < M < 7,5$ olarak alınmalıdır (Çizelge 6.2). Aynı zamanda bölge 1. derece deprem kuşağı içinde bulunması nedeniyle inşa edilecek yapılarda farklı oturmaların önlenebilmesi için zemin parametrelerinin saptanması amacıyla zemin etüd çalışması yapılmalı ve uygun temel sistemi seçilmelidir. Bu çalışmalar doğrultusunda gerekli önlemler alındıktan sonra yapılaşmaya gidilmelidir.

Çizelge 6.2. Etkin yer ivmesi (A_0) (İMO, 2017).

Etkin Yer İvmesi (A_0)	
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çalışma alanı yerel zemin sınıflamasında Zemin Grubu: C (Çizelge 6.3), Zemin Sınıfı: Z3 (Çizelge 6.4) olarak değerlendirilmiştir. Buna göre $T_A = 0,15$, $T_B = 0,6$ yerel zemin sınıfına girmektedir (Çizelge 6.5). Çalışma alanında aktif ve potansiyel nitelikte heyelan, kaya düşmesi, çığ, taşkın gibi kütle hareketleri beklenmemektedir.

Çizelge 6.3. Zemin grupları (İMO, 2017).

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

Çizelge 6.4. Yerel zemin sınıfları (İMO, 2017)

YEREL ZEMİN SINIFLARI	
Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 6.3'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 6.5. Spektrum karakteristik periyotları (T_a , T_b) (İMO, 2017).

SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI (T_A , T_B)		
Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

İnceleme alanının üst seviyelerinin, Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimlerden oluşması, % 0-5 arası eğime sahip olması, 1.derece deprem kuşağında yer alması ve şişme potansiyeli yüksek olan birimlerden oluşmasından dolayı şişme, oturma, taşıma gücü gibi mühendislik problemleri oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple, inceleme alanı şişme, oturma ve taşıma gücü gibi mühendislik problemleri açısından önlem alınması gereken alanlar olup, yerleşime uygunluk değerlendirmesinde ‘Önlemleri Alan 5’ (Ö.A.-5) olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6. İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesi (CSB, 2016).

İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ
1. UYGUN ALANLAR (UA) Uygun Alanlar 1 (UA-1) : Zemin Ortamlar Uygun Alanlar 2 (UA-2) : Kaya Ortamlar
2. ÖNLEMLİ ALANLAR (ÖA) Önlemlili Alan 1 (ÖA-1) : Deprem Tehlikesi Açısından Önlemlili Alanlar 2.1.1. Önlemlili Alan 1.1 (ÖA-1.1) : Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önlemlili Alanlar 2.1.2. Önlemlili Alan 1.2 (ÖA-1.2) : Diri Fayların Tetiklediği İkincil (Tali) Fay Yüzey Deformasyonları Açısından Önlemlili Alanlar 2.2. Önlemlili Alan 2 (ÖA-2) : Kütle Hareketi Tehlikeleri ve Yüksek Eğim Açısından 2.2.1. Önlemlili Alan 2.1 (Ö.A-2.1) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar 2.2.2. Önlemlili Alan 2.2 (Ö.A-2.2) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Kaya Düşmesi Sorunlu Alanlar 2.2.3. Önlemlili Alan 2.3 (Ö.A-2.3) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Heyelan ve Kaya Düşmesi (Kompleks Hareket) Sorunlu Alanlar 2.2.4. Önlemlili Alan 2.4 (Ö.A-2.4) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Erime Boşlukları Açısından Sorunlu Alanlar 2.3. Önlemlili Alan 3 (ÖA-3) : Su Baskını Açısından Önlem Alınabilecek Alanlar 2.4. Önlemlili Alan 4 (ÖA-4) : Çığ Düşmesi Açısından Önlem Alınabilecek Alanlar 2.5. Önlemlili Alan 5 (ÖA-5) : Mühendislik Problemleri Açısından (Şişme, Oturma, Taşıma Gücü v.b.) Önlem Alınabilecek Alanlar 2.5.1. Önlemlili Alan 5.1 (ÖA-5.1) : Önlem Alınabilecek Nitelikte Şişme, Oturma Açısından Sorunlu Alanlar 2.5.2. Önlemlili Alan 5.2 (ÖA-5.2) : Dolgu Alanlar 2.5.3. Önlemlili Alan 5.3 (ÖA-5.3) : Yüksek Yeraltısı Seviyesine, Deniz Suyu Girişimi v.b. Sorunlu Alanlar

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abacı, N., 2001. Bursa Yöresi'nin Depremselliği ve Deprem Tarihi, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- Akyol, N., Aybige, A., ve Eyidoğan, H., 2002. Site amplification of S-waves in Bursa city and its vicinity, Northwestern Turkey: comparison of different approaches. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22: 579-587.
- Altınlı, İ.E., 1965. Yenişehir Havzasının Jeolojik ve Hidrojeolojik İncelemesi, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, B.30, C.1-2: 3-51, İstanbul.
- Altınlı, İ.E., 1973a. Orta Sakarya Jeolojisi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, 17-19 Aralık: 159-191, Ankara.
- Bargu, S., 1982. The Geology of İznik–Yenişehir (Bursa)–Osmaneli (Bilecik) Area, İ.Ü. Yerbilimleri, 3, 1-2: 191-234.
- Başarı, E., 2003. Bursa İl Merkezi Zeminlerinde Dinamik Zemin Davranış Analizleri, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi: 142, Manisa.
- BBB, (Bursa Büyükşehir Belediyesi), 2012. Bursa İli Nilüfer İlçesi Ertuğrul Mahallesi H21C04C2D Pafta 3550 Ada 1,2,3,4,5,6 Parsele Ait 1/1000 Ölçekli İmar Planı Değişikliğine Esas Jeolojik Etüd Raporu (Yayınlanmamış), Bursa.
- Bingöl, E., 1968. Contribution à l'etude Geologique de la Partie Centrale et Sud-Est du Massif de Kazdağ (Turquie). These du Doctorat, Fac. Sci. Univ. Nancy, 191, Fransa.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun Bazı Özellikleri, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı, MTA Yayınları: 70-77, Ankara.
- Burmister, D.M., 1951. The application of controlled test methods in consolidation testing. Proc.Symp. Cons. Test. Soils: ASTM Special Technical Publication 126: 83.
- Bürküt, Y., 1966. Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Plutonların Mukayeseli Jenetik Etüdü, İTÜ Maden Fakültesi, Doktora Tezi.
- CSB, 2016. <https://www.csb.gov.tr/db/antalya/webmenu/webmenu14006.pdf>., erişim tarihi: 30.11.2017
- Demirkol, C., 1973. Üzümlü-Tuzaklı (Bilecik) Dolayının Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul (yayınlanmamış).
- DSİ, 1973. Bursa ve Çayırköy Ovalarının Hidrojeolojik Etüt Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Bursa.
- DSİ, 1974. 1:100.000 Ölçekli Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeoloji Haritası, Ankara.
- DSİ, 2013. Bursa ve Yöresinin Jeolojisi Raporu (yayınlanmamış), Bursa.
- Emre, Ö., Doğan, A., Yıldırım, C. ve Şaroğlu, F., 2005, Active Fault Pattern and Bend Kinematics in NW Anatolia. International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region, 15-18 June 2005, Kadir Has University, Abstracts, 98, İstanbul, Turkey.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Emre, Ö., Duman, T. Y., Doğan, A., Özalp, S., Yıldırım, C., Kürçer, A., Özaksoy, V., Elmacı, H. ve Koç, G., 2009. Batı Türkiye'nin Diri Fay Geometrisi ve Güncel Kinematığı, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 13-17 Nisan 2009, Bildiriler, Ankara.
- Erişen, B. ve Öngür, T., 1976. Bursa Kenti Sıcak Su Kaynakları Etüdü, MTA Raporu.
- Erkal, T. ve Emre, Ö., 1997. Nilüfer Çayı (Bursa) Drenajının Kuruluşu ve Evrimi: Tektonizma-Drenaj ilişkileri, TÜBİTAK, Proje No: YDABÇAG-426/G: 135-139, Ankara.
- Erk, A.S., 1942. Etude Geologique De La Region Entre Gemlik (Vilayet De Bursa), Pub. Inst. De Geol. Uni. Istanbul, Nouv. Serie, 3.
- Eroskay, S.O., 1965. Paşalar Boğazı-Gölpazarı Sahasının Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, 3-4: 135-170, İstanbul.
- Genç, Ş., 1986. Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi, MTA Rap. No: 7853 (Yayınlanmamış).
- Genç, Ş., 1992. İznik-İnegöl (Bursa) Arasındaki Tektonik Birliklerin Jeolojik ve Petrolojik İncelenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Granit, Y. ve Titant, H., 1960, Observations Preliminaires Sur le Jurassique De La Region De Bilecik (Turquie), C.R. Accad. Sci., 251,: 1801-1803.
- Gürbüz, A. ve Gürer, Ö. F. 2009. Middle Pleistocene Extinction Process of Pull-Apart Basins Along the North Anatolian Fault Zone. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 173:177-180.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gürpınar, O., 1976. Geological Investigation of the Bilecik-İnegöl-Yenişehir Territorites Together with a study of Engineering Properties of the Bilecik Limestone, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, B, 40: 83-113.
- Holtz, W.G., Gibbs, H.J., 1956. Engineering Properties of Expansive Clays, Transactions, ASCE, Vol. 121, pp. 641-677.
- İMO, 2017. http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/f2bbb013572a332_ek.pdf, erişim tarihi: 30.11.2017
- IAEG, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1, rock and soil materials. IAEG Bulletin, 19:364-371.
- Kadioğlu, S. 2012. Kuvaterner Araştırmalarında Jeofizik Yöntemler, Ankara Üniversitesi Yayınları No:350, s.437-462. ISBN: 978- 605- 136- 056-0.
- Kazancı, N., Toprak, Ö., Leroy, S.A.G., Öncel, S., İleri, Ö., Emre, Ö., Costa, P., Erturaç, K., McGee, E. 2006. Boron Content of Lake Ulubat Sediment: a Key to Interpret the Morphological History of NW Anatolia, Turkey. Applied Geochemistry 21: 134-151.
- Kazancı, N. ve Gürbüz, A. (Ed.) 2012. Kuvaterner Bilimi. Ankara Üniversitesi Yayınları No: 350, 570 s. ISBN: 978- 605-136- 056-0.
- Ketin, İ., 1947, Uludağ Masifinin Tektoniği Hakkında (Über Die Tektonik Des Uludag Massivs), Bull. Geol. Soc. Turk.1, s.61-88.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İTÜ Yayınları, 595 s. İstanbul.
- Kutlukan, E., 1973. Bursa Ovası Sismik Etüdü, MTA Yayını, No:5070, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- MTA, 2009. Bursa İli Kentsel Alanların (il-ilçe merkezleri) Yerbilim Verileri, MTA Rapor No: 11163, Ankara.
- MTA, 2015. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/kocaeli/Bursa/Bursa-jeolojisi.doc.>, erişim tarihi: 10.11.2013
- MTA, 2016.http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/bursa.pdf., erişim tarihi: 15.10.2017
- Nakamura, Y., 1989. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface, Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol.30, No.1.
- Okay, A.İ., 2011. Tavşanlı zonlu: Anatolide – Tolid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu, MTA Dergisi, 142, s.195-226.
- Okay, A. İ., ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B, Jolivet, L., Horvart, F. Serrane, M (Ed.) The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within Alpin Orogene. Geological Society, London, Special Publications 156, p.475-515.
- Saner, S., 1977. Geyve-Osmaneli-Taraklı Alanının Jeolojisi: Eski Çökelme Ortamları, Çökelmenin Evrimi, İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Sarıkaya, M.A., Zreda, M., Çiner, A., Zweck, C. 2008. Cold and Wet Last Glacial Maximum on Mount Sandıras, SW Turkey, Inferred from Cosmogenic Dating and Glacier Modeling. Quaternary Science Reviews, 27 (7-8), s.769-780.
- Schneer, C. J., 1969. Toward a History of Geology. MIT Press, Cambridge, MA, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Selim, H.H., 2005. Kuzey Anadolu Fayı'nın Güney Koluna Ait Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa Faylarının Morfolojik, Sismolojik ve Jeolojik Özellikleri, Doktora Tezi, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Selim, H.S., Tüysüz, O. ve Barka, A.A., 2006, Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği, İTÜ Dergisi Mühendislik/d, C.5, S.1, K.2, s. 151-160, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Ayazağa, İstanbul.
- Sowers, G.F., 1979. Introductory Soil Mechanics and Foundations," 4th Edition. Macmillan.
- Şekercioğlu, E., 2002. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 28, 280, Ankara.
- Şengör, A.M.C., 2000. Jeolojik Takvim. Cogito, 22, 1-46.
- Şenyuva, T.K., 1991. Bursa Ovası'nın Hidrojeoloji İncelemesi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Tabban, A. 2000. Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Tekeli, O., 1981. Subduction Complex Pre-Jurassic Age, Northern Anatolia, Turkey, Geology, 9, p.68-72.
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 28, : 458, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ürgün, S., 1956. Gölpazarı-Geyve-Taraklı-Göynük Civarının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Derleme Rapor (yayınlanmamış) No: 2711, Ankara.

Yalçınkaya, E., 2005. Bytnet (Bursa-Yalova-Türkiye İvme Ölçer Ağı) İstasyonlarında Yerel Zemin Etkilerinin İncelenmesi, DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7,:75-85.

Yılmaz, Y., Gökaşan, E., Erbay, A.A., 2009. Morphotectonic Development of the Marmara Region, Tectonophysics, 488, 1-4, 51-70.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: SK-1 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-1																			
Pafta, Ada I : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 13.12.2012																			
Sondaj Derinliği : 15,45 m.										Koordinat X : 4454176,800																			
Yerlatisuyu Derinliği : 9,00 m.										Koordinat Y : 409797,752																			
Derinlik (m)			Standart Penetrasyon Deneyi					Jeoteknik Tanımlama					Profil					Dayanımılık Ayrışma Kırık/30 cm. Karot % RQD %											
	Numune Cinsi	Manevra	Darbe Sayısı			Grafik																							
			0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.		N																						
								10	20	30	40																		
1																													
2	SPT-1	1,50-1,95	11	8	14	22																							
3																													
4	SPT-2	3,00-3,45	4	6	8	14																							
5	SPT-3	4,50-4,95	7	8	10	18																							
6																													
7	SPT-4	6,00-6,45	6	9	9	18																							
8	SPT-5	7,50-7,95	6	8	9	17																							
9																													
10	SPT-6	9,00-9,45	7	7	10	17																							
11	SPT-7	10,50-10,95	11	14	18	32																							
12																													
13	SPT-8	12,00-12,45	14	17	21	38																							
14	SPT-9	13,50-13,95	50/5				R																						
15																													
16	SPT-10	15,00-15,45	50/6				R																						
Dayanımılık-Strenght			Ayrışma-Weathering					İnce Daneli-Fine Grained					İri Daneli-Coars Grained																
1- Dayanımlı	Strong		1-Taze Fresh					N:0-2 Çok Yumuşak V.Soft					N:0-4 Çok Gevşek V.Loose																
2-Orta Dayanımlı	M.Strong		2-Az Ayrışmış S.Weathered					N:3-4 Yumuşak Soft					N:5-10 Gevşek Loose																
3-Orta Zayıf	M.Weak		3-Orta Ayrışmış M.Weathered					N:5-8 Orta Katı M.Stiff					N:11-30 Orta Sıkı M.Dense																
4-Zayıf	Weak		4-Çok Ayrışmış H.Weathered					N:9-15 Katı Stiff					N:31-50 Sıkı Dense																
5-Çok Zayıf	V.Weak		5-Tam ayrışmış C.Weathered					N:16-30 Çok Katı V.Stiff					N:>50 Çok Sıkı V.Dense																
								N:>30 Sert Hard																					
Kaya Kalitesi RQD%			Kırık-Fracture/30 cm.					Oranlar-Proportions																					
%0-25	Çok Zayıf V.Poor		<1 Seyrek Wide (W)					%5 < Pek az Slightly					%5 < Pek az Slightly																
%25-50	Zayıf Poor		1-2 Orta Moderate(M)					%5-15 Az Little					%5-20 Az Little																
%50-75	Orta Fair		2-10 Sıkı Close (CL)					%5-35 Çok Very					%20-50 Çok Very																
%75-90	İyi Good		10-20 Çok Sıkı Intense					%35> Pek Çok And																					
%90-100	Çok İyi Excellent		>20 Parçalı Crushed (CR)																										
SPT: Standart Penetrasyon Testi										UD: Örşelenmiş Numune										P : Pressiyometre									
SPT: Standart Penetration Test										UD: Undisturbed Sample										P : Pressuremeter									
D : Örşelenmiş Numune										K : Karot Numunesi										VST: Vane Deneyi									
D : Disturbed Sample										K : Core Sample										VST: Vane Shear Test									

Ek Açıklama-B: SK-2 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-2																			
Pafta, Ada I : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 14.12.2012																			
Sondaj Derinliği : 15,45 m.										Koordinat X : 4454174,260																			
Yerlatisuyu Derinliği : 12,00 m.										Koordinat Y : 409710,845																			
Derinlik (m)	Standart Penetrasyon Deneyi						Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanımılık Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %																	
	Numune Cinsi	Manevra	Darbe Sayısı										Grafik																
			0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N																							
1								DOLGU 0,40m. Kahve-A. Kahve-Krem renkli, Kati-çok kati-sert kıvamlı az çakıllı, kumlu,siltli, KİL.																					
2	SPT-1	1,50-1,95	9	11	15	26																							
3																													
4	SPT-2	3,00-3,45	10	12	16	28																							
5																													
6	SPT-3	4,50-4,95	6	10	8	18																							
7																													
8	SPT-4	6,00-6,45	5	6	8	14																							
9																													
10	SPT-5	7,50-7,95	6	7	9	16																							
11																													
12	SPT-6	9,00-9,45	8	10	11	21																							
13																													
14	SPT-7	10,50-10,95	13	15	16	31																							
15																													
16	SPT-8	12,00-12,45	14	17	20	37																							
17																													
18	SPT-9	13,50-13,95	10	12	14	26																							
19																													
20	SPT-10	15,00-15,45	13	14	16	30																							
21																													
Dayanımılık-Strenght							Ayrışma-Weathering							İnce Daneli-Fine Grained							İri Daneli-Coars Grained								
1- Dayanımlı Strong							1-Taze Fresh							N:0-2 Çok Yumuşak V.Soft							N:0-4 Çok Gevşek V.Loose								
2-Orta Dayanımlı M.Strong							2-Az Ayrışmış S.Weathered							N:3-4 Yumuşak Soft							N:5-10 Gevşek Loose								
3-Orta Zayıf M.Weak							3-Orta Ayrışmış M.Weathered							N:5-8 Orta Kati M.Stiff							N:11-30 Orta Sıkı M.Dense								
4-Zayıf Weak							4-Çok Ayrışmış H.Weathered							N:9-15 Kati Stiff							N:31-50 Sıkı Dense								
5-Çok Zayıf V.Weak							5-Tam ayrışmış C.Weathered							N:16-30 Çok Kati V.Stiff							N:>50 Çok Sıkı V.Dense								
N:>30 Sert Hard																													
Kaya Kalitesi RQD%							Kırık-Fracture/30 cm.							Oranlar-Proportions															
%0-25 Çok Zayıf V.Poor							<1 Seyrek Wide (W)							%5 < Pek az Slightly							%5 < Pek az Slightly								
%25-50 Zayıf Poor							1-2 Orta Moderate(M)							%5-15 Az Little							%5-20 Az Little								
%50-75 Orta Fair							2-10 Sıkı Close (CL)							%5-35 Çok Very							%20-50 Çok Very								
%75-90 İyi Good							10-20 Çok Sıkı Intense							%35> Pek Çok And															
%90-100 Çok İyi Excellent							>20 Parçalı Crushed (CR)																						
SPT: Standart Penetrasyon Testi										UD: Örstenmiş Numune										P : Pressiyometre									
SPT: Standart Penetration Test										UD: Undisturbed Sample										P : Pressuremeter									
D : Örstenmiş Numune										K : Karot Numunesi										VST: Vane Deneyi									
D : Disturbed Sample										K : Core Sample										VST: Vane Shear Test									

Ek Açıklama-C: SK-3 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-3		Sayfa 1	
Pafta, Ada : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 15.12.2012			
Sondaj Derinliği : 20,00 m.										Koordinat X : 4454146,532			
Yerlatisuyu Derinliği : 10,00 m.										Koordinat Y : 409737,669			
Derinlik (m)	Numune Cinsi	Manevra	Standart Penetrasyon Deneyi				Grafik	Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanım Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %
			Darbe Sayısı										
			0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N							
1													
2	SPT-1	1,50-1,95	6	4	5	9							
3													
4	SPT-2	3,00-3,45	5	5	6	11							
5													
6	SPT-3	4,50-4,95	6	7	9	16							
7													
8	SPT-4	6,00-6,45	8	9	11	20							
9													
10	SPT-5	7,50-7,95	7	9	10	19							
11													
12	SPT-6	9,00-9,45	8	10	11	21							
13													
14	SPT-7	10,50-10,95	15	16	19	35							
15													
16	SPT-8	12,00-12,45	17	19	22	41							
17													
18	SPT-9	13,50-13,95	14	16	15	31							
19													
20	SPT-10	15,00-15,45	15	17	18	35							
21													
Dayanım-Strenght			Ayrışma-Weathering				İnce Daneli-Fine Grained		İri Daneli-Coars Grained				
1- Dayanımlı	Strong		1-Taze	Fresh			N:0-2	Çok Yumuşak V.Soft	N:0-4	Çok Gevşek V.Loose			
2-Orta Dayanımlı	M.Strong		2-Az Ayrışmış	S.Weathered			N:3-4	Yumuşak Soft	N:5-10	Gevşek Loose			
3-Orta Zayıf	M.Weak		3-Orta Ayrışmış	M.Weathered			N:5-8	Orta Kati M.Stiff	N:11-30	Orta Sıkı M.Dense			
4-Zayıf	Weak		4-Çok Ayrışmış	H.Weathered			N:9-15	Kati Stiff	N:31-50	Sıkı Dense			
5-Çok Zayıf	V.Weak		5-Tam ayrılmış	C.Weathered			N:16-30	Çok Kati V.Stiff	N:>50	Çok Sıkı V.Dense			
Kaya Kalitesi RQD%			Kırık-Fracture/30 cm.				Oranlar-Proportions						
%0-25	Çok Zayıf V.Poor		<1 Seyrek	Wide (W)			%5 <	Pek az Slightly	%5 <	Pek az Slightly			
%25-50	Zayıf Poor		1-2 Orta	Moderate(M)			%5-15	Az Little	%5-20	Az Little			
%50-75	Orta Fair		2-10 Sıkı	Close (CL)			%5-35	Çok Very	%20-50	Çok Very			
%75-90	İyi Good		10-20 Çok	Sıkı Intense			%35>	Pek Çok And					
%90-100	Çok İyi Excellent		>20 Parçalı	Crushed (CR)									
SPT: Standart Penetrasyon Testi							UD: Örselenmiş Numune			P : Pressiyometre			
SPT: Standart Penetration Test							UD: Undisturbed Sample			P : Pressuremeter			
D : Örselenmiş Numune							K : Karot Numunesi			VST: Vane Deneyi			
D : Disturbed Sample							K : Core Sample			VST: Vane Shear Test			

Ek Açıklama-C (devam ediyor): SK-3 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-3										Sayfa 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pafta, Ada : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 15.12.2012																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Sondaj Derinliği : 20,00 m.										Koordinat X : 4454146,532																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Yerlatisuyu Derinliği : 10,00 m.										Koordinat Y : 409737,669																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Derinlik (m)	Numune Cinsi		Manevra		Standart Penetrasyon Deneyi						Jeoteknik Tanımlama										Profil	Dayanımlılık	Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
					Darbe Sayısı			Grafik																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
					0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N	10	20																	30	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
17	SPT-11	16,50-16,95	19	22	30	>50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

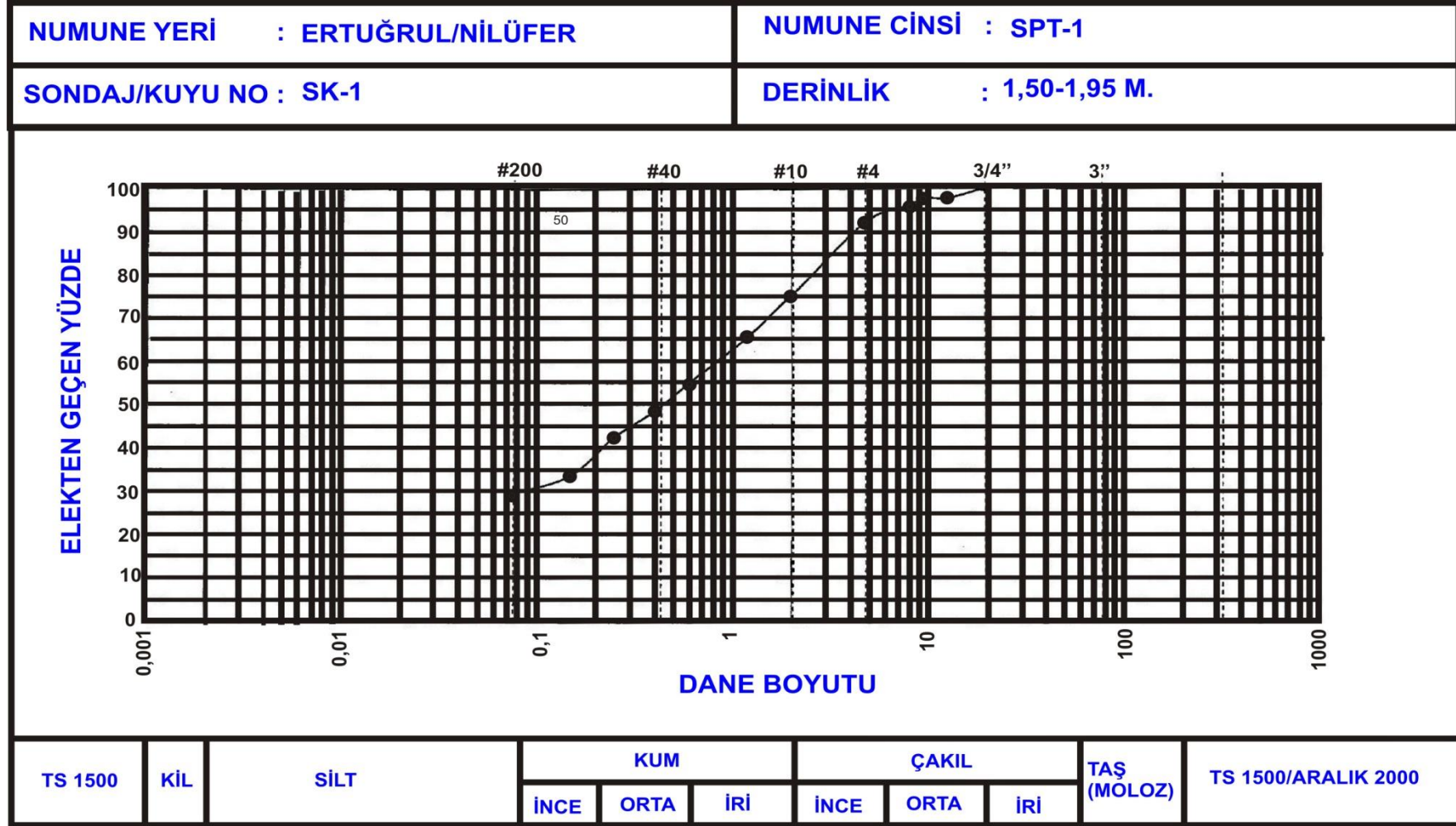
Ek Açıklama-D: SK-4 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-4		Sayfa 1					
Pafta, Ada, Parsel : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 18.12.2012							
Sondaj Derinliği : 20,00 m.										Koordinat X : 4454148,821							
Yerlatisuyu Derinliği : 8,00 m.										Koordinat Y : 409874,381							
Derinlik (m)	Numune Cinsi	Manevra	Standart Penetrasyon Deneyi							Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanımılık Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %		
			Darbe Sayısı				Grafik										
			0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N											
									10 20 30 40								
1																	
2	SPT-1	1,50-1,95	6	7	6	13											
3																	
4	SPT-2	3,00-3,45	6	7	7	14											
5	SPT-3	4,50-4,95	11	8	8	16											
6																	
7	SPT-4	6,00-6,45	7	8	9	17											
8	SPT-5	7,50-7,95	9	12	15	27											
9																	
10	SPT-6	9,00-9,45	10	11	14	25											
11	SPT-7	10,50-10,95	9	11	12	23											
12																	
13	SPT-8	12,00-12,45	10	11	13	24											
14	SPT-9	13,50-13,95	12	15	19	34											
15																	
16	SPT-10	15,00-15,45	19	32	25	>50											
Dayanımılık-Strenght										Ayrışma-Weathering				İnce Daneli-Fine Grained		İri Daneli-Coars Grained	
1- Dayanımlı		Strong		2-Taze		Fresh		N:0-2		Çok Yumuşak V.Soft		N:0-4		Çok Gevşek V.Loose			
2-Orta Dayanımlı		M.Strong		2-Az Ayrışmış		S.Weathered		N:3-4		Yumuşak Soft		N:5-10		Gevşek Loose			
3-Orta Zayıf		M.Weak		3-Orta Ayrışmış		M.Weathered		N:5-8		Orta Katı M.Stiff		N:11-30		Orta Sıkı M.Dense			
4-Zayıf		Weak		4-Çok Ayrışmış		H.Weathered		N:9-15		Katı Stiff		N:31-50		Sıkı Dense			
5-Çok Zayıf		V.Weak		5-Tam ayrışmış		C.Weathered		N:16-30		Çok Katı V.Stiff		N:>50		Çok Sıkı V.Dense			
								N:>30		Sert Hard							
Kaya Kalitesi RQD%										Kırık-Fracture/30 cm.				Oranlar-Proportions			
%0-25		Çok Zayıf V.Poor		<1 Seyrek		Wide (W)		%5 <		Pek az Slightly		%5 <		Pek az Slightly			
%25-50		Zayıf Poor		1-2 Orta		Moderate(M)		%5-15		Az Little		%5-20		Az Little			
%50-75		Orta Fair		2-10 Sıkı		Close (CL)		%5-35		Çok Very		%20-50		Çok Very			
%75-90		İyi Good		10-20 Çok		Sıkı Intense		%35>		Pek Çok And							
%90-100		Çok İyi Excellent		>20 Parçalı		Crushed (CR)											
SPT: Standart Penetrasyon Testi										UD: Örselenmiş Numune				P : Pressiyometre			
SPT: Standart Penetration Test										UD: Undisturbed Sample				P : Pressuremeter			
D : Örselenmiş Numune										K : Karot Numunesi				VST: Vane Deneyi			
D : Disturbed Sample										K : Core Sample				VST: Vane Shear Test			

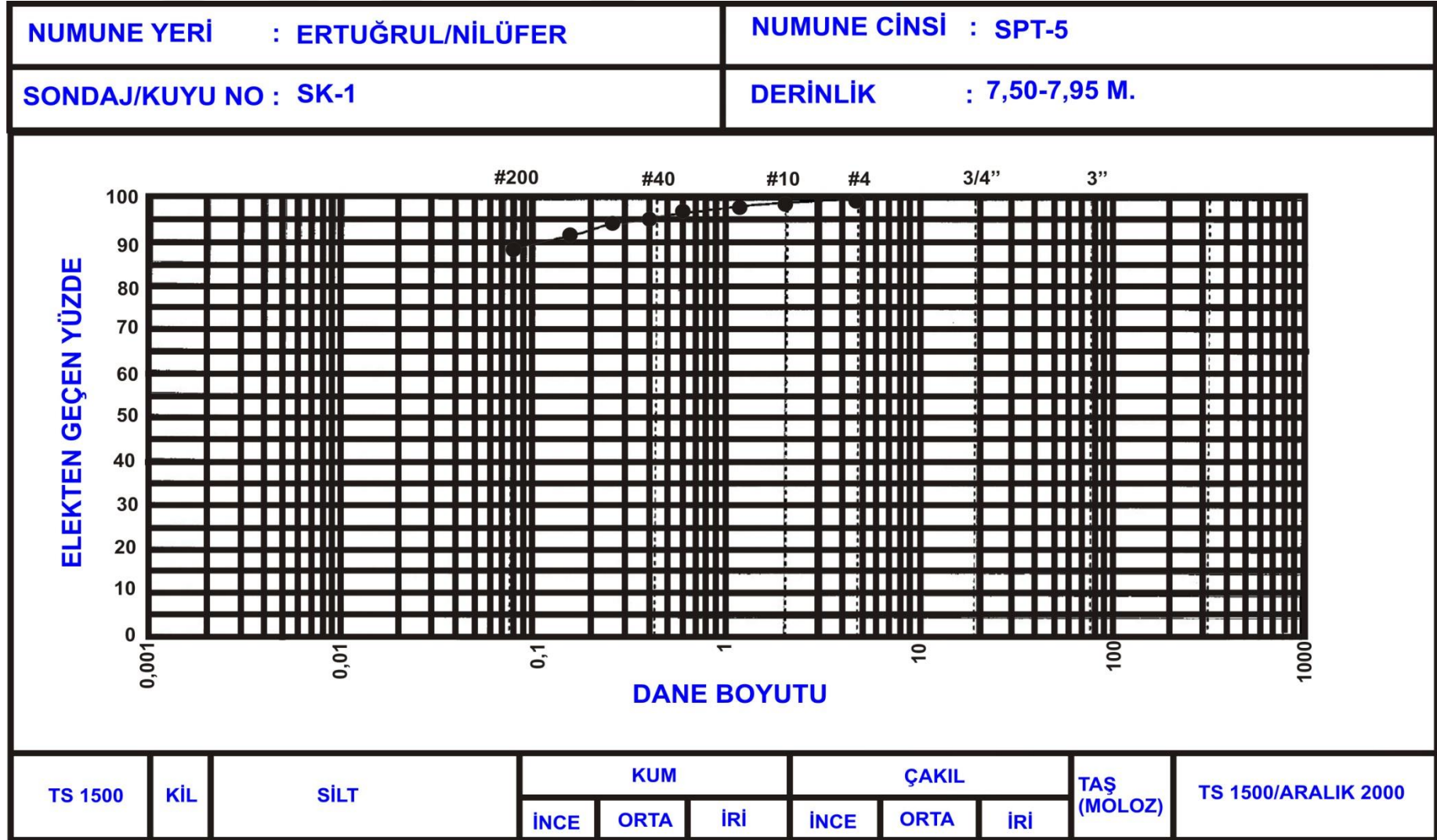
Ek Açıklama-D (devam ediyor): SK-4 Sondaj Logu.

Sondaj Yeri : Nilüfer/Bursa										Sondaj No : SK-4										Sayfa 2									
Pafta, Ada : H21C04C2D, 3550										Başlangıç ve Bitiş Tarihi : 18.12.2012																			
Sondaj Derinliği : 20,00 m.										Koordinat X : 4454148,821																			
Yerlatisuyu Derinliği : 8,00 m.										Koordinat Y : 409874,381																			
Derinlik (m)	Numune Cinsi		Manevra	Standart Penetrasyon Deneyi				Grafik				Jeoteknik Tanımlama	Profil	Dayanım Ayrışma	Kırık/30 cm.	Karat %	RQD %												
				Darbe Sayısı																									
	0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N	10	20	30	40																					
17	SPT-11	16,50-16,95	15	22	24	46																							
18																													
19	SPT-12	18,00-18,45	20	23	25	48																							
20	SPT-13	19,00-19,50	21	25	50/4	R																							
										KUYU SONU 19,95 m.																			

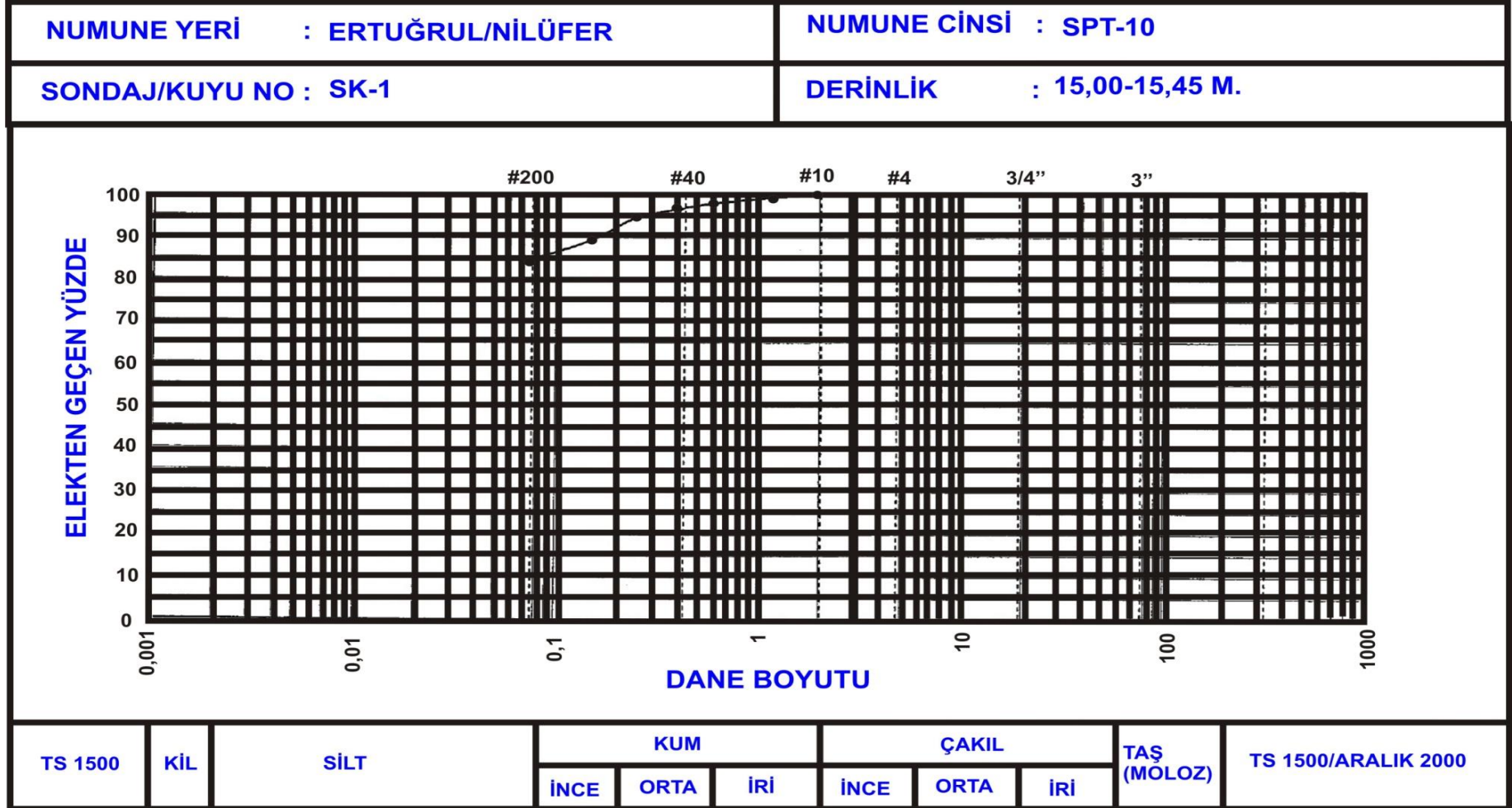
Ek Açıklama-E: SK-1 Granülometri Eğrisi (1,50-1,95 m).



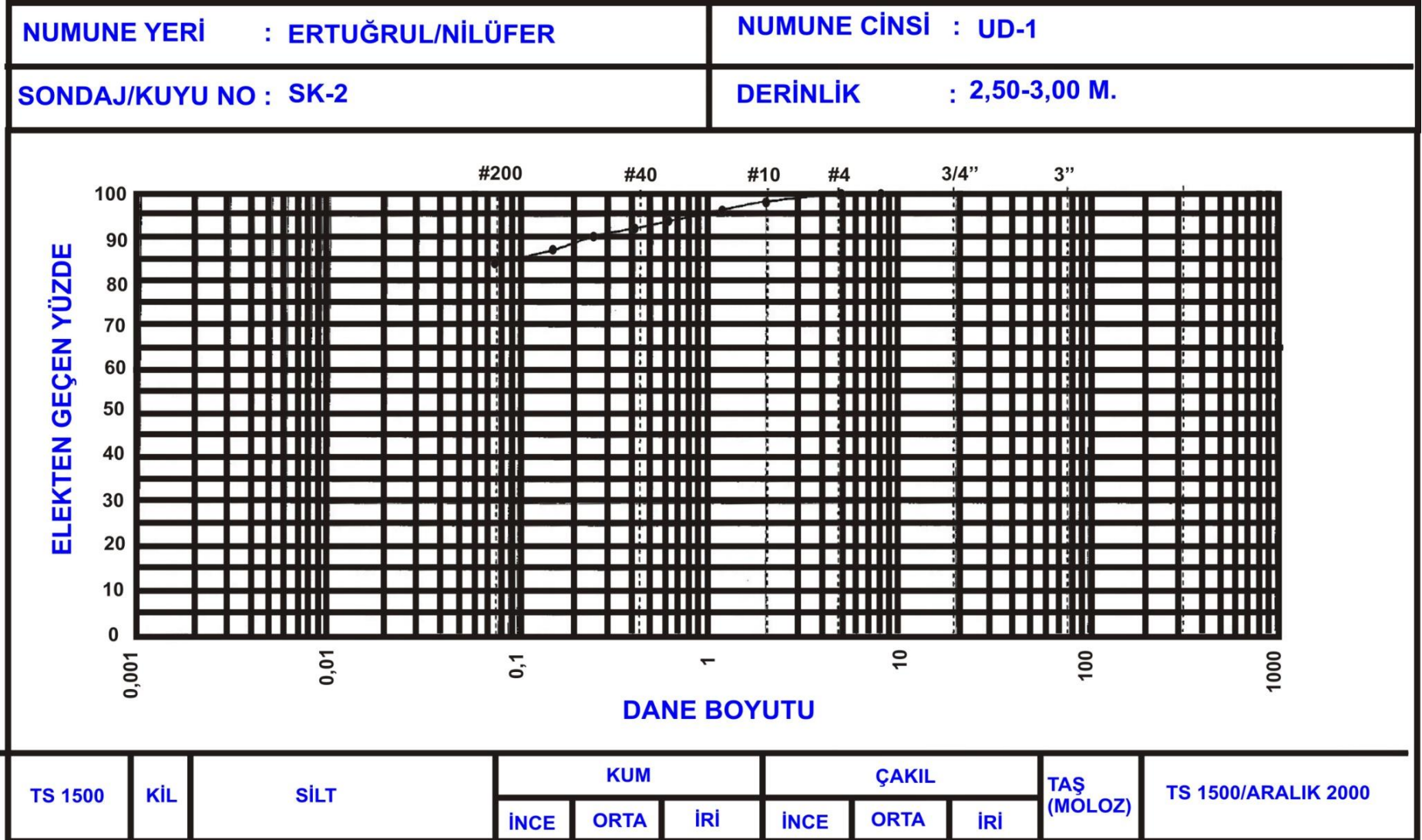
Ek Açıklama-F: SK-1 Granülometri Eğrisi (7,50-7,95 m).



Ek Açıklama-G: SK-1 Granülometri Eğrisi (15,00-15,45 m).



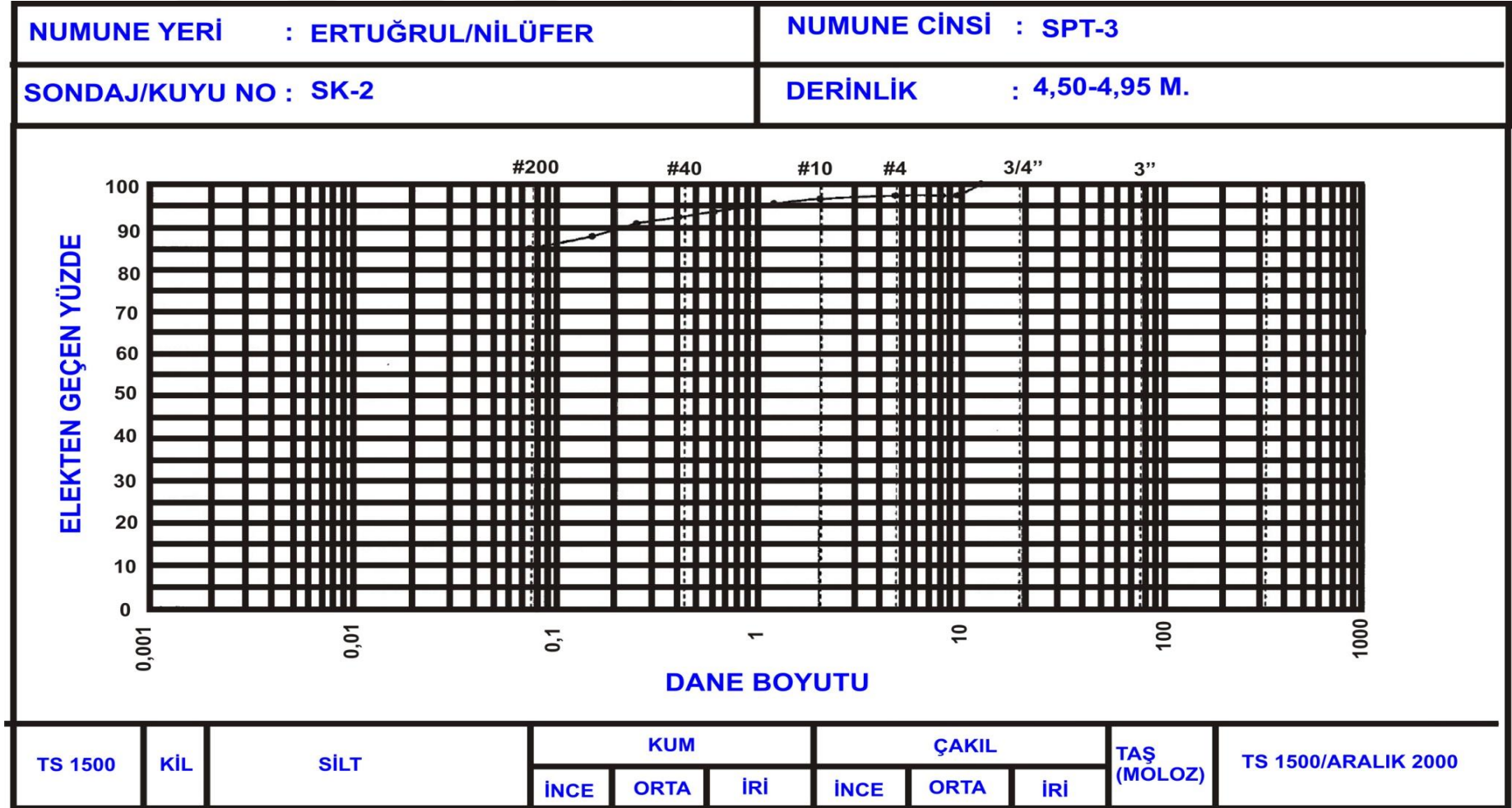
Ek Açıklama-H: SK-2 Granülometri Eğrisi (2,50-3,00 m).



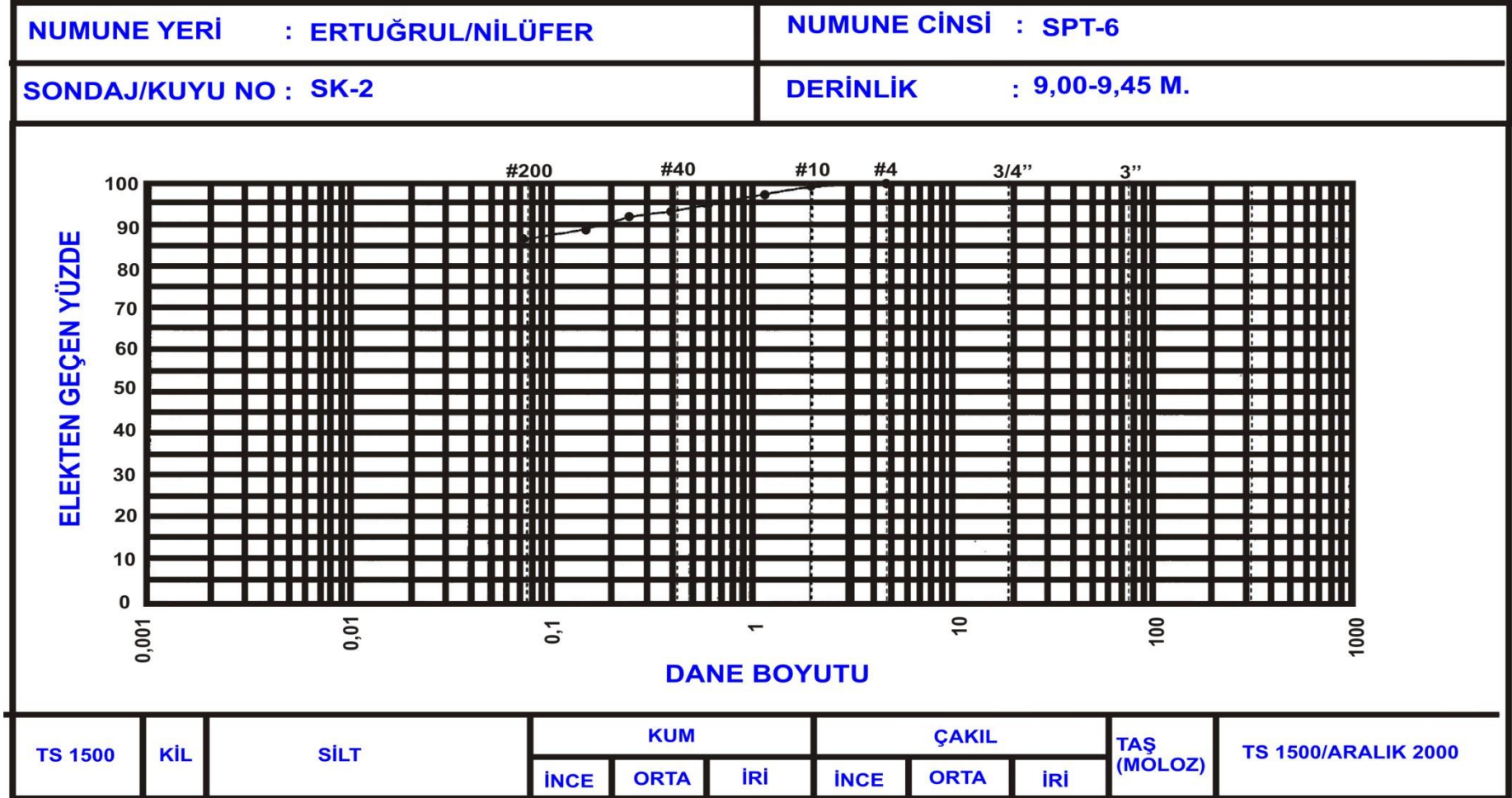
Ek Açıklama-I: SK-2 Konsolidasyon Deneyi Hesapları.

KONSOLİDASYON DENEYİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ											
SONDAJ KUYUSU SK-2											
Numune Cinsi		UD-1		Derinlik		2,50-3,00					
Numunenin Çapı		5.0000 cm		Özgöl Ağırlık		2,58					
Numunenin Boyu		2.0000 cm		Numunenin Yaş Ağırlığı		77.65 gr					
Numunenin Alanı		19.63 cm ²		Numunenin Kuru Ağırlığı		61.02 gr					
2H ₀		1,2045									
Tatbik Edilen Basınç kg/cm2	Oturma cm	Oturma Farkı cm	Numune Yüksekliği cm	Epsilon h/h ₀	Boşluk Yüksek hb cm	Boşluk Oranı 6 %	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı kg/cm2	Sıkışma Katsayısı av cm2/kg	Hacimsel Sıkışma Mv cm2/kg	Es 1/Mv kg/cm2
0,0	0,0000		2,0000	0,0000	0,7955	0,6604					
		0,0000					0,0000	0,5093	0,0000	0,0000	0,0000
0,5	0,0000		2,0000	0,0000	0,7955	0,6604					
		0,0020					0,0017	0,5093	0,0033	0,0020	509,2962
1,0	0,0020		1,9980	0,0010	0,7935	0,6587					
		0,0140					0,0116	1,0186	0,0114	0,0069	145,3677
2,0	0,0160		1,9840	0,0080	0,7795	0,6471					
		0,0330					0,0274	2,5465	0,0108	0,0065	153,0975
4,6	0,0490		1,9510	0,0245	0,7466	0,6197					
		0,0590					0,0490	5,0930	0,0096	0,0059	168,4130
9,7	0,1080		1,8920	0,0540	0,6875	0,5707					
		0,0130									
4,6	0,0950		1,9050	0,0475	0,7005	0,5815					
		0,0160									
2,0	0,0790		1,9210	0,0395	0,7165	0,5948					
		0,0120									
1,0	0,0670		1,9330	0,0335	0,7285	0,6048					
		0,0120									
0,5	0,0550		1,9450	0,0275	0,7405	0,6147					

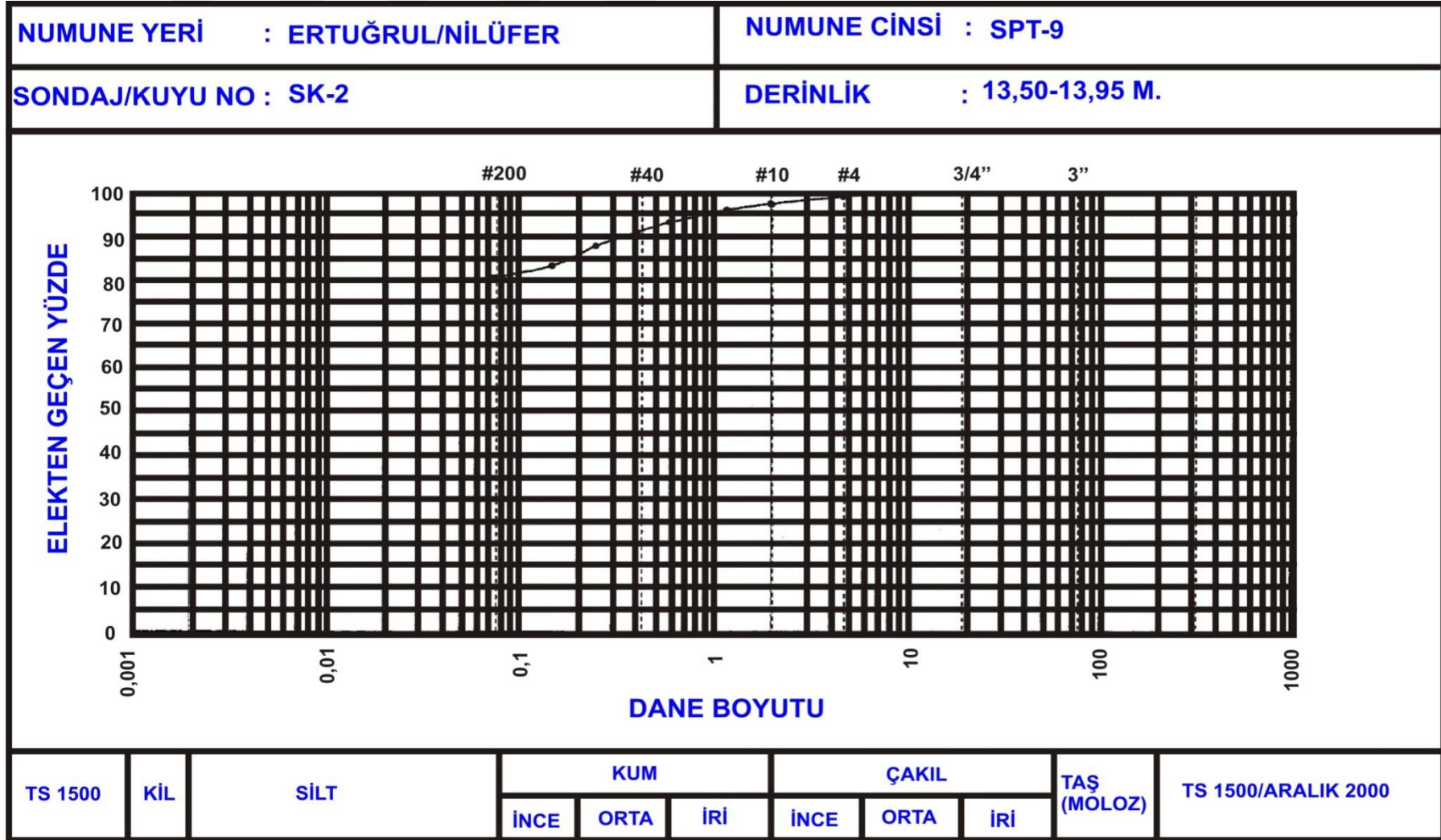
Ek Açıklama-İ: SK-2 Granülometri Eğrisi (4,50-4,95 m).



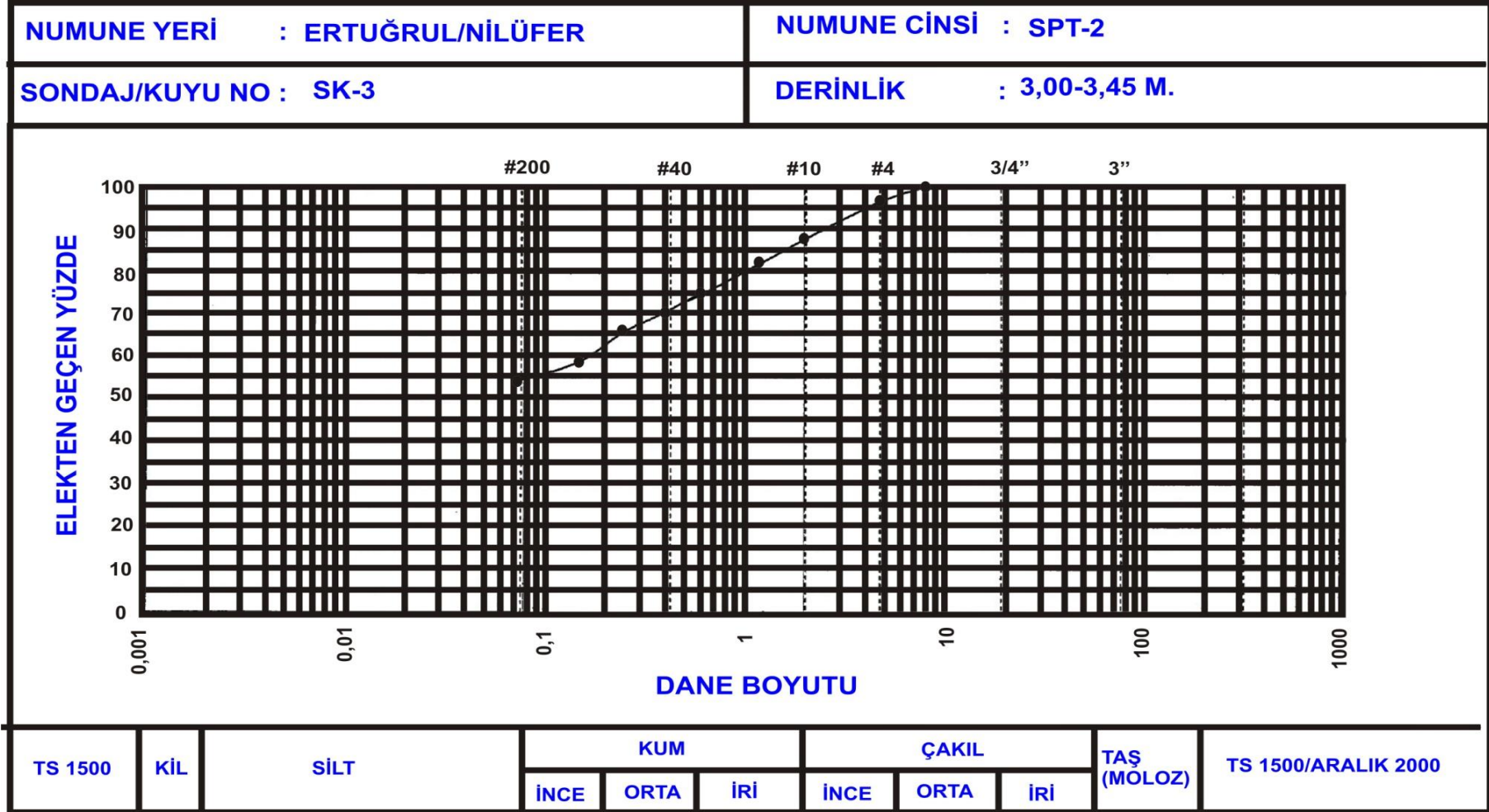
Ek Açıklama-J: SK-2 Granülometri Eğrisi (9,00-9,45 m).



Ek Açıklama-K: SK-2 Granülometri Eğrisi (13,50-13,95 m).



Ek Açıklama-L: SK-3 Granülometri Eğrisi (3,00-3,45 m).



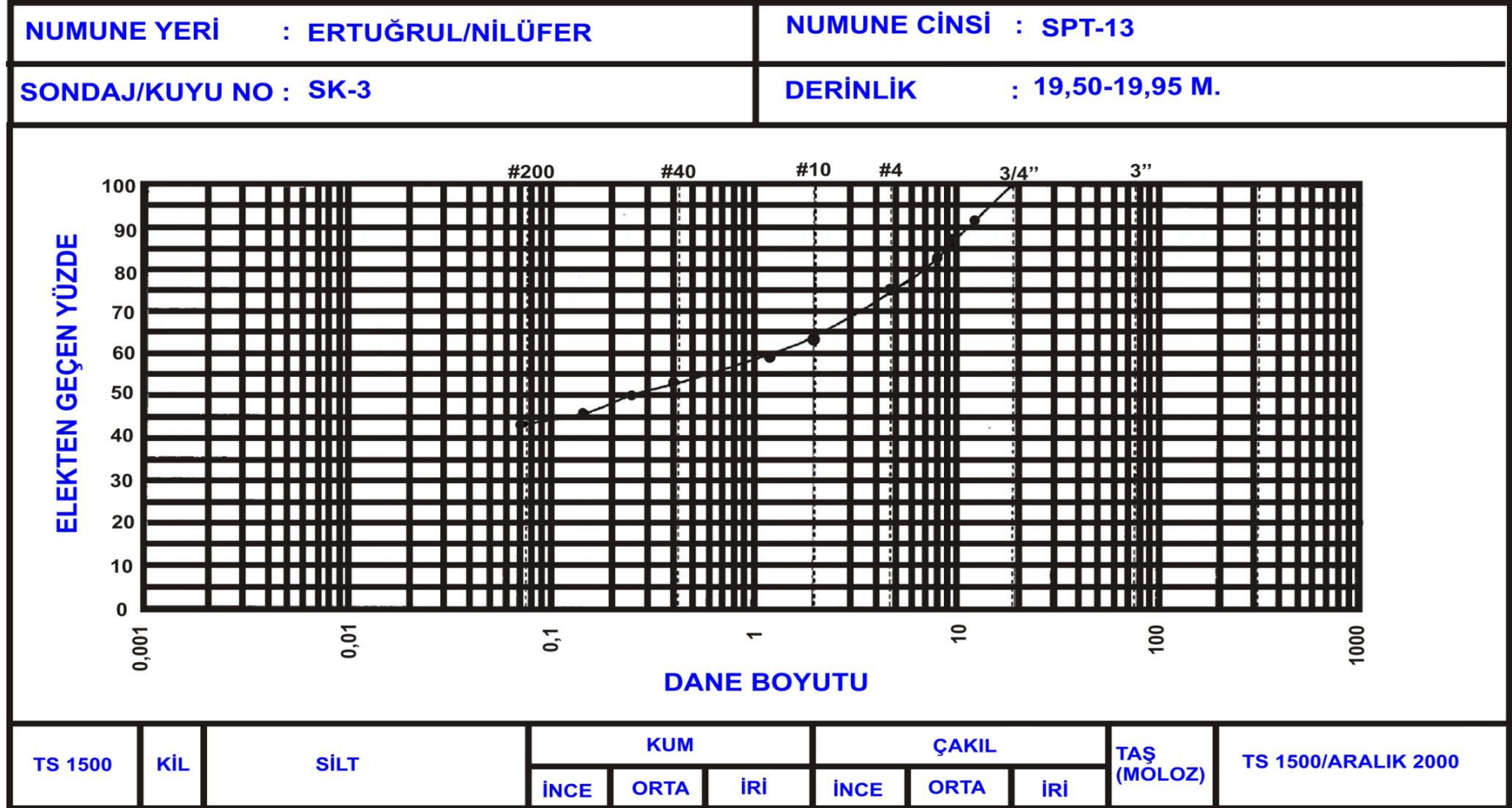
Açıklama-M: SK-3 Granülometri Eğrisi (7,50-7,95 m).

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER			NUMUNE CİNSİ : SPT-5																				
SONDAJ/KUYU NO : SK-3			DERİNLİK : 7,50-7,95 M.																				
ELEKTEN GEÇEN YÜZDE #200 #40 #10 #4 3/4" 3" <table><thead><tr><th colspan="3">KUM</th><th colspan="3">ÇAKIL</th></tr><tr><th>İNCE</th><th>ORTA</th><th>İRİ</th><th>İNCE</th><th>ORTA</th><th>İRİ</th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>						KUM			ÇAKIL			İNCE	ORTA	İRİ	İNCE	ORTA	İRİ	100	0	0	0	0	0
KUM			ÇAKIL																				
İNCE	ORTA	İRİ	İNCE	ORTA	İRİ																		
100	0	0	0	0	0																		
TS 1500	KİL	SİLT	TS 1500/ARALIK 2000																				

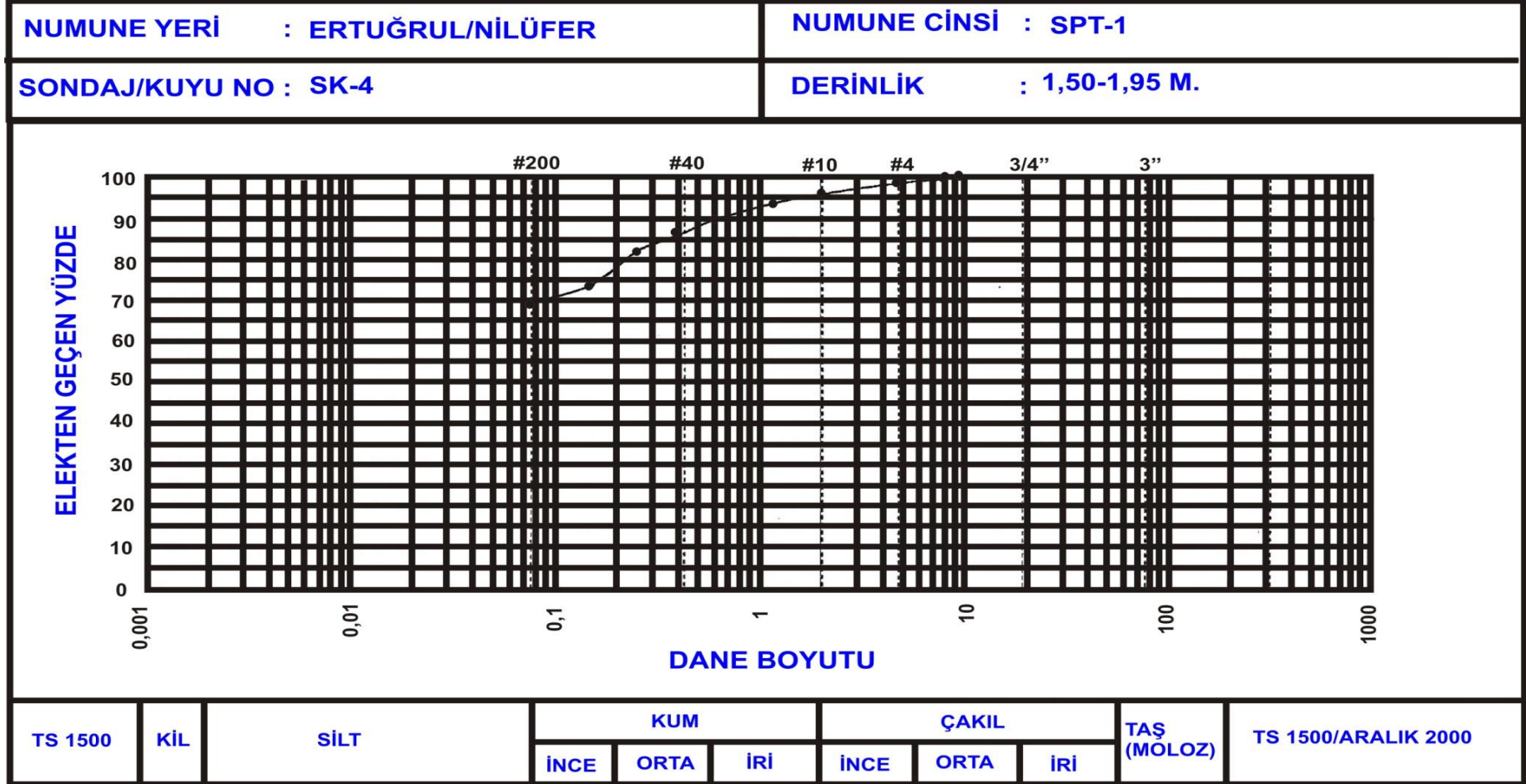
Açıklama-N: SK-3 Granülometri Eğrisi (13,50-13,95 m).

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER			NUMUNE CİNSİ : SPT-9																				
SONDAJ/KUYU NO : SK-3			DERİNLİK : 13,50-13,95 M.																				
ELEKTEN GEÇEN YÜZDE <table><caption>Particle Size Distribution Data</caption><thead><tr><th>Sieve Size (mm)</th><th>Percentage Passing (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.075</td><td>65</td></tr><tr><td>0.15</td><td>68</td></tr><tr><td>0.3</td><td>70</td></tr><tr><td>0.6</td><td>75</td></tr><tr><td>1.18</td><td>85</td></tr><tr><td>2.5</td><td>95</td></tr><tr><td>4.75</td><td>98</td></tr><tr><td>7.5</td><td>100</td></tr></tbody></table> DANE BOYUTU						Sieve Size (mm)	Percentage Passing (%)	0.075	65	0.15	68	0.3	70	0.6	75	1.18	85	2.5	95	4.75	98	7.5	100
Sieve Size (mm)	Percentage Passing (%)																						
0.075	65																						
0.15	68																						
0.3	70																						
0.6	75																						
1.18	85																						
2.5	95																						
4.75	98																						
7.5	100																						
TS 1500	KİL	SİLT	KUM																				
			İNCE	ORTA	İRİ																		
			ÇAKIL																				
			İNCE	ORTA	İRİ																		
			TAŞ (MOLOZ)																				
TS 1500/ARALIK 2000																							

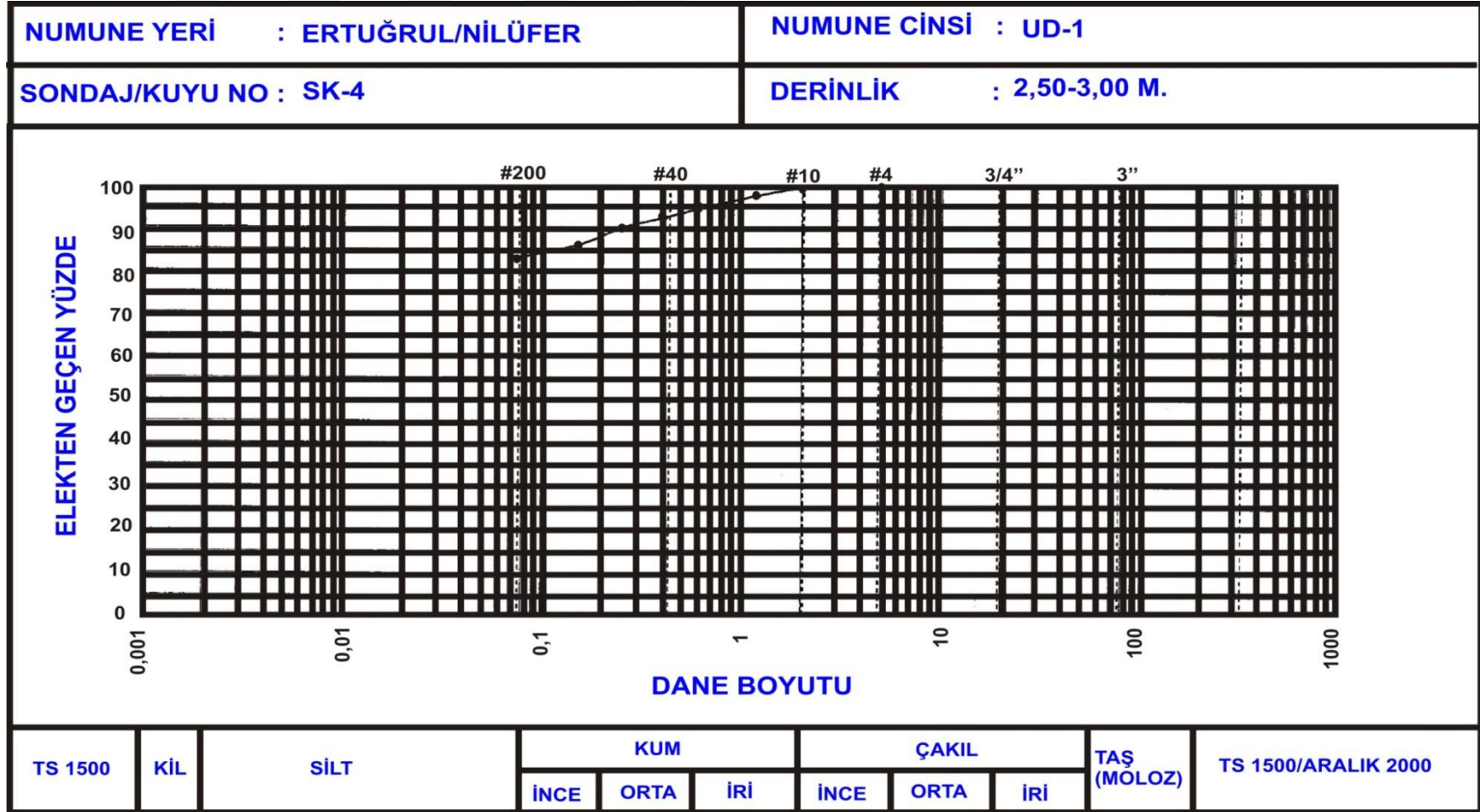
Ek Açıklama-O: SK-3 Granülometri Eğrisi (19,50-19,95 m).



Ek Açıklama-Ö: SK-4 Granülometri Eğrisi (1,50-1,95 m).



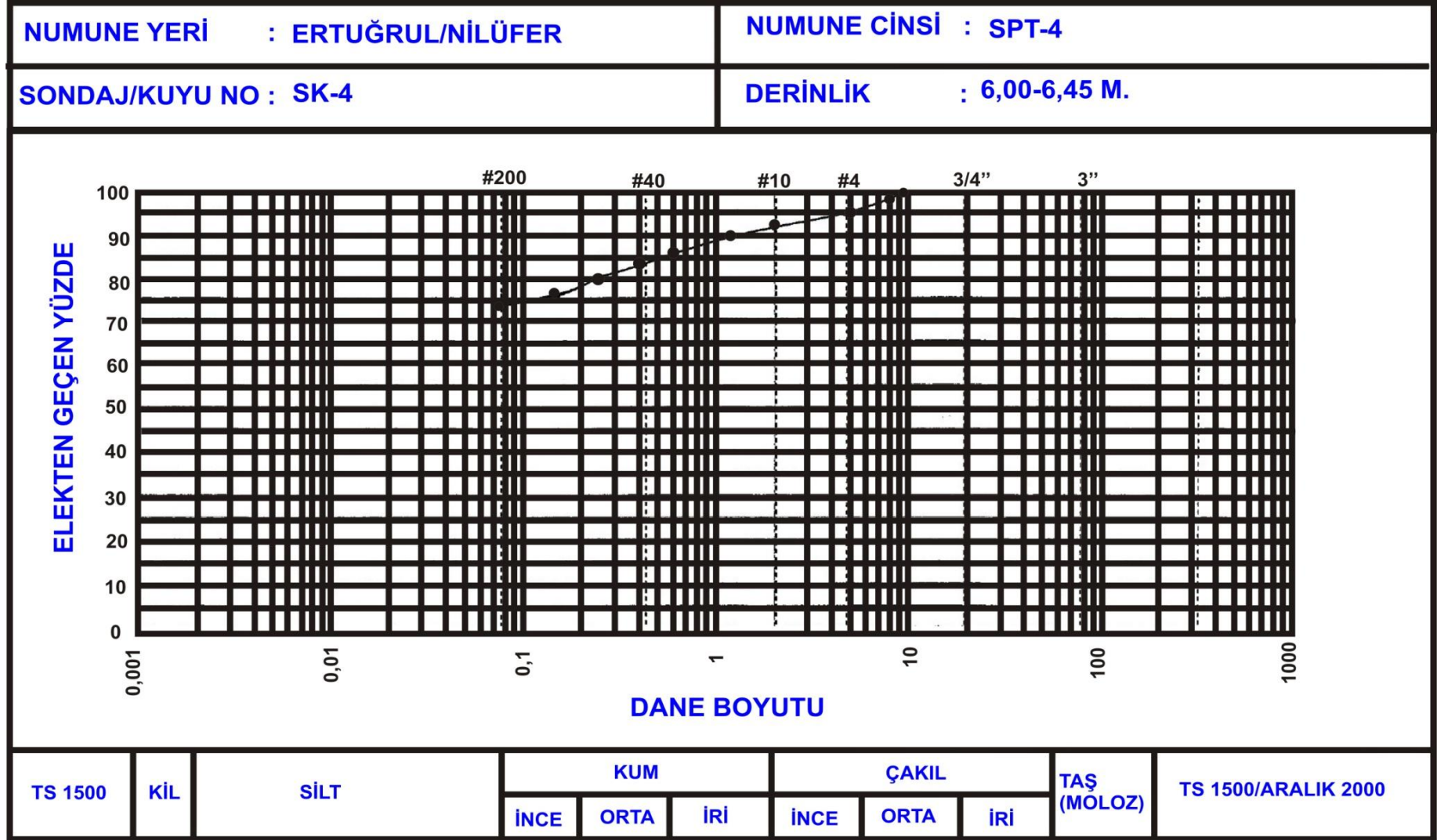
Ek Açıklama-P: SK-4 Granülometri Eğrisi (2,50-3,00 m).



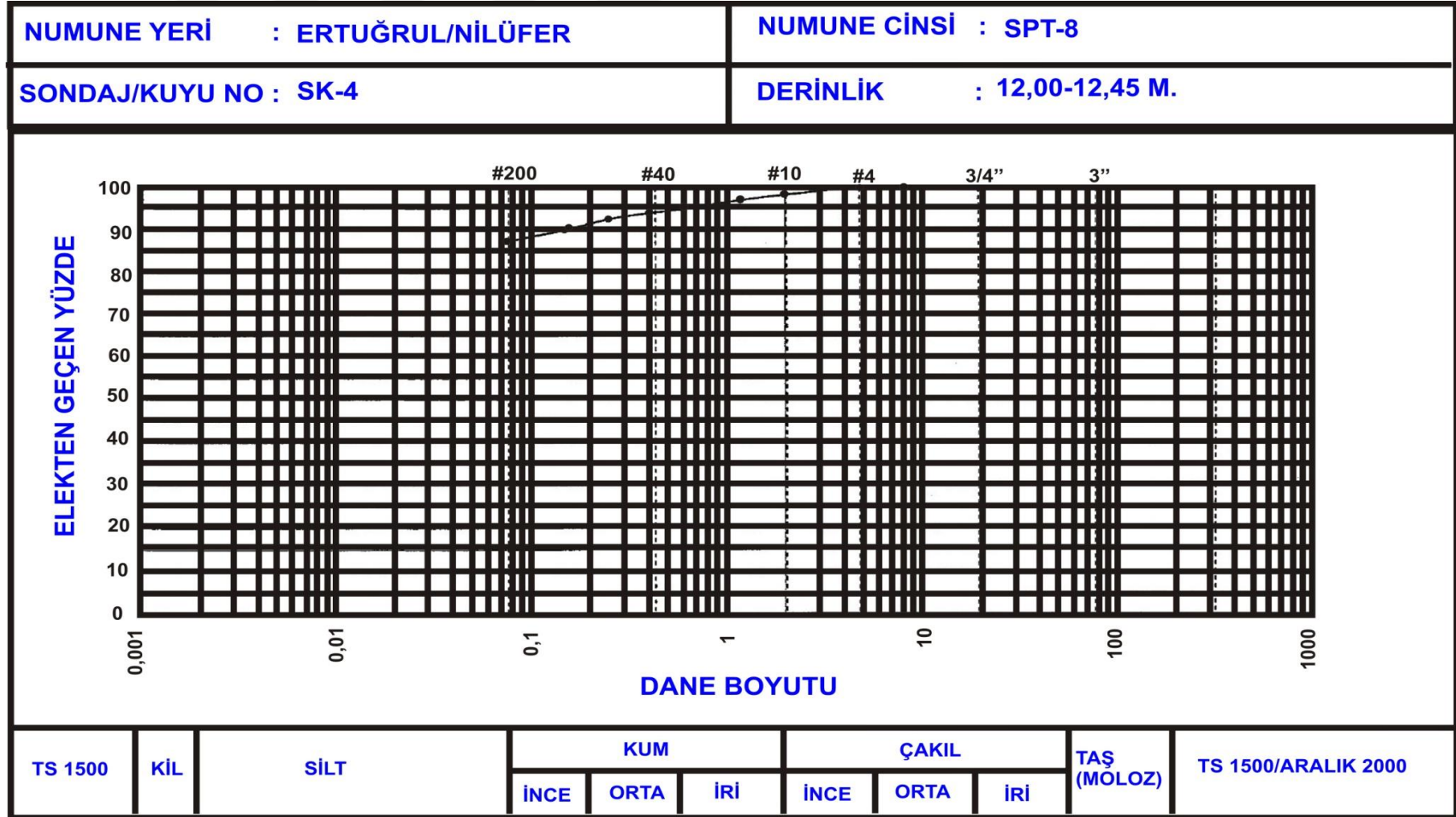
Ek Açıklama-R: SK-4 Konsolidasyon Deneyi Hesapları.

KONSOLİDASYON DENEYİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ											
SONDAJ KUYUSU SK-4											
Numune Cinsi		UD-1		Derinlik		2,50-3,00					
Numunenin Çapı		5.0000 cm		Özgöl Ağırlık		2,58					
Numunenin Boyu		2.0000 cm		Numunenin Yaş Ağırlığı		81,47 gr					
Numunenin Alanı		19.63 cm ²		Numunenin Kuru Ağırlığı		64,91 gr					
2H _o		1,2813									
Tatbik Edilen Basınç kg/cm ²	Oturma cm	Oturma Farkı cm	Numune Yüksekliği cm	Epsilon h/h _o	Boşluk Yüksek hb cm	Boşluk Oranı $\frac{b}{h}$ %	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı kg/cm ²	Sıkışma Katsayısı a _v cm ² /kg	Hacimsel Sıkışma M _v cm ² /kg	Es 1/M _v kg/cm ²
0,0	0,0000		2,0000	0,0000	0,7187	0,5609					
		0,0000					0,0000	0,5093	0,0000	0,0000	0,0000
0,5	0,0000		2,0000	0,0000	0,7187	0,5609					
		0,0110					0,0086	0.5093	0,0169	0,0108	92,5993
1,0	0,0110		1,9890	0,0055	0,7077	0,5523					
		0,0160					0,0125	1,0186	0,0123	0,0079	126,6238
2,0	0,0270		1,9730	0,0135	0,6917	0,5398					
		0,0290					0,0226	2,5465	0,0089	0,0058	173,2485
4,6	0,0560		1,9440	0,0280	0,6627	0,5172					
		0,0630					0,0492	5,0930	0,0097	0,0064	157,1543
9,7	0,1190		1,8810	0,0595	0,5997	0,4680					
		0,0130									
4,6	0,1060		1,8940	0,0530	0,6127	0,4781					
		0,0140									
2,0	0,0920		1,9080	0,0460	0,6267	0,4891					
		0,0120									
1,0	0,0800		1,9200	0,0400	0,6387	0,4984					
		0,0120									
0,5	0,0680		1,9320	0,0340	0,6507	0,5078					

Ek Açıklama-S: SK-4 Granülometri Eğrisi (6,00-6,45 m).



Ek Açıklama-Ş: SK-4 Granülometri Eğrisi (12,00-12,45 m).



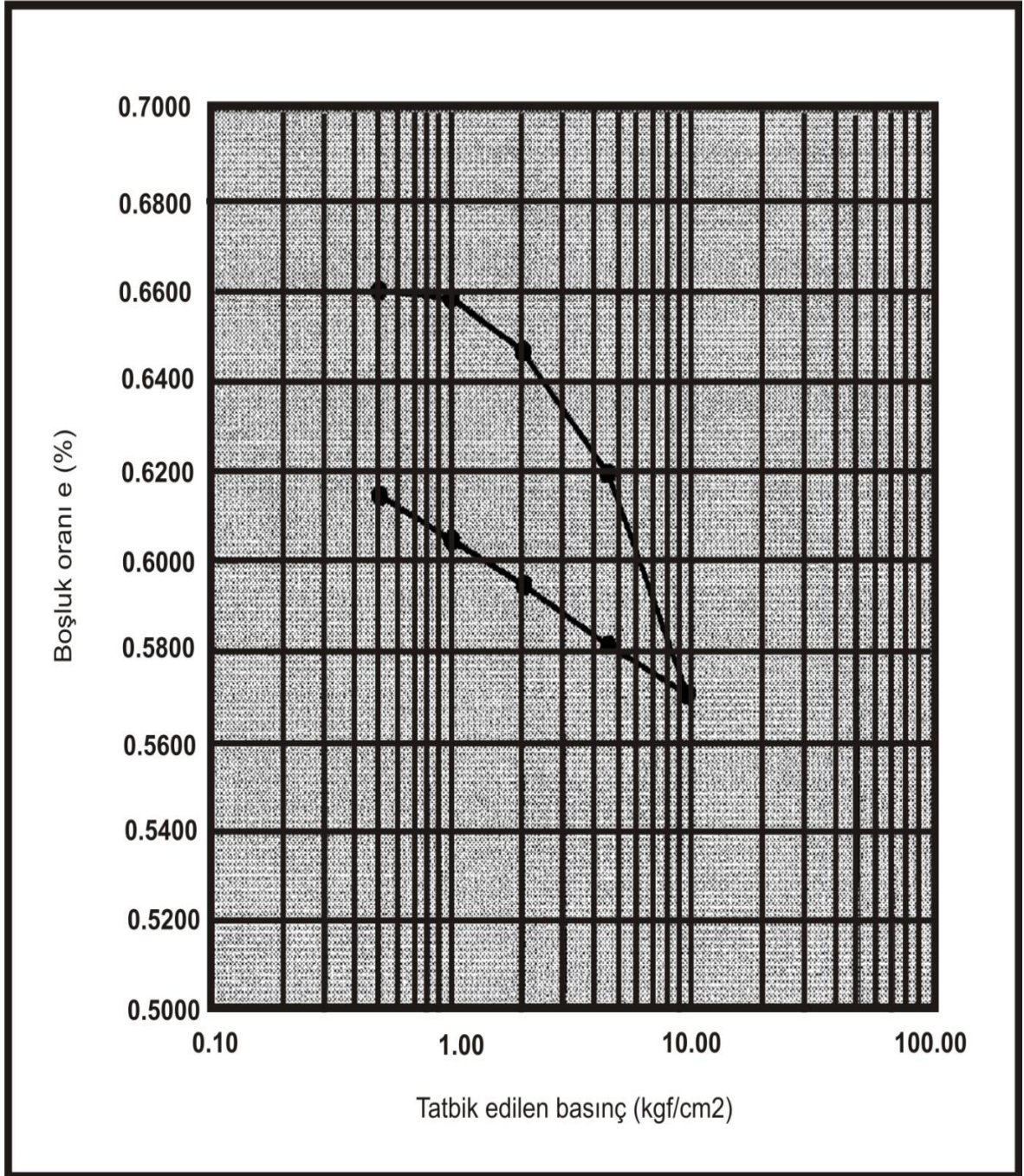
Ek Açıklama-T: SK-4 Granülometri Eğrisi (18,00-18,45 m).

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER			NUMUNE CİNSİ : SPT-12																						
SONDAJ/KUYU NO : SK-4			DERİNLİK : 18,00-18,45 M.																						
ELEKTEN GEÇEN YÜZDE <table><thead><tr><th>DANE BOYUTU</th><th>ELEKTEN GEÇEN YÜZDE</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.075 (#200)</td><td>80</td></tr><tr><td>0.15 (#100)</td><td>85</td></tr><tr><td>0.3 (#60)</td><td>90</td></tr><tr><td>0.6 (#30)</td><td>92</td></tr><tr><td>1.18 (#15)</td><td>94</td></tr><tr><td>2.5 (#60)</td><td>96</td></tr><tr><td>4.75 (#30)</td><td>97</td></tr><tr><td>7.5 (#20)</td><td>98</td></tr><tr><td>15 (#10)</td><td>99</td></tr></tbody></table> DANE BOYUTU						DANE BOYUTU	ELEKTEN GEÇEN YÜZDE	0.075 (#200)	80	0.15 (#100)	85	0.3 (#60)	90	0.6 (#30)	92	1.18 (#15)	94	2.5 (#60)	96	4.75 (#30)	97	7.5 (#20)	98	15 (#10)	99
DANE BOYUTU	ELEKTEN GEÇEN YÜZDE																								
0.075 (#200)	80																								
0.15 (#100)	85																								
0.3 (#60)	90																								
0.6 (#30)	92																								
1.18 (#15)	94																								
2.5 (#60)	96																								
4.75 (#30)	97																								
7.5 (#20)	98																								
15 (#10)	99																								
TS 1500	KİL	SİLT	KUM			ÇAKIL			TAŞ (MOLOZ)	TS 1500/ARALIK 2000															
			İNCE	ORTA	İRİ	İNCE	ORTA	İRİ																	

Ek Açıklama-U: SK-2 Konsolidasyon Deney Grafiği.

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER
SONDAJ/KUYU NO : SK-2
ŞİŞME BASINCI : 0,0917 kg/cm2

NUMUNE CİSİ : UD-1
DERİNLİK : 2,50-3,00
ÖZGÜL AĞIRLIK: 2,58

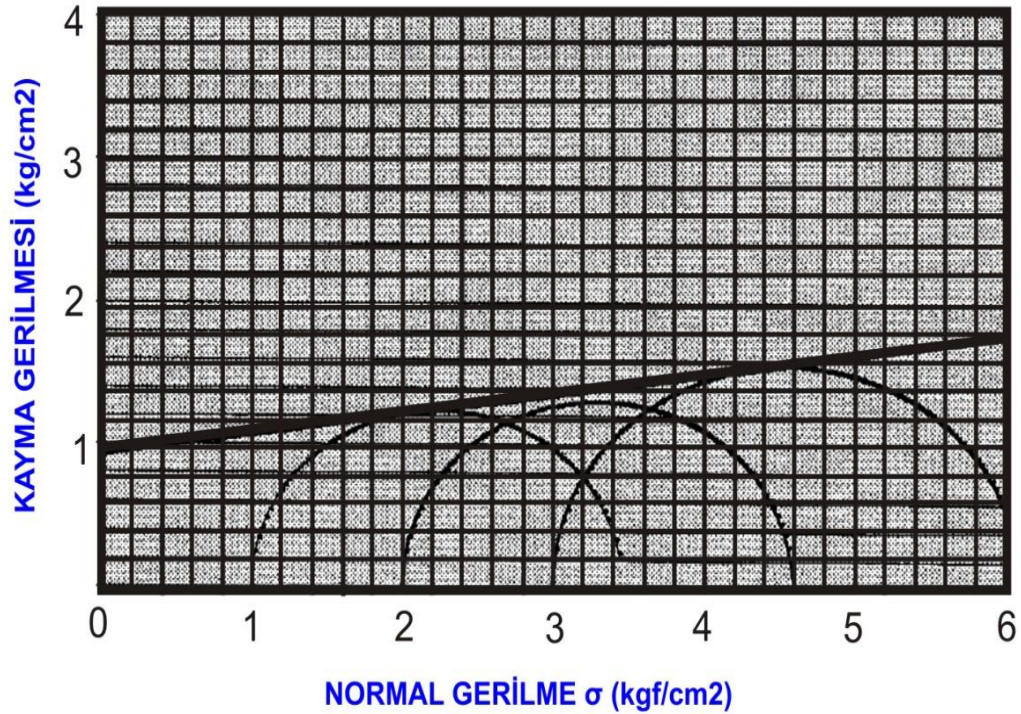


Ek Açıklama-Ü: SK-2 Üç Eksenli Basınç Deneyi.

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER NUMUNE CİSİ : UD-1
SONDAJ/KUYU NO : SK-2 DERİNLİK : 2,50-3,00

NUMUNENİN		A	B	C
BOYU	(cm)	7,6	7,6	7,6
ÇAPI	(cm)	3,8	3,8	3,8
YÜKLEME HIZI	(mm/dak.)	1	1	1
HÜCRE BASINCI σ_3	(kgf/cm ²)	1	2	3
DEVİYATÖR GERİLME Δp	(kgf/cm ²)	2,47	2,60	3,11
KIRILMA GERİLMESİ $\sigma_1 = \Delta p + \sigma_3$	(kgf/cm ²)	3,47	4,60	6,11
P: $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$		2,2	3,3	4,6
q: $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$		1,2	1,3	1,6

KOHEZYON (c) 0,93 kgf/cm²
İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI 8 Φ°

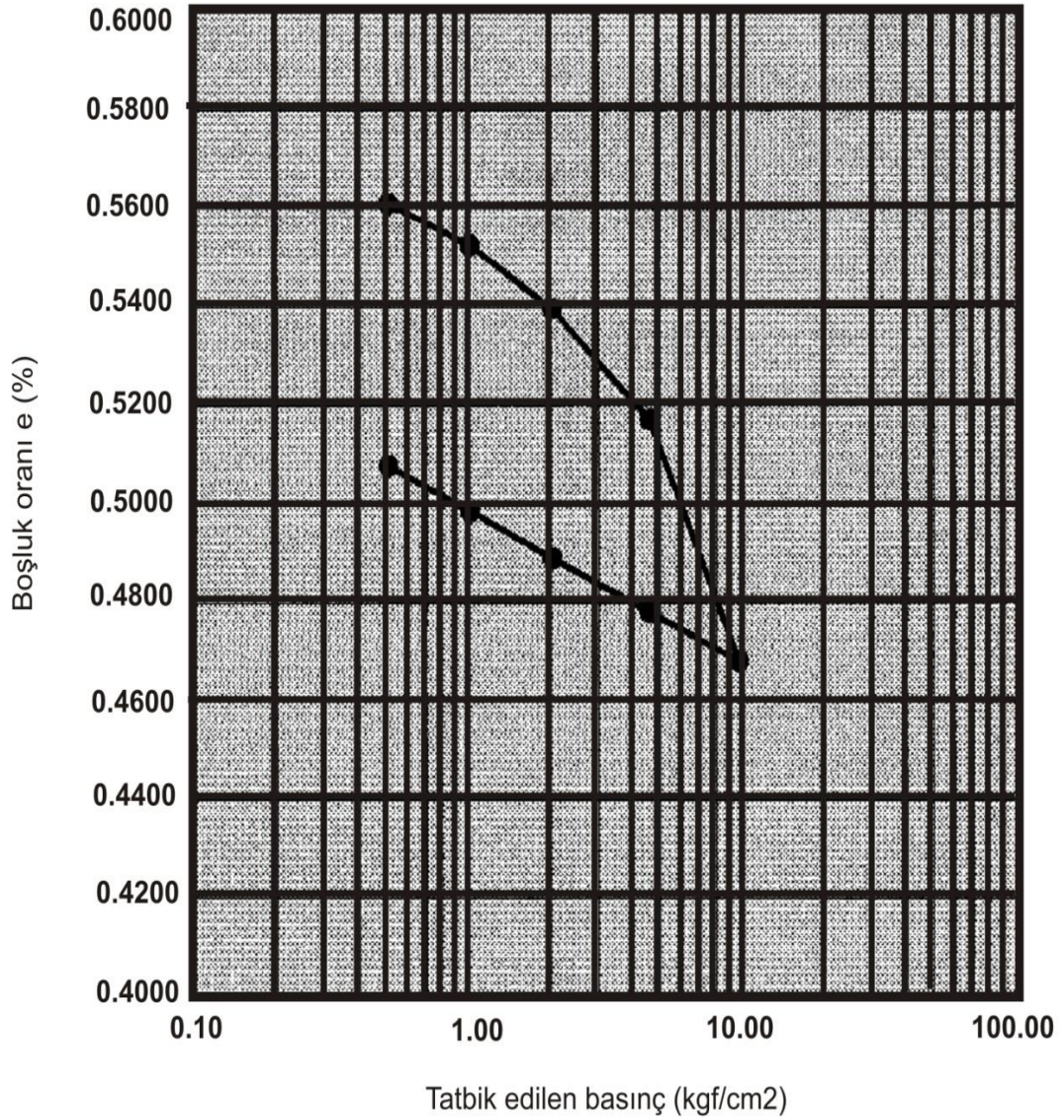


Ek Açıklama-V: SK-4 Konsolidasyon Deney Grafiği.

NUMUNE YERİ
SONDAJ/KUYU NO
ŞİŞME BASINCI

: ERTUĞRUL/NİLÜFER
: SK-4
: 0,0611 kg/cm2

NUMUNE CİSİ : UD-1
DERİNLİK : 2,50-3,00
ÖZGÜL AĞIRLIK: 2,58

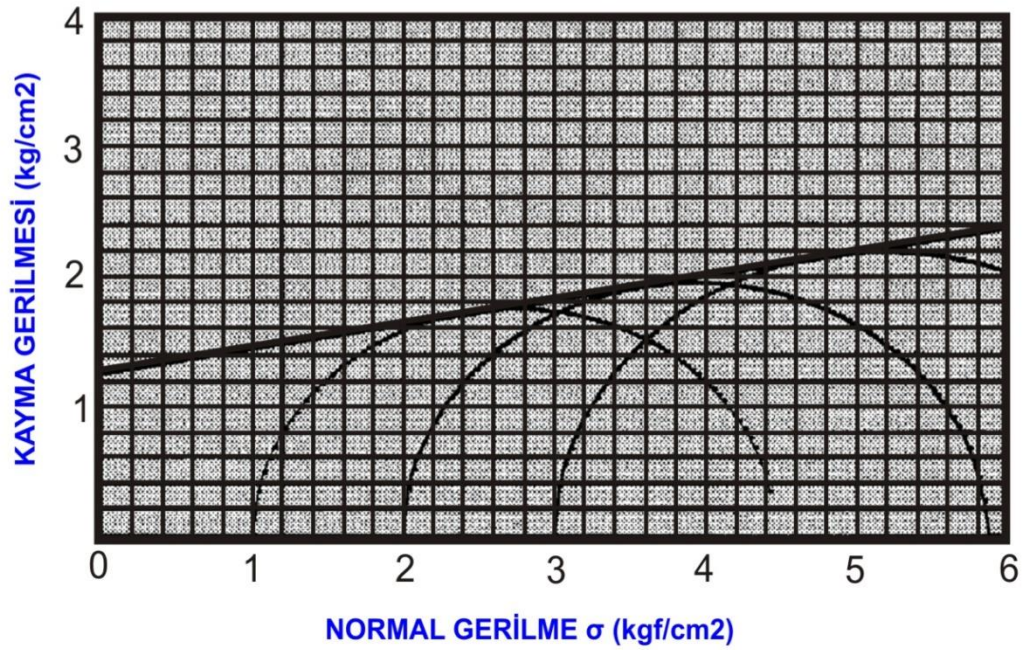


Ek Açıklama-Y: SK-4 Üç Eksenli Basınç Deneyi.

NUMUNE YERİ : ERTUĞRUL/NİLÜFER NUMUNE CİSİ : UD-1
SONDAJ/KUYU NO : SK-4 DERİNLİK : 2,50-3,00

NUMUNENİN		A	B	C
BOYU	(cm)	7,6	7,6	7,6
ÇAPI	(cm)	3,8	3,8	3,8
YÜKLEME HIZI	(mm/dak.)	1	1	1
HÜCRE BASINCI σ_3	(kgf/cm ²)	1	2	3
DEVİYATÖR GERİLME Δp	(kgf/cm ²)	3,47	3,87	4,35
KIRILMA GERİLMESİ $\sigma_1 = \Delta p + \sigma_3$	(kgf/cm ²)	4,47	5,87	7,35
P: $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$		2,7	3,9	5,2
q: $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$		1,7	1,9	2,2

KOHEZYON (c) 1,26 kgf/cm²
İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI 10 Φ°



Açıklama-Z: Deney Sonuçları Özet Raporu.

[illegible]