

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRIKKALE İLİ BAHÇELİEVLER VE FABRİKALAR MAHALLELERİNİN
GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Y. BÜLENT SÖNMEZER

ARALIK 2009

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürünün onayı.

.../.../.....

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ

Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR

ÖZET

KIRIKKALE İLİ BAHÇELİEVLER VE FABRİKALAR MAHALLELERİNİN GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

SÖNMEZER, Y. Bülent

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

Aralık 2009, 164 sayfa

Bu tez kapsamında Kırıkkale İli Bahçelievler mahallesi ve Fabrikalar mahallesinin Geoteknik incelemesi yapılmıştır. Bölge kuvaterner yaşlı nehir sedimanlarından oluşmuş yer altı su seviyesi yüksek çakıllı, kumlu, killi birimlerden meydana gelmiş, Kırıkkale ilinin en problemlili zeminlerinden biridir. Bu nedenden dolayı tez kapsamında bu bölgenin geoteknik incelemesinin yapılması tercih edilmiştir.

Bölgede Altundağ Mühendislik ve Aks Yapı Geoteknik tarafından yapılan jeoteknik amaçlı 21 adet sondajdan yararlanılmıştır. Sondajlarla yeraltı su seviyesi belirlenmiştir. Laboratuvar sonuçlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda bölgenin “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” hükümleri

gereğince yerel zemin sınıfı, Terzaghi taşıma gücü teorisine göre değişik temel ve temel derinliklerinde taşıma gücü hesapları yapılmıştır. Konsolidasyon oturmaları belirlenmiştir.. Ayrıca kumlu zeminlerde dinamik(deprem) etki sonucu oluşacak sıvılaşma değişik magnitud değerlerine göre Seed ve Idriss yöntemi (Yaklaşık yöntem) ile tespit edilmiştir. Ayrıca sıvılaşma sonucu meydana gelecek oturmalar, Tokimatsu ve Seed yöntemine göre belirlenmiştir.

Bölgede tüm deprem senaryolarında sıvılaşma eğilimi görülmüştür ve sıvılaşma sonucu oturmalar kabul edilebilir sınırların üstündedir. Killi bölgelerde konsolidasyon oturmaları makul sınırlardadır. Bölgenin taşıma gücü ortalama değerlerdedir.

Anahtar Kelimeler: Kırıkkale İli, Bahçelievler mahallesi, Fabrikalar mahallesi,

Konsolidasyon oturması, Geoteknik özellik, Taşıma gücü,

Sıvılaşma

ABSTRACT

AN EVALUATION OF GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS IN THE FABRIKALAR AND BAHÇELIEVLER AREA IN KIRIKKALE

SÖNMEZER, Y. Bülent

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, M, Sc, Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

December 2009, 164 pages

In this thesis, a geotechnical investigation in the Bahcelievler and Fabrikalar neighborhoods of Kırıkkale was performed.

For this purpose, underground water levels were identified from 21 wells drilled in the region. Using laboratory results local soil classes were determined in accordance with "The Regulations for Earthquake Areas for Construction of 2007." The bearing capacity of soils for different foundations at different depths were obtained using the Terzaghi bearing capacity theory. In the drilling region, consolidation settlements were calculated using the Terzaghi one-dimensional consolidation theory. Also, the liquefaction risk that was assessed using different dynamic (earthquake) impact scenarios in sandy soils with the method proposed by

Seed and Idriss(1971). Settlements due to liquefaction were calculated with the method by Tokimatsu and Seed.

The study results indicate that the study region tends to have liquefaction risk for all earthquake scenarios used in the study. The results also show that settlements due to liquefaction are in the acceptable limits. The consolidation settlements in areas with clay soils are found reasonable rangers. The bearing capacity of the region generally is in the acceptable range.

Keywords: Kırıkkale city, Bahcelievler neighborhood, Fabrikalar neighborhood, geotechnical characteristic, consolidation settlement, bearing capacity, liquefaction.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmayı hazırlarken benden yardımlarını esirgemeyen bana her türlü imkan ve olanağı sağlayan danışman Hocam Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ'a laboratuvar ve sondaj sonuçlarında yardımcı olan Altundağ Mühendislik'ten Esra ALTUNDAĞ'a, Aks Yapı Geoteknik'ten İsmail Aksun'a ve ismini burada yazamadığım tezimin oluőumunda katkısı olan herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynakların Özeti	2
1.1.1. Çalışmanın amacı	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1. İnceleme Alanının Tanıtılması	5
2.1.1. İmar Planı Durumu	5
2.1.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji	5
2.1.3. Afet ve Deprem Durumu.....	7
2.1.4. Genel Jeoloji	8
2.1.4.1. Alüvyon.....	9
2.1.4.2. Örtü Birimleri	10
2.1.4.3. Bazalt	11
2.1.4.4. Filiş	11
2.1.4.5. Granit	11
2.1.4.6. Ofiyolitler.....	12
2.1.5. Yapısal Jeoloji ve Tektonik.....	12

2.1.5.1. Kıvrımlar	12
2.1.5.2. Bindirmeler.....	12
2.1.5.3. Faylar.....	13
2.2. Standart Penetrasyon Deneyi.....	15
2.3. Laboratuar Çalışmaları.....	19
2.3.1. Tabii Su Muhtevası.....	20
2.3.2. Birim Ağırlık Tayini	20
2.3.3. Elek Analizi.....	20
2.3.4. Atterberg Limitlerinin Saptanması	22
2.3.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi.....	23
2.3.6. Konsolidasyon Deneyi	24
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	26
3.1. Sondaj Araştırmaları ve Arazi Deneyleri	26
3.1.1. Sondajlar	26
3.1.2. Örselenmemiş Numune(UD).....	30
3.1.2.1. Bahçelievler Mahallesi SPT Sonuçları	31
3.1.2.2. Fabrikalar Mahallesi SPT Sonuçları	41
3.2. Sıvılaşma	52
3.2.1. Devirsel Gerilme Yaklaşımı ile Sıvılaşma Analizi	54
3.2.1.1. Deprem Yüklerinin Tanımlanması	55
3.2.1.2. Sıvılaşma Direncinin Tanımlanması.....	57
3.2.1.3. Sıvılaşma başlangıcının belirlenmesi.....	59
3.2.1.4. Sıvılaşma analizi için işlem adımları	60
3.2.1.5. Sıvılaşma sonucu oturma	61
3.2.1.6. Sıvılaşma ve Sıvılaşmaya Bağlı Oturma Analiz Sonuçları	63

3.3. Zeminde Oturma	63
3.3.1. Konsolidasyon Oturması.....	65
3.4. Zemin Taşıma Gücü.....	68
3.5. Depremsellik.....	79
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	82
KAYNAKLAR.....	86
EK-1 Sondaj Logları.....	88
EK-2 Sıvılaşma ve Sıvılaşmaya Bağlı Oturma Analiz Sonuçları.....	110

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. Kırıkkale Bölgesi İçin Uzun Senelerin Aylık Ortalama Sıcaklık ve Yağışları ..	6
2.2. SPT Düzeltmeleri.....	17
2.3. Killi Zeminlerde Darbe Kıvam İlişkisi	18
2.4. Kumlu Zeminlerde SPT-N ve Rölatif Sıklık İlişkisi.....	18
2.5. Standart Penetrasyon N Sayıları İle Zeminlerin Dayanımı Rölatif Sıklık ve Birim Hacim Ağırlık Değerleri Arasındaki İlişkiler	19
2.6. Kohezyonlu Zeminlerin Kıvamlılık İndisine Göre Sınıflandırılması	22
2.7. Kohezyonlu Zeminlerin Plastisite İndisine Göre Sınıflandırılması.....	22
2.8. Kohezyonlu Zeminlerin Likitlilik İndisine Göre Sınıflandırılması	23
3.1. Bahçelievler Mahallesi sondaj derinlikleri ve koordinatları	26
3.2. Fabrikalar Mahallesi sondaj derinlikleri ve koordinatları	28
3.3. Sk-1 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	31
3.4. Sk-2 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	32
3.5. Sk-3 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	33
3.6. Sk-4 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	34
3.7. Sk-5 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	35
3.8. Sk-6 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	36
3.9. Sk-7 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi.....	37
3.10. Sk-8 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	38
3.11. Sk-9 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	39
3.12 Sk-10 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	40
3.13. Sk-11 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	41

3.14. Sk-12 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	42
3.15. Sk-13 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	43
3.16. Sk-14 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	44
3.17. Sk-15 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	45
3.18. Sk-16 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	46
3.19. Sk-17 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	47
3.20. Sk-18 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	48
3.21. Sk-19 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	49
3.22. Sk-20 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	50
3.23. Sk-21 Sondaj Kuyusu SPT Değerleri ve Zemin Cinsi	51
3.24. Sk-1 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerler	70
3.25. Sk-2 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	70
3.26. Sk-3 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	71
3.27. Sk-4 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	71
3.28. Sk-5 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	72
3.29. Sk-6 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	72
3.30. Sk-7 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	73
3.31. Sk-8 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	73
3.32. Sk-9 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	74
3.33. Sk-10 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	74
3.34. Sk-12 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	75
3.35. Sk-13 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	75
3.36. Sk-15 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	76
3.37. Sk-16 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	76
3.38. Sk-17 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	77

3.39. Sk-18 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	77
3.40. Sk-19 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	78
3.41. Sk-20 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	78
3.42. Sk-21 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri	79
3.43. Etkin Yer İvme Katsayısı	80
3.44. Zemin Grupları	80
3.45. Yerel Zemin Sınıfları	81
3.46. Spektrum Karakteristik Periyotları	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. İnceleme Alanı ve Dolayı Yerbulduru Haritası	6
2.2. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	7
2.3. Kırıkkale İli Deprem Haritası	8
2.4. İnceleme Alanı Genel Jeoloji Haritası	10
2.5. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması ve Plastisite Abağı	21
2.6. Üç Eksenli Basınç Deneyi	24
3.1 Bahçelievler Mahallesi Sondaj Lokasyonları	27
3.2 Fabrikalar Mahallesi Sondaj Lokasyonları.....	29
3.3. Sıvılaşma Süreci Sırasında Zemin Taneleri Arasındaki Temas Kuvvetlerinin Yitimi	53
3.4. Birim en kesit alanlı kum kolonunda oluşan kayma gerilmesi(τ_{max}).....	56
3.5. Suya doymun kumlardaki sıvılaşma sonrası hacimsel değişimin DGO ve SPT direnci ile değişimi (Tokimatsu ve Seed, 1987)	62
3.6. Temelerde Uniform ve Farklı Oturma	63

SİMGELER DİZİNİ

SPT	Standart penetrasyon testi
q_u	Serbest basınç mukavemeti
D_r	Rölatif sıklık
ϕ	Kayma mukavemeti açısı
V_s	Kayma dalgası hızı
C_u	Drenajsız kayma mukavemeti
m_v	Hacimsel sıkışma katsayısı
$(N_1)_{60}$	60% enerji oranına göre düzeltilen SPT darbe sayısı
C_N	Üst tabaka yükü düzeltmesi
C_E	Enerji oranı düzeltme katsayısı
C_B	Kuyu çapı düzeltme katsayısı
C_R	Tij boyu düzeltme katsayısı
C_S	Numune alma metodu düzeltme katsayısı
UD	Örselenmemiş numune
I_c	Kıvamlilik indisi
PI	Plastisite indisi
LL	Likit limit
PL	Plastik limit
W	Su muhtevası
I_L	Likitlilik indisi
σ_1, σ_3	Asal gerilmeler
UU	Konsolidasyonsuz dreneajsız deney
e	Boşluk oranı

c	Kohezyon
γ_n	Doğal birim hacim ağırlığı
P	Yükleme basıncı
σ'	Efektif gerilme
DGO	Devirsel gerilme oranı
DDO	Devirsel direnç oranı
a_{max}	Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi
g	Yerçekimi ivmesi
Z	Zemin yüzeyinden itibaren derinlik (m)
r_d	Gerilme azaltma katsayısı
τ_{max}	Maksimum kayma gerilmesini
τ_{ort}	Ortalama kayma gerilmesini
σ'_{v0}	Düşey efektif gerilme
EF	Emniyet faktörü
MDF	Magnitüd düzeltme faktörü
M	Deprem büyüklüğü
ϵ_h	Birim hacim değişimi
S	Oturma miktarı
S_{top}	Zemin yüzeyindeki toplam oturma miktarı
ΔH	Nihai konsolidasyon oturması
Δp	Efektif gerilme artışı
H	Tabakanın kalınlığı
$q_{emniyet}$	Zeminin emniyetli taşıma kapasitesi
D_f	Temel derinliği

B	Temel genişliği
N_c, N_q, N_γ	Taşıma kapasitesi katsayıları
G_s	Emniyet faktörü
A_0	Etkin yer ivme katsayısı
A,B,C,D	Zemin grupları
Z_1, Z_2, Z_3, Z_4	Yerel zemin sınıfları
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotları

1. GİRİŞ

Bir geoteknik incelemenin amacı, inşa edilecek alanın zemin tabakalarını, bu tabakaların mühendislik özelliklerini belirlemek ve bu bilgilere dayalı olarak üst yapı mühendislerince temel tipi, temel derinliği ve gerekiyorsa zemin ıslahı yöntemlerinin belirlenmesidir. Yapılacak her yapı için mutlaka zemin özelliklerinin tespiti amacıyla zemin etüdü yapılmalı ve projelendirme aşamasında dikkate alınmalıdır.

Depremlerin meydana gelmesini günümüz teknolojisiyle engellemek mümkün değildir ancak depremin zararlarını aza indirmek zemin özelliklerinin iyi incelenip araştırılmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu araştırmalar sonucunda, zemin parametreleri tespit edilerek bu parametrelere göre statik hesapların yapılması yapıların depreme karşı daha sağlam ve sağlıklı olması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca zeminlerin sıvılaşması sonucu yapılar ne kadar sağlam olursa olsun istenmeyen etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Bu çalışmada Kırıkkale İli Bahçelievler ve Fabrikalar mahallelerinin zemin parametreleri sondaj ve deneylerle tespit edilmiş, elde edilen bu verilerin bu bölgede yapılacak olan inşaatların statik hesaplarının yapılmasında temel teşkil etmesini sağlamak amaç olarak hedeflenmiştir.

Bu inceleme kapsamında Bölgede Altundağ Mühendislik ve Aks Yapı Geoteknik tarafından yapılan jeoteknik amaçlı 21 adet sondajdan yararlanılmıştır. Bu sondajlardan 10 adedi Bahçelievler mahallesinde, 11 adedi ise Fabrikalar mahallesinde yer almaktadır. Bu sondajlarda arazide SPT (Standart Penetrasyon Testi) deneyleri yapılmış, sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde

laboratuarlarda su muhtevası, elek analizi, birim hacim ağırlığı, kıvam limitleri, üç eksenli basınç, konsolidasyon deneyleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bölgede zeminlerin taşıma gücünü tespit etmek amacıyla Terzaghi taşıma gücü teorisinden faydalanılmıştır. Ayrıca muhtemel bir depremde Bahçelievler ve Fabrikalar mahallerinde sıvılaşmanın tespiti amacıyla Seed ve Idriss⁽³⁾ tarafından önerilen yöntemden faydalanılmıştır.

1.1. Kaynak Özeti

Terzaghi yaptığı çalışmasında bir boyutlu konsolidasyon teorisini ortaya koydu ve konsolidasyon olayının bazı kabullerle basitçe çözülebilmesini öngören bir teori geliştirdi. Terzaghi tarafından yapılan en önemli kabul konsolidasyon olayı ile meydana gelen hacimsel küçülme oranının bir boyutta olan küçülme oranıyla birbirine eşit olduğunu varsaymaktır⁽¹⁾.

Terzaghi yaptığı çalışmasında sonsuz uzunlukta kabul ettiği sürekli bir temel için taşıma gücü formülünü çıkarmıştır⁽¹⁾.

$$q_u = k_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + k_2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

q_u	:Zeminin nihai taşıma kapasitesi
$q_{emniyet}$:Zeminin emniyetli taşıma kapasitesi
c	:Kohezyon
γ	:Zeminin doğal birim hacim ağırlığı
D_f	:Temel derinliği
B	:Temel genişliği
N_c, N_q, N_γ	:Taşıma kapasitesi katsayıları
G_s	:Emniyet Faktörü

Sivrikaya ve Toğrol yaptıkları çalışmalarında son yıllarda kullanılan düzeltilmiş SPT-N değerinin önemini belirtmişler ve SPT kullanılarak, q_u gibi ince

daneli zeminlerin mühendislik özelliklerinin büyük bir doğrulukla belirlenebileceğini göstermişlerdir⁽²⁾.

Seed ve Idriss yaptıkları çalışmalarında geliştirdikleri yaklaşık yöntem sıvılaşma analizinde standart olarak kabul edilmiştir. Yöntem, arazi gözlemleri ve arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen verilerle geliştirilen, ampirik bir hesap yöntemidir. Kum kaynaması, yüzey çatlakları veya yanal yayılma görülen zeminlerde sıvılaşmanın olduğu kabul edilerek toplanan veriler, çoğunlukla düz yüzeyli ve sığ derinliklerdeki (<15 m) alüvyon ve nehir sedimentlerinden alınmıştır. Orijinal yöntem bu arazi şartları için geliştirilmiş olup, sadece bu şartlarda uygulanabilir⁽³⁾.

Seed ve Idriss yaptıkları çalışmalarında SPT-N değerlerinin üst tabaka yüküyle birlikte artış göstermeye başladığını, Bu nedenle, darbe sayısına üst tabaka yükü düzeltilmesi uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir⁽³⁾.

Palacios ve Schmertmann yaptıkları çalışmalarında SPT deneyi sonucunda elde edilen değerlerde bir standardın yakalanabilmesi için, SPT sonucunu etkileyen faktörlerin ortak kabul gören bir düzeltmeden geçirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ve aşağıdaki formülü geliştirmişlerdir⁽⁴⁻⁶⁾.

$$(N_1)_{60} = N C_N C_E C_B C_R C_S$$

N = ölçülen SPT darbe sayısı

C_N = üst tabaka yükü düzeltmesi

C_E = enerji oranı düzeltme katsayısı

C_B = kuyu çapı düzeltme katsayısı

C_R = tij boyu düzeltme katsayısı

C_S = numune alma metodu düzeltme katsayısıdır.

Youd vd yaptıkları çalışmalarında SPT sonuçlarını etkileyen faktörleri ve bunlar için gerekli düzeltme katsayılarını belirlemişlerdir⁽⁷⁾.

Tokimatsu ve Seed (1987) yaptıkları çalışmalarında suya doymun kumlardaki oturma hesabı için SPT düzeltilmiş darbe sayısı ve DGO arasındaki ilişkiyi kullanmışlardır⁽⁸⁾.

1.1.1. Çalışmanın amacı

Geoteknik mühendisliği açısından tüm projelerde üç önemli kriter daima göz önünde bulundurulur. Bunlar taşıma gücü kapasitesinin sağlanması, oturma kriterlerinin güvenilir sınır değerler arasında kalması ve sıvılaşma riskinin değerlendirilmesidir. Bu bağlamda konsolidasyon oturma, sıvılaşma sonucu oturma, sınır taşıma gücü sıvılaşma oluşumu, sıvılaşmayı tetikleyen faktörler, sıvılaşma sonucundaki etkiler, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen depremin sebep olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri ve zeminin buna karşı dayanımına bağlı hesap yöntemleri ve analizleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Bölgede yapılan sondajlarda SPT deneyleri yapılmış sondajlardan alınan numuneler üzerinde üç eksenli basınç deneyi, konsolidasyon deneyi, elek analizi, su muhtevası, doğal birim ağırlık, kıvam limitleri deneyleri yapılarak Kırıkkale İlının Bahçelievler ve Fabrikalar mahallelerinin yerel zemin sınıfı, sıvılaşma potansiyeli, oturma durumu, emniyetli taşıma kapasitesi, değerlendirilmiştir.

Sıvılaşma potansiyelinin mevcut olduğu bölgelerde olası zararların önlenmesi amacıyla yapılabilecek zemin iyileştirme yöntemlerine çalışma kapsamında değinilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı Kırıkkale İlinin Bahçelievler ve Fabrikalar mahallelerini içermektedir. İnceleme alanının yer bulduru haritası Şekil 2.1’de verilmiştir.

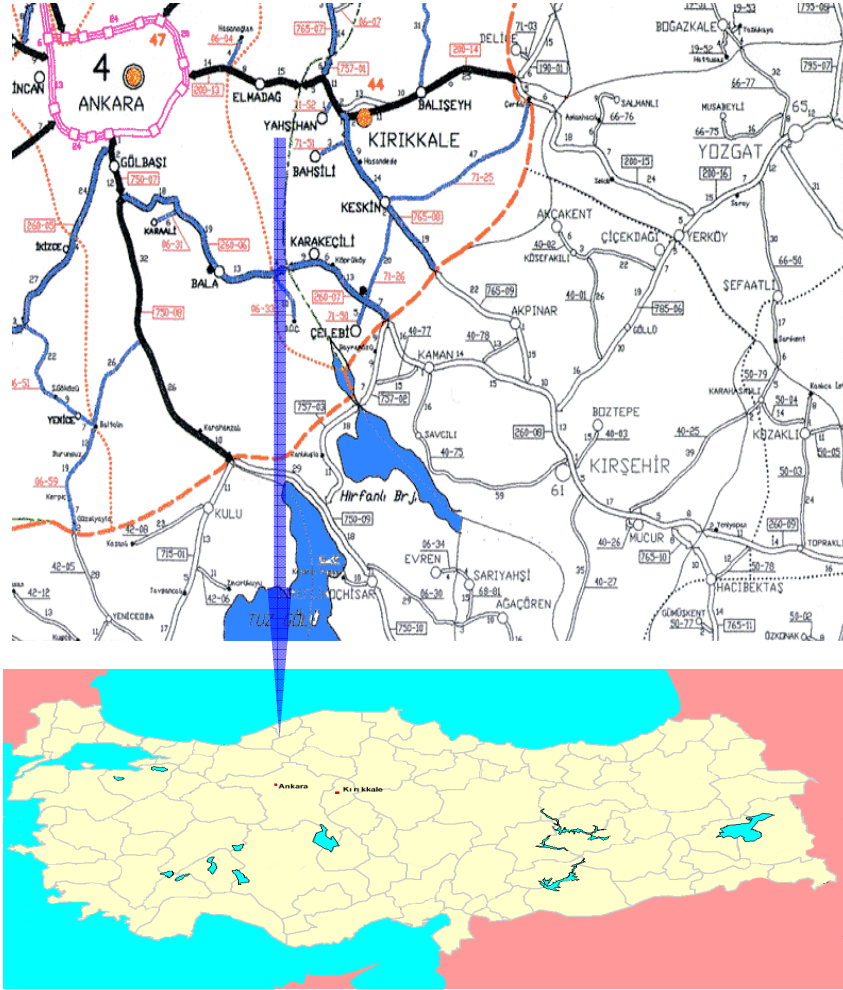
2.1.1. İmar Planı Durumu

İnceleme alanının tamamı imar planı içerisinde bulunmaktadır.

2.1.2. Coğrafi Konum Ve Morfoloji

İnceleme alanı, Kırıkkale ili sınırları içinde bulunup, karasal iklim şartları hüküm sürmektedir. Karasal iklimin özelliği olan Haziran ayından başlayan ve 4 aylık kuraklık dönemi, Ekimden başlayan 7 aylık yağış dönemi sahamızın iklim şartlarına aynen uymaktadır. En çok yağış ilkbahar ve kış mevsimlerinde gözlenmektedir. Bu mevsimlerde cephe sistemlerine bağlı olarak gözlenen yağışlar, yaz aylarında yerini lokal yağışlara bırakmaktadır. İnceleme alanında heyelan, kaya düşmesi, su baskını, feyzan gibi doğal afetlere karşı bir sakınca yoktur.

İnceleme sahasında orta Anadolu’nun tipik karasal iklimi hüküm sürmektedir. Yağışlar genellikle azdır (384 mm) ve bunun mevsimlere dağılışı da düzensizdir. Ortalamalara göre mevsimlerin yağış payı şöyle gösterilebilir. Kış ve ilkbahara düşen paylar eşittir (% 33,5) . Sonbahar (% 19) ve yazın en düşüktür (% 14) . Kış yağışlarının büyük bir kısmı kar şeklindedir. Kar yağışlı günlerin ortalama sayısı 15 , kar örtüsü bulunan günlerin sayısı ise 22 dir. Kırıkkale ‘de yağışlı günlerin ortalama sayısı 70 dir. Kırıkkale Bölgesi için uzun senelerin ortalama sıcaklık ve yağışları Çizelge 2.1’ de verilmiştir⁽⁹⁾.



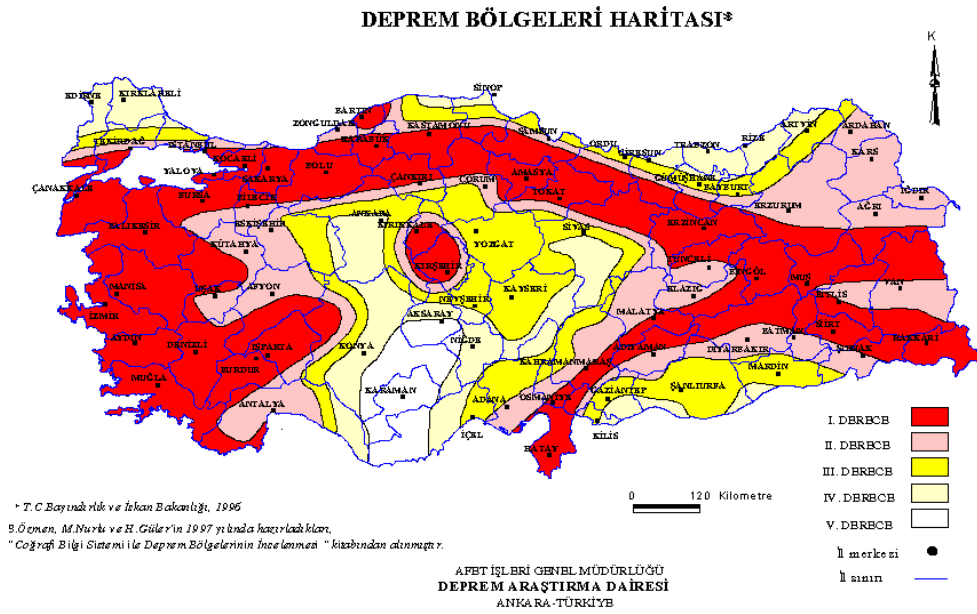
Şekil 2.1 İnceleme alanı ve dolaylı yerbulduru haritası

Çizelge 2.1 Kırıkkale bölgesi için uzun senelerin aylık ortalama sıcaklık ve yağışları

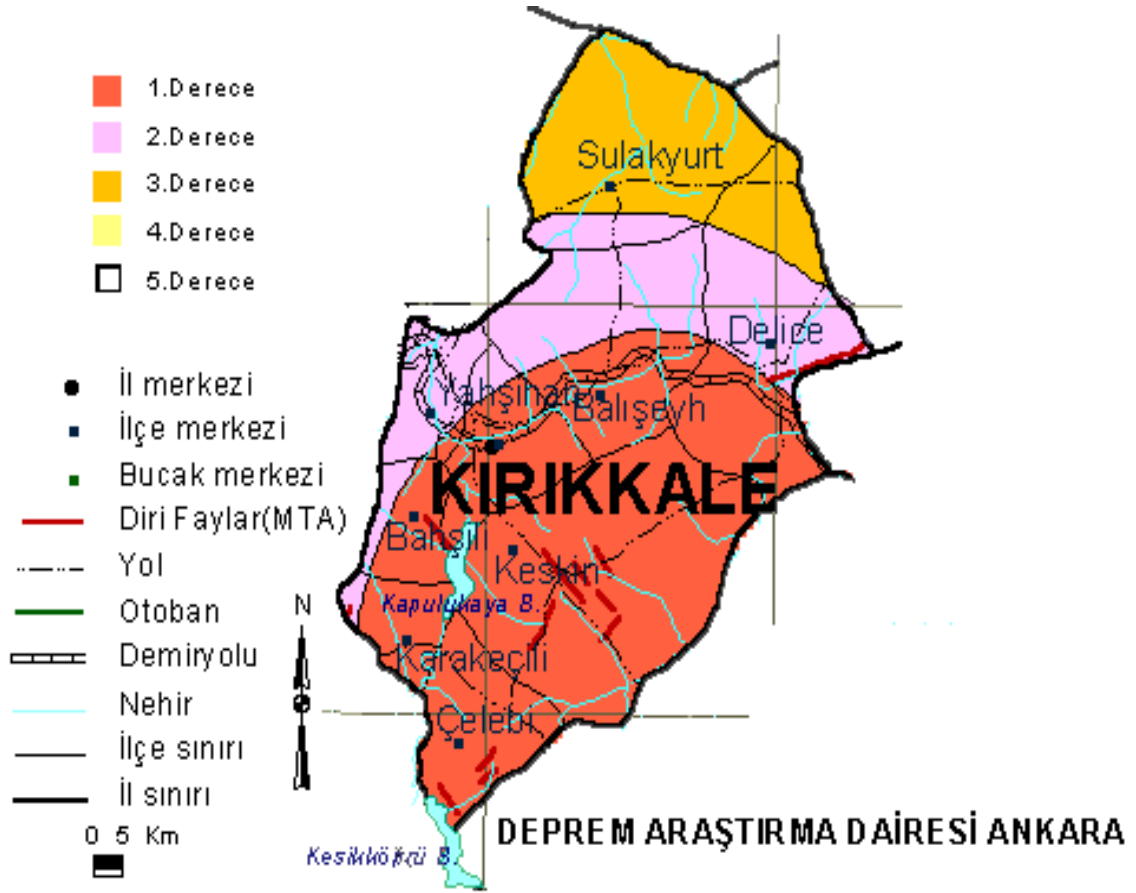
AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Yağış (mm)	39,0	27,1	32,8	50,1	55,5	40,0	13,3	9,9	11,3	30,3	31,4	43,7	384,4
Sıcaklık t °C	0,6	2,3	6,6	12,2	16,8	21,1	24,5	24	19,5	13,5	6,7	2,3	

2.1.3. Afet ve Deprem Durumu

Kırıkkale İli ve yakın çevresinin 1. derece deprem bölgesi içinde olduğu Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'de görülmektedir. Buna göre zemin durumu 2007 deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik hükümleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.



Şekil 2.2 Türkiye deprem bölgeleri haritası



Şekil 2.3 Kırıkkale İli deprem haritası

2.1.4. Genel Jeoloji

Kırıkkale İlinde Mesozoyik ve Alt Tersiyer boyunca egemen olan denizel koşullar, Alpin orojenezinin Anadolu fazında sedimanter seriler ve ofiyolitli karmaşık ve karışıkların kıvrılması sonucunda karasal koşullara dönüşmüş ve oluşan

yükseltilerin aşınıp taşınması ve birikmesi ile Neojen'den itibaren karasal düzlükler oluşmaya başlamıştır.

Bölge epirojenik hareketlerle yükselmiş ve bugünkü Neojen – Pliyosen aşınım düzlükleri oluşmuştur. Kırıkkale ili çevresinde Kızılıрмаğın hemen doğusunda yer alan, hafif dalgalı Neojen ve Pliyosen yüzeyde çok az olsa da aşınmamış bazaltları görmekteyiz.

Kırıkkale ve çevresinin genel jeoloji haritası Şekil 2.4'de verilmiştir. Yörede temel kaya birimi olarak Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Mesozoyik yaşlı ofiyolitli seriler (Mof) ile granitli birimler (γ) gözlenmektedir. Ayrıca Kırıkkale'nin batı kesimine doğru gidildikçe Eosen yaşlı fılışlı (Ef) serilerden malzeme almış ve akarsu ile göl ortamlarında oluşmuş, çakıl kum kil karışımından meydana gelen Neojen(n) yaşlı karasal çökeller mostra vermektedir. Kırıkkale'nin batı kesiminde yer alan Kızılırmak vadisi yayvan bir ova tabanı niteliğindedir. Kızılıрмаğa dökülen Kırıkkale'yi doğu batı istikametinden kat eden ve yer altı suyu bakımından zengin Çoruh Özü havzası bulunmaktadır. Bu iki alanda jeolojik olarak akarsu çökelleri olan Kuvaterner yaşlı güncel oluşuklar olan Alüvyon çökeller (Qy) gözlenmektedir. Kırıkkale ve çevresinde yer alan birimler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir⁽⁹⁾.

2.1.4.1. Alüvyon

Genel olarak çakıl kum – az miktarda da kil ve silt birimlerinin karışımlarından oluşmaktadır. Gevşek bir zemindir. Ayrıca birim içerisinde yer altı suyu ihtiva ettiğinden killi ve siltli malzemeler şişme özelliği gösterir. Bundan dolayı yapılarda oturma ve kayma problemleri oluşmaktadır. Zemin sıvılaşması görülebilir. Genelde bütün dere yataklarında ve özellikle Çoruhözü deresi boyunca izlenir.

2.1.4.3. Bazalt

Birim volkaniktir. Gözenekli, siyah renkte yer yer çatlaklı izlenir. Kırıkkale çevresinde merkeze bağlı Çullu kasabasında izlenmektedir. Kayalık zeminleri oluşturur. Çatlak sistemlerinden çıkan kaynak suları yumuşak sular olup memba suyu niteliğindedir.

2.1.4.4. Filiş

Birim derin denizlerde birikmiş ve çökelmiş malzemelerden oluşmaktadır. Konglomera, kumtaşı, kiltası ve kireçtaşlarından meydana gelir. İyi tutturulmuş sıkılaştırılmış ve başkalaşım geçirmiştir. Birim içerisinde kumtaşı, konglomera ve kiltası ardalanması gayet net bir şekilde gözlenir. Üst seviyelerinin aşınmadığı bölgelerde kireçtaşları birimi örter. Kıvrımlı bir yapı özelliği gösterir. Yaygın olarak Yahşihan ilçesi, Yenişehir mahallesi kuzeyinde, Kırıkkale Üniversitesi çevresinde ve kuzeyinde net şekilde izlenmektedir. Ayrıca Ahılı beldesinde ve Bahşılı ilçesinin batı kesiminde izlenmektedir.

2.1.4.5. Granit

Birim yer altındaki mağmanın yüzeye yakın bölgelerde soğuması ile oluşmuştur. Granitler ve granitik kayalar kristalli bir yapı özelliği gösterirler. Çatlak sistemleri bulunmasına rağmen derine doğru kapanır ve geçirimsiz bir özellik gösterir. Sert kayalıkları oluşturur.

Yaygın olarak Yahşihan ilçesi doğusunda, Bahşılı ilçe merkezinde, Kırıkkale'nin kuzeyinde Karacalı köyü ile Kırık köyü mevkiğinde Ahılı beldesinin doğusu ile Kırıkkale – Ahılı beldesi arasında izlenir. Çatlak sistemlerinin geliştiği

alanlarda kaynaklar oluşmuştur. Kaynaklar memba suyu özelliği gösterirler. Genelde geçirimsiz masif kayalıklardır. Yapılaşma için gayet iyi bir zemindir.

2.1.4.6. Ofiyolitler

Birim derin denizlerde birikmiş ve çökelmiş malzemelerin sıcaklık ve basınç etkisiyle başkalaşıma uğraması ile oluşmuştur. Sıcaklığın ve basıncın etkisiyle kristalli ve sık kıvrımlı bir yapı olarak gözlenir. Birimi serpantinler, radyolaritler ve kireçtaşları oluşturur. Genelde genç birimler üzerine bindirme şeklinde izlenir. Yaygın olarak Kılıçlar, Bedesten ve Irmak beldesinde net bir şekilde gözlenir. İçerisinde poroziteli ve çatlaklı kayalarda yer altı suyu içerebilir. Genelde geçirimsiz bir zemindir. Serpantinlerden elde edilen içme suları memba kalitesindedir. Yapılaşma için gayet iyi bir zemindir.

2.1.5. Yapısal Jeoloji ve Tektonik

2.1.5.1. Kıvrımlar

Kırıkkale il sınırları içerisinde jeolojik dağ oluşumları (Alpin orojenezinin Anadolu fazı) esnasında antiklinaller ve senklinaller oluşmuştur. Bu kıvrımlar Hodar (Çamlıca) köyünün güneyinden başlayarak Organize Sanayi bölgesi, üniversite yerleşim alanından Hacıballı köyüne doğru uzanır. Bu kıvrımlı yapılar güneybatı – kuzeydoğu istikametinde Eosen filişlerinin kıvrımlı yapılarıdır.

2.1.5.2. Bindirmeler

Kırıkkale ilinin batı kesiminde Kılıçlar beldesi, Irmak beldesinin bulunduğu alanlarda jeolojik olarak ofiyolitli birimler izlenmektedir. Bu birim kendinden daha genç bir birim olan Eosen yaşlı filişler üzerine bindirme şeklinde geldiği açık şekilde

izlenmektedir. Bindirme fayı da denilen bu yapı Bedesten köyünden başlayarak Kılıçlar beldesi Hacıballı, Keçili köyünün batısından geçerek Ortaköy ve Kuru köyüne kadar güneybatı-kuzeydoğu istikametinde uzanır. Bu yapı tektonik bir fay olmayıp, stratigrafik bir oluşumdur.

Keskin ilçesinde bulunan yaşlı birimlerden olan metamorfit, kireçtaşı, dolomit ve mermerlerin daha genç birimler üzerine bindirme şeklinde gelmektedir. Bunlar tektonik pencere şeklindedir. Ayrıca bu birim içerisinde asidik magmanın yükselmesi ile ters faylanma meydana gelmiştir. Aynı şekilde Gülkonak (Maşat) köyü yerleşim alanında tektonik pencere ve ters faylanma gözlenmektedir.

2.1.5.3. Faylar

Kırıkkale ili merkezine yakın olan faylanmalar Delice ilçesinde izlenir. Bu fay Ezinepazarı fayı olup, Çorum – Sungurlu istikametinden gelerek Çerikli beldesinden Delice ırmağı ve örtü birimlerinin altından geçerek Herekli ve Mehmetbeyobası Köyü'ne kadar uzanır.

Bu faylanmaya bağlı yan bir fay da Delice ilçesi güneyinde izlenmektedir. Yine Çorum istikametindeki faylanmaya paralel olarak gelişmiş ve Tatlıcak köyünden itibaren Tavaözü, Halitli, Çamurabatmaz, Karafakılı köylerine kadar uzanan ve diğer kolu da Göçbeyli, Olunlu köylerinde bir faylanma görülmektedir. Bu faylanmalardan ana fay ve Kılıçözü'ndeki faylanma sağ yönlü doğrultu atımlı olarak gelişmiştir. Delice'nin güneyindeki faylanma ise sol yönlü doğrultu atımlı olarak izlenmektedir.

Sungurlu'dan itibaren gelişen faylanma doğu istikametinde gelişerek Erbaa yakınlarında Kuzey Anadolu Fayı'na birleşir. Bu faylanma Kuzey Anadolu Fayı'nın Anadolu içerisine doğru bir uzanımdır.

Ülkemiz, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Orta Anadolu ova Bölgesi ve Ege graben sistemi olarak deprem üreten 4 ana tektonik bölgeye ayrılmaktadır.

Kırıkkale ili, Orta Anadolu ova bölgesi olarak tanımlanan tektonik bölgede yer almaktadır. Kırıkkale ilini tehdit eden başlıca fay sistemleri;

Kırıkkale – Ezinepazarı fayı

Kırşehir – Keskin fayı

Tuz gölü fayı

Niksar yakınlarında Kuzey Anadolu Fayından ayrılarak Güneybatıya doğru Amasya, Çorum illerini izleyerek Kırıkkale'ye gelen yaklaşık 300 km uzunluğunda bir fay olan Kırıkkale – Ezinepazarı fayı üzerinde meydana gelen yıkıcı bir deprem bilinmemektedir. Bu fay üzerinde zaman zaman hafif şiddette depremler olmaktadır. Delice sınırında, Kırıkkale fayı ucunda 7 Şubat 2000 tarihinde meydana 3,8 ve 3,9 magnitudün deki depremler en güncel depremlerdir.

Kırşehir – Keskin fayı üzerinde 19 Nisan 1938 tarihinde 6,6 magnitudünde meydana gelen deprem afetinde 149 kişi hayatını kaybetmiş, 3860 konut ağır derecede hasar görmüştür.

Tuzgölü fayı, Köşker ile Bor arasında yaklaşık 200 km uzunlukta yer alan bir fay sistemidir. Uzun süredir sessiz olan bu fay üzerinde yıkıcı bir deprem olması halinde ilimiz etkilenebilecektir.

2.2. Standart Penetrasyon Deneyi

Standard Penetrasyon deneyi (SPT) dinamik bir penetrasyon deneyi olup, zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir.

Deney bir numune alıcının zemine bir çekiç(şahmerdan) vasıtasıyla 450 mm çakılmasından ibarettir. Zeminin bu işleme tepkisi darbe sayısı ile ilişkilendirilir ve bu ilişkiden de zeminin dayanımı hakkında bilgi edinilir. 63,5 kg'lık çekicinin 760 mm'den serbest düşürülmesi ile çakma işlemi gerçekleştirilir. Zemin dayanımının belirlenmesinde etkili olan darbe sayısı, son 300 mm'deki penetrasyon için gerekli darbe sayısıdır. İlk 150 mm için gerekli darbe sayısı, sondaj deliği tabanındaki örselenmeler nedeniyle dikkate alınmaz. Bu deney, yumuşak killer ve sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir.

SPT-N değeri, ayırık taneli zeminler üzerine inşa edilen yapıların taşıma gücü ve oturmasının hesabında, ayırık daneli zeminlerin önemli fiziksel ve mühendislik özellikleri olan izafi sıkılık (D_r) ve kayma mukavemeti açısının(ϕ) hesaplanmasında ve ayrıca ayırık daneli zeminlerin sıvılaşma potansiyeli ile dinamik bir özellik olan kayma dalgası hızının (V_s) tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. İnce taneli zeminlerde SPT 'nin kullanımı, ayırık daneli zeminlere göre tartışmalı olmakla birlikte, teknolojinin gelişmesi ile son zamanlarda inceleme konusu olmuştur. İnce taneli zeminlerde önemli mühendislik parametreleri olan serbest basınç mukavemeti(q_u), drenajsız kayma mukavemeti(c_u) ve hacimsel sıkışma katsayısının(m_v) belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ancak ince daneli zeminler için bulunan sonuçlar, ayırık daneli zeminlerdeki kadar güvenilir olmamaktadır⁽²⁾.

Yapılan araştırmalar standart penetrasyon deneyinin aşağıdaki faktörlerden etkilendiğini ortaya çıkarmıştır⁽⁴⁻⁶⁾.

- Çamurlu delme kullanıldığı zaman sondaj duvarlarını korumak için gömlek kullanılması
- Sondaj kuyusu apı
- Deney düzeneği
- Şahmerdan tipi
- Tij boyu
- Standart olmayan numune tüplerinin kullanılması
- st tabaka yükü düzeltmesi

Standart penetrasyon deneyi sonucu elde edilen değerlerde bir standardın yakalanabilmesi için, SPT sonucunu etkileyen faktörlerin ortak kabul gören bir düzeltmeden geçirilmesi gerekmektedir. Böylelikle farklı deney aletleri kullanılarak farklı derinliklerden elde edilen darbe sayısı değerlerinin, zeminin penetrasyon direnci hakkında aynı bilgileri vermesi sağlanır. SPT sonuçlarını etkileyen faktörler ve düzeltme katsayıları izelge 2.2’de, düzletilmiş SPT sonucunu veren eŐitlikte aşağıda gösterilmiştir.

$$(N_1)_{60} = N C_N C_E C_B C_R C_S$$

Burada,

N = llen SPT darbe sayısı

C_N = st tabaka yükü düzeltmesi

C_E = enerji oranı düzeltme katsayısı

C_B = kuyu çapı düzeltme katsayısı

C_R = tij boyu düzeltme katsayısı

C_S = numune alma metodu düzeltme katsayısıdır.

Çizelge 2.2 SPT Düzeltmeleri

Faktör	Alet Değişkeni	Terim	Düzeltilme
Üst tabaka yükü	--	C_N	$(P_a/\sigma'_{v0})^{0,5}$
Üst tabaka yükü	--	C_N	$C_{N \leq 1,7}$
Şahmerdan enerji oranı	Donut (makaralı) tipi şahmerdan	C_E	0,5-1,0
Şahmerdan enerji oranı	Güvenli Şahmerdan	C_E	0,7-1,2
Şahmerdan enerji oranı	Otomatik düşülü Donut(makara) tipi şahmerdan	C_E	0,8-1,3
Kuyu çapı	65-115 mm	C_B	1,0
Kuyu çapı	150 mm	C_B	1,05
Kuyu çapı	200 mm	C_B	1,15
Tij boyu	<3 m	C_R	0,75
Tij boyu	3-4 m	C_R	0,8
Tij boyu	4-6 m	C_R	0,85
Tij boyu	6-10 m	C_R	0,95
Tij boyu	10-30	C_R	1,0
Numune alma yöntemi	Standart numune alıcı (kılıflı)	C_S	1,0
Numune alma yöntemi	Kılıfsız numune alıcı	C_S	1,1-1,3

SPT-N deney sonuçlarına göre killi ve kumlu zeminlerde sıklık kıvam ve serbest basınç dayanımı değerlerinin korelatif ilişkileri Çizelge 2.3, Çizelge 2,4 ve Çizelge 2,5'de gösterildiği şekildedir⁽¹⁰⁾.

Çizelge 2.3 Killi Zeminlerde Darbe Kıvam İlişkisi

N (darbe/30 cm)	qu (kg/cm²)	KIVAM
<2	<0,25	Çok Yumuşak
2-4	0,25-0,50	Yumuşak
4-8	0,50-1,00	Orta
8-15	1,00-2,00	Katı
15-30	2,00-4,00	Çok Katı
>30	>4,00	Sert

Çizelge 2.4 Kumlu Zeminlerde SPT-N ve Rölatif Sıklık İlişkisi

N (darbe/30 cm)	Rölatif Sıklık
0-4	Çok Gevşek
4-10	Gevşek
10-30	Orta Sıkı
30-50	Sıkı
>50	Çok Sıkı

Çizelge 2.5 Standart Penetrasyon N sayıları ile Zeminlerin Dayanımı (q_u) . Rölatif sıklık ve Birim Hacim Ağırlık değerleri arasındaki ilişkiler.

İNCE TANELİ KOHEZYONLU ZEMİNLER			
Zeminlerin Dayanımı (Q_u) (K.Pa (KN/m ²))	Birim Hacim Ağırlık KN / m ³	SPT Darbe Sayıları (N)	Rölatif Sıklık Durumu
0 – 25	16 – 18	1 – 2	Çok Yumuşak
25 – 50	18 – 19	2 – 4	Yumuşak
50 – 100	19 – 20	4 – 8	Orta
100 – 200	20 – 21	8 – 16	Katı
200 – 400	21 – 22	16 – 32	Çok Katı
> 400	22 – 23	> 32	Sert

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde Ankara’da bulunan zemin mekaniği laboratuvarların da gerekli zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır.

Yapılan deneyler sırasında takip edilen standartlar aşağıda sunulmuştur.

Deney Adı	Standart
Birim Ağırlık Tayini	TS – 1900
Su Muhtevası	TS – 1900
Likid Limit	TS – 1900
Plastik Limit	TS – 1900
Elek Analizi	TS – 1900
Üç Eksenli Basınç Deneyi	TS – 1900
Konsolidasyon Deneyi	TS - 1900

Örselenmemiş numuneler (UD) 89 mm dış çapında ve 25 cm uzunluğundaki, ince cidarlı numune alıcı (shelby tube) ile alınmıştır. Numuneler alındıktan sonra tüplerin iki ucuda dikkatlice parafinlenerek kapatılmıştır.

2.3.1. Tabii Su Muhtevası

Su muhtevası, zemin numunesi içinde bulunan su ağırlığının zemin numunesinin 105 derecede 24 saat kurutulması sonucunda elde edilen kuru ağırlığına oranlanması ile tayin edilmektedir. Bu proje kapsamında 21 adet UD numunesi üzerinde doğal su içeriği bulunmuştur.

2.3.2. Birim Ağırlık Tayini

Birim ağırlık deneyleri örselenmemiş numuneler üzerinde yapılmıştır. Örselenmemiş numuneden düzgün şekilli bir numune elde edilip boyutu 0.1 mm hassasiyetinde ölçülerek hacmi hesaplanmıştır. Numunenin yaş ağırlığı 0.1 gr hassasiyetinde bir terazi ile tartılarak tespit edilmiştir. Yaş birim ağırlık; numunenin yaş ağırlığının hacmine, kuru birim ağırlık ise numunenin kuru ağırlığının hacmine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

2.3.3. Elek Analizi

Elek analizleri T.S.1900'e göre kuru yöntemle yapılmıştır. Deney (mevcut numune miktarına bağlı olarak) yeterli miktarda (100 ile 500 gr) örnek teşkil edecek kuru numuneler üzerinde yapılmıştır.

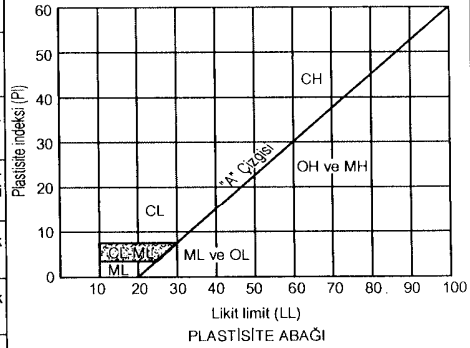
Numune gevşemesi için bir gece su içinde bırakılmış ve yıkanarak standart 200 nolu elekten geçirilmiş ve kalan numune bir gece etüvde kurutulduktan sonra 1/2", 3/8", 4, 10, 40, 60, 140, 200, no'lu eleklerden geçirilmiştir. Her elekte kalan numune yüzdesi 0.1 % hassasiyetle tayin edilmiştir.

Bu analiz sonucunda çizilen tane çapı dağılımı eğrisine göre zemin sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma Şekil 2.5'deki USCS (Unified Soil Classification System) sistemine göre yapılmıştır.

Ana bölümler		Grup Simgeleri	Tipik adlandırma	Laboratuvarda sınıflama ölçütleri	
İnçetanelli zeminler (Malzemenin yarıdan fazlası 200 no.lu elek açıklığından daha büyük)	Çakıllar (inçetanelli malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek açıklığından daha büyük)	GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4 ; C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ 1 ve 3 arası}$ GW için gerekli derecelenme koşullarının hiçbirini karşılamaz Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4 Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6 ; C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ 1 ve 3 arası}$ SW için gerekli derecelenme koşullarının hiçbirini karşılamaz Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4 Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7	
		GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok		
		GM*	d		Siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
			u		
		GC	Killi çakıl, çakıl-kum-silt karışımı		
	Kumlar (inçetanelli malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek açıklığından daha küçük)	Salt kum (inçetanelli malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek açıklığından daha küçük)	SW	İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok	
			SP	Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok	
		İnce malzemeli kum (önemli miktarda ince malzeme içeriyor)	SM*	d	Siltli kum, kum-silt karışımı
			u		
		SC	Killi kum, kum-kil karışımı		
İnçetanelli zeminler (Malzemenin yarıdan fazlası 200 no.lu elek açıklığından daha düşük)	Siltler ve killer (Likit limiti 50'nin altında)	ML	İnorganik silt ve çok ince kum, kayaç unu, siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt		
		CL	Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil		
		OL	Organik silt ve plastisitesi düşük organik siltli kil		
	Siltler ve killer (Likit limiti 50'nin üstünde)	MH	İnorganik silt, mikali veya diatomeli, ince kumlu veya siltli toprak, elastik silt		
		CH	Plastisitesi yüksek inorganik kil, şişen kil		
		OH	Plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silt		
	Organik zeminler	Pt	Turba ve oldukça organik diğer zeminler		

* GM ve SM'nin alt grupları olan d ve u salt karayolları ve hava alanları içindir. LL < 28 ve PI < 6 ise "d", LL > 28 ise "u" simgesi kullanılır.

** İki bileşik grubun özelliklerini gösteren sınır zonundaki zeminler için kullanılır ve her iki grup, simgesi birlikte yazılır. (Örneğin: GW-GC: kil çimentosu ile karışık iyi derecelenmiş çakıl-kum)



Şekil 2.5 Birleştirilmiş zemin sınıflaması ve plastisite abağı

2.3.4. Atterberg Limitlerinin Saptanması

Elek analizinden geçen zemin numuneleri üzerinde yapılan deneylerde atterberg limitleri olarak bilinen likit limit, plastik limit ve plastisite indisi deneyleri yapılmıştır.

Likit limit ve plastik limit tayinleri 40 nolu elekten geçen numuneler üzerinde yapılmıştır. Her numune üzerinde 3 kez deney yapılmış (w % - log N) grafiği hazırlanmıştır. Grafik üzerinde 25 darbe sayısına karşılık gelen rutubet miktarı likit limit olarak belirlenmiştir. Plastik limit yaklaşık olarak 3 mm çapında yuvarlatılmış numunenin çatlama anındaki su muhtevası olarak hesap edilmiştir. Plastisite indisi (PI) ise likit limit ve plastik limit arasındaki farktır. Atterberg limitlerine göre kohezyonlu zeminlerin kıvamlılık, plastisite ve likitlik indislerinin sınıflaması Çizelge 2.6, Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 Kohezyonlu zeminlerin Kıvamlılık İndisine göre sınıflandırılması

Kıvamlılık İndisi Ic: (LL-w)/PI	Sınıflama
0.05	Çok yumuşak
0.05-0.25	Yumuşak
0.25-0.75	Sıkı
0.75-1.00	Sert
1.00	Çok sert

Çizelge 2.7 Kohezyonlu zeminlerin Plastisite İndisine göre sınıflandırılması

Plastisite İndisi(PI: LL-PL)	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
40	Çok plastik	Yüksek

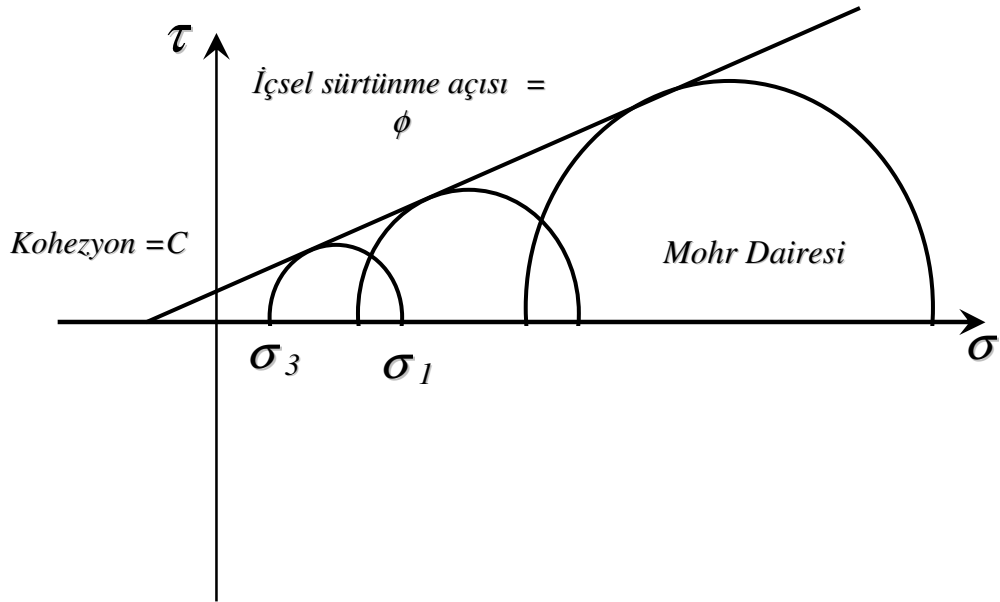
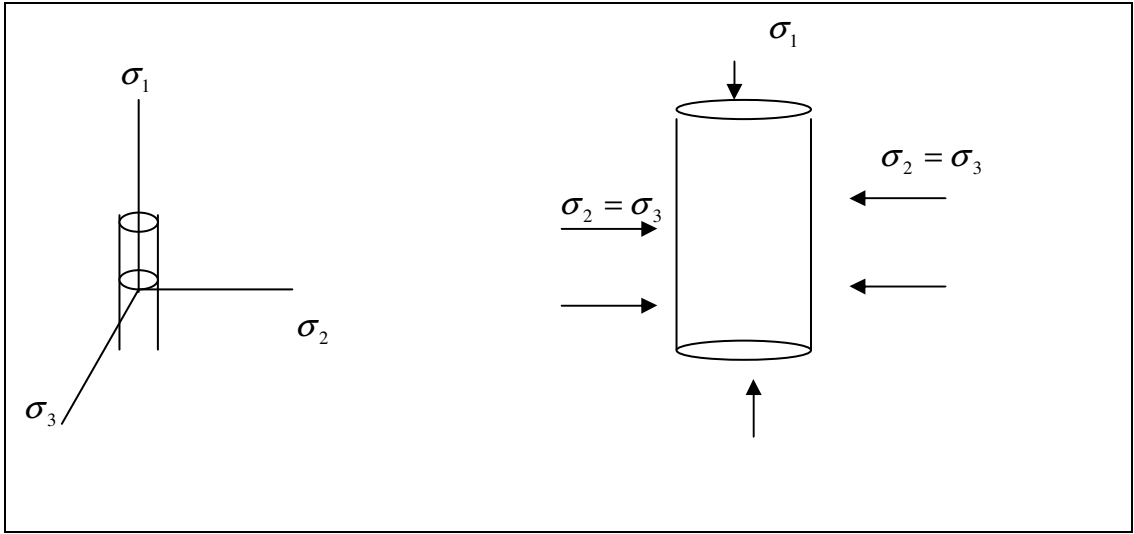
Çizelge 2.8 Kohezyonlu zeminlerin Likitlilik İndisine göre sınıflandırılması

Likitlilik İndisi $I_L:(w-PL)/PI$	Zeminin Tanımı
0	Zemin likit
> 1	Zemin yarı katı veya katı
< 0	Zemin likit durumda

2.3.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi

Üç eksenli basınç deneyinde basınç hücresi içerisindeki silindirik numune üzerine Şekil 2.6'da görüldüğü gibi değişik kademelerde yanıl basınçlar uygulanır. Her değişik yanıl basınç kademesinde numune üzerine uygulanan düşey gerilmeler kitle numunesi kırılıncaya kadar artırılır. Diğer bir numune üzerinde yanıl basınçlar artırılarak aynı işlem tekrarlanır. Bulunan σ_1 ve σ_3 gerilme değerleri mohr dairesi ismi verilen tabloda apsis işaretlenir. σ_1 ve σ_3 değerlerinden geçen yarım çember çizilir. Daha sonra elde edilen dairelere bir teğet çizilerek kütlenin kırılma eğrisi bulunur.

Mohr kırılma zarfının yatayla yaptığı açı kütlenin içsel sürtünme açısını ϕ ordinattaki değeri kohezyon (c) değerini verir. Arazideki çelik tüplere alınan örselenmemiş numune (UD) üzerinde laboratuvarında üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Yapılan deney konsolidasyonsuz drenajsız (UU) koşullarında uygulanmıştır.



Şekil 2.6 Üç eksenli basınç deneyi (Mohr diyagramı)

2.3.6. Konsolidasyon Deneyi

Bu deney sabit halkalı odömetre cihazında yapılmıştır. Yaklaşık 70 mm çapında 2 cm yüksekliğindeki örselenmemiş numune konsolidasyon halkasına geçirilmiş, halkanın dışına taşan numune düzgünce kesilmiştir. Numunenin her iki

tarafına filtre kağıdı yerleştirilerek iki poroz taş arasında hücre içindeki yerine konulmuştur. Bundan sonra, konsolidasyon hücresi yükleme aletindeki yerine oturtulup, dengeli yükleme kolu, yatay duruma getirilip yükü numuneye aktaran parçası yükleme plakasına değecek biçimde ayarlanmıştır.

Göstergeli mikrometre, konsolidasyon hücresinin tabanı ile yükleme plakası arasındaki bağıl hareketi ölçecek biçimde saptanmıştır. İlk basınç 0.50 kg/cm^2 , son basınç ise 8.00 kg/cm^2 olmak üzere, her basınç değeri 24 saat uygulanmıştır. Düşey deformasyon, her yük artımında artan zaman aralıklarında göstergeden 0.01 mm hassaslıkta okunmuştur. Boşluk oranı (e) hesaplanarak basınç ($e - \log P$) grafikleri elde edilmiştir. Numuneye 3 etapta yük boşaltılması da tatbik edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

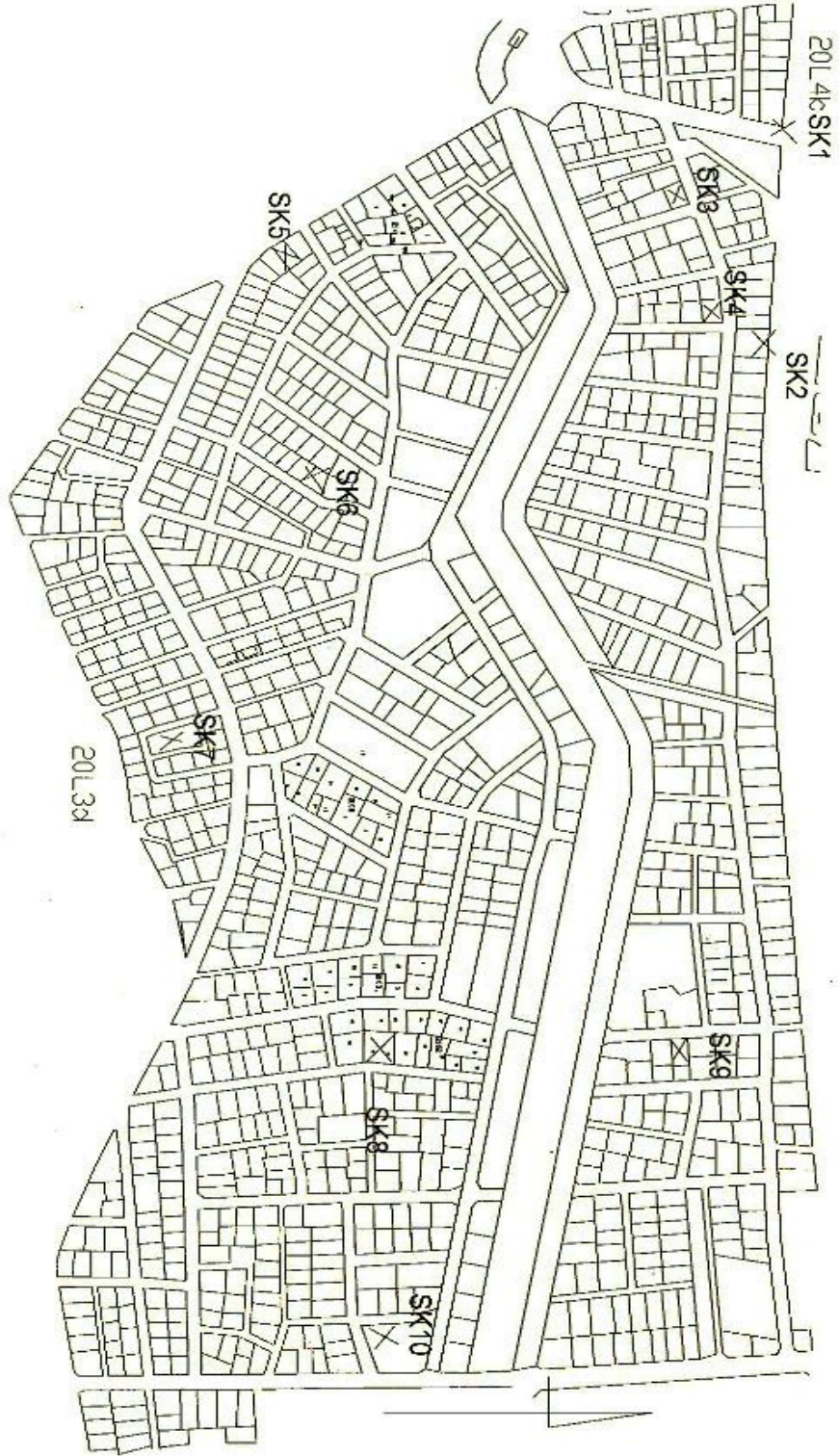
3.1. Sondaj Araştırmaları ve Arazi Deneyleri

3.1.1. Sondajlar

Bölgede Altundağ Mühendislik ve Aks Yapı Geoteknik tarafından jeoteknik etüt amacı ile Bahçelievler mahallesinde 10, Fabrikalar mahallesinde 11 toplam 21 adet sondaj yapılmıştır. Sondaj derinlikleri ve ülke koordinat sistemine göre koordinatları Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir. İmar planlarına göre de sondaj lokasyonları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir..

Çizelge 3.1 Bahçelievler Mahallesi sondaj derinlikleri ve koordinatları

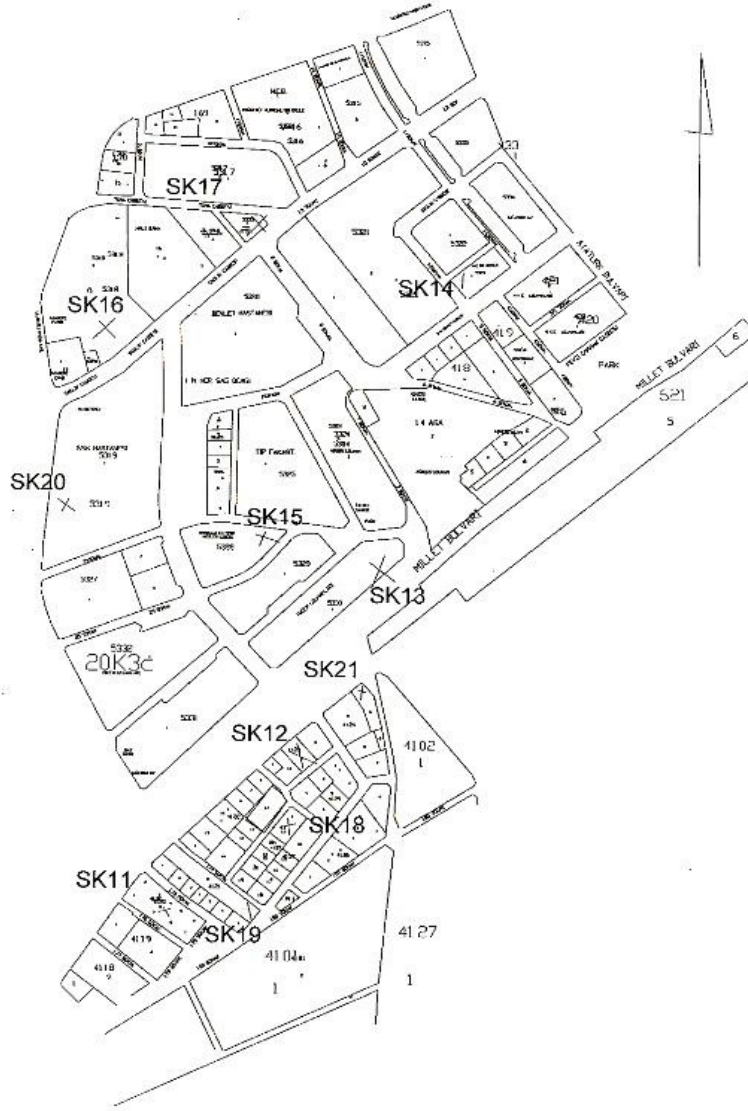
Sondaj No	Derinlik (m)	X	Y
SK – 1	20,00	4411980,022	544024,381
SK – 2	20,00	4411965,511	544239,971
SK – 3	10,00	4411888,399	544092,108
SK – 4	10,00	4411920,136	544209,048
SK – 5	10,00	4411547,869	544152,706
SK – 6	10,00	4411571,986	544375,161
SK – 7	10,00	4411452,742	544639,841
SK – 8	10,00	4411633,286	544947,440
SK – 9	10,00	4411894,721	544948,738
SK – 10	10,00	4411638,658	545234,236



Şekil 3.1 Bahçelievler mahallesi sondaj lokasyonları

Çizelge 3.2 Fabrikalar Mahallesi sondaj derinlikleri ve koordinatları

Sondaj No	Derinlik (m)	X	Y
SK – 11	10,00	4411178,096	542546,942
SK – 12	10,00	4411347,921	542696,066
SK – 13	10,00	4411559,897	542782,144
SK – 14	10,00	4411887,512	542872,678
SK – 15	10,00	4411596,593	542653,653
SK – 16	10,00	4411832,619	542479,066
SK – 17	10,00	4411951,443	542646,116
SK – 18	10,00	4411270,706	542683,455
SK – 19	10,00	4411175,334	542640,682
SK – 20	10,00	4411632,083	542436,871
SK – 21	10,00	4411421,659	542763,869



Şekil 3.2 Fabrikalar mahallesi sondaj lokasyonları

3.1.2. Örselenmemiş Numune(UD)

Etüt sahasında yapılan sondajlardan örselenmemiş numuneler alınmıştır. Örselenmemiş numune (UD) 89 mm dış çapında 45 cm uzunluğundaki ince cidarlı numune alıcı (shelby tube) ile alınmıştır. Numune alındıktan sonra tüpün iki ucuda dikkatlice parafinlenerek kapatılmıştır.

Birim içinden alınan numune üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen zemin parametreleri aşağıda verilmiştir.

Ayrıca SPT sonuçları ve zemin cinsi Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5, Çizelge 3.6, Çizelge 3.7, Çizelge 3.8, Çizelge 3.9, Çizelge 3.10, Çizelge 3.11, Çizelge 3.12, Çizelge 3.13, Çizelge 3.14, Çizelge 3.15, Çizelge 3.16, Çizelge 3.17, Çizelge 3.18, Çizelge 3.19, Çizelge 3.20, Çizelge 3.21, Çizelge 3.22, Çizelge ve Çizelge 3.23'de verilmiştir.

3.1.2.1. Bahçelievler Mahallesi SPT Sonuçları

Çizelge 3.3 Sk-1 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-1	SPT1	3,00 – 3,45	3	3	7	10	Çakıllı Kumlu Kil
SK-1	UD	6,00 – 6,50	-	-	-	-	Çakıllı Kumlu Kil
SK-1	SPT2	8,00 - 8,45	4	6	8	14	Çakıllı Kumlu Kil
SK-1	SPT3	15,00 – 15,45	4	5	7	12	Çakıllı Kumlu Kil

SK-1 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 28,21
Likid Limit (LL)	: 54
Plastik Limit (PL)	: 26
Plastisite İndeksi (PI)	: 28
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen	: % 95,03
4 no'lu elekte kalan	: % 0,00
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 3
Kohezyon (C)	: 82,51 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,79 KN/m ³
Hacimsel sıkışma katsayısı	

P (kg/cm ²)	M_v (cm ² /kgf)
0,50-1,00	0,0121

Proje sahasında açılan SK-1 nolu sondaj kuyusunda 2,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.4 Sk-2 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-2	SPT1	4,50 – 4,95	5	5	4	9	Çakıllı Kumlu Kil
SK-2	UD	7,50 – 8,00	-	-	-	-	Çakıllı Kumlu Kil
SK-2	SPT2	13,00 – 13,45	10	13	17	30	Çakıllı Kumlu Kil
SK-2	SPT3	18,00 – 18,45	15	19	23	42	Çakıllı Kumlu Kil

SK-2 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 19,05
Likid Limit (LL)	: 50
Plastik Limit (PL)	: 25
Plastisite İndeksi (PI)	: 25
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen	: % 50,80
4 no'lu elekte kalan	: % 2,61
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 10
Kohezyon (C)	: 68,00 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 21,41 KN/m ³

Proje sahasında açılan SK-2 nolu sondaj kuyusunda 6,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.5 Sk-3 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-3	SPT1	3,00 – 3,45	5	6	8	14	Az çakıllı killi kum
SK-3	UD	4,50 – 4,95	-	-	-	-	Az çakıllı killi kum
SK-3	SPT2	6,00 – 6,45	6	8	9	17	Çakıl-kum
SK-3	SPT3	7,50 – 7,95	5	6	7	13	Çakıl-kum
SK-3	SPT4	9,00 – 9,45	7	8	7	15	Çakıl-kum

SK-3 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 13,3
Likid Limit (LL)	: 45.2
Plastik Limit (PL)	: 18.3
Plastisite İndeksi (PI)	: 26,9
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen	:% 34,5
4 no'lu elekte kalan	:% 2,2
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,00 KN/m ³
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 22
Kohezyon (C)	: 20,00 KN/m ²
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	:17,00 KN/m ²

Proje sahasında açılan SK-3 nolu sondaj kuyusunda 3,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.6 Sk-4 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-4	SPT1	3,00 – 3,45	5	7	8	15	Az killi; çakıl-kum
SK-4	UD	4,50 – 4,95	-	-	-	-	Az killi; çakıl-kum
SK-4	SPT2	6,00 – 6,45	6	6	7	13	Az killi; çakıl-kum
SK-4	SPT3	7,50 – 7,95	8	9	10	19	Az killi; çakıl-kum
SK-4	SPT4	9,00 – 9,45	9	10	8	18	Az killi; çakıl-kum

SK-4 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W) : 24,50

Likid Limit (LL) : 33,2

Plastik Limit (PL) : 16,2

Plastisite İndeksi (PI) : 27,8

Elek Analizi

200 no'lu elekten geçen : % 34

4 no'lu elekte kalan : % 0,6

Zemin Sınıflaması : SC (siltli kum)

Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) : 21,41 KN/m³

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 19

Kohezyon (C) : 25,00 KN/m²

Proje sahasında açılan SK-4 nolu sondaj kuyusunda 3,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.7 Sk-5 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-5	UD	3,00 – 3,50	-	-	-	-	Kumlu Kil
SK-5	SPT1	4,50 - 4,95	5	6	6	12	Kumlu Kil
SK-5	SPT2	6,00 – 6,45	7	8	7	15	Kumlu Kil
SK-5	SPT2	7,50 – 7,95	9	12	10	22	Kumlu Kil
SK-5	SPT2	9,00 – 9,45	10	10	11	21	Kumlu Kil

SK-5 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W) : 27,8

Likid Limit (LL) : 31,6

Plastik Limit (PL) : 14,7

Plastisite İndeksi (PI) : 16,9

Elek Analizi

200 no'lu elekten geçen : % 59,3

4 no'lu elekte kalan : 0

Zemin Sınıflaması : CL (düşük plastisiteli kil)

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 21

Kohezyon (C) : 12,2 KN/m²

Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) : 19,6 KN/m³

Proje sahasında açılan SK-5 nolu sondaj kuyusunda 2,00 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.8 Sk-6 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-6	SPT1	3,50 - 3,95	6	9	14	23	Az çakıllı kumlu kil
SK-6	UD	4,50 – 5,00	-	-	-	-	Az çakıllı kumlu kil
SK-6	SPT2	6,00 – 6,45	8	8	10	18	Az çakıllı kumlu kil
SK-6	SPT3	7,50 – 7,95	7	9	8	17	Az çakıllı kumlu kil
SK-6	SPT4	9,00 – 9,45	6	7	7	14	Az çakıllı kumlu kil

SK-6 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 20,9
Likid Limit (LL)	: 51,2
Plastik Limit (PL)	: 23,6
Plastisite İndeksi (PI)	: 27,6
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	:% 78,6
4 no’lu elekte kalan	:% 2,1
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 8
Kohezyon (C)	: 62,00 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 18,8 KN/m ³

Proje sahasında açılan SK-6 nolu sondaj kuyusunda yer altı suyuna rastlanılmamıştır.

Çizelge 3.9 Sk-7 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-7	SPT1	3,00 - 3,45	9	9	10	19	Az çakıllı kumlu kil
SK-7	UD	4,50 – 5,00	-	-	-	-	Az çakıllı kumlu kil
SK-7	SPT2	6,00 – 6,45	7	8	10	18	Az çakıllı kumlu kil
SK-7	SPT3	7,50 – 7,95	11	12	15	27	Az çakıllı kumlu kil
SK-7	SPT4	9,00 – 9,45	8	9	10	18	Az çakıllı kumlu kil

SK-7 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 24,8
Likid Limit (LL)	: 55,7
Plastik Limit (PL)	: 25,1
Plastisite İndeksi (PI)	: 30,6
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	:% 84,9
4 no’lu elekte kalan	:% 1,2
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 6
Kohezyon (C)	: 55,14 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,1 KN/m ³
Hacimsel Sıkışma Katsayısı	

P (kg/cm ²)	M_v (cm ² /kgf)
0,50-1,00	0,0176

Proje sahasında açılan SK-7 nolu sondaj kuyusunda yeraltı suyuna rastlanılmamıştır

Çizelge 3.10 Sk-8 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-8	SPT1	3,00 - 3,45	5	8	9	17	Siltli, Killi Kum
SK-8	UD	4,50 – 5,00	-	-	-	-	Siltli, Killi Kum
SK-8	SPT2	6,00 – 6,45	7	7	6	13	Siltli, Killi Kum
SK-8	SPT3	7,50 – 7,95	9	7	8	15	Siltli, Killi Kum
SK-8	SPT4	9,00 – 9,45	9	9	9	18	Siltli, Killi Kum

SK-8 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 11,8
Likid Limit (LL)	: 32,7
Plastik Limit (PL)	: 12,3
Plastisite İndeksi (PI)	: 20,4
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	:% 17
4 no’lu elekte kalan	:% 11
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 28
Kohezyon (C)	: 5,2 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 20,2 KN/m ³

Proje sahasında açılan SK-8 nolu sondaj kuyusunda 2,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.11 Sk-9 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-9	SPT1	3,00 - 3,45	7	9	10	19	Siltli, Killi Kum
SK-9	UD	4,50 – 5,00	-	-	-	-	Siltli, Killi Kum
SK-9	SPT2	6,00 – 6,45	5	6	8	14	Siltli, Killi Kum
SK-9	SPT3	7,50 – 7,95	6	8	10	18	Siltli, Killi Kum
SK-9	SPT4	9,00 – 9,45	10	11	10	18	Siltli, Killi Kum

SK-9 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 25,3
Likid Limit (LL)	: 29,8
Plastik Limit (PL)	: 10,1
Plastisite İndeksi (PI)	: 19,1
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	:% 14
4 no’lu elekte kalan	:% 11,1
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 27
Kohezyon (C)	: 8,1 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	20,1 KN/m ³

Proje sahasında açılan SK-9 nolu sondaj kuyusunda 3,00 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.12 Sk-10 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-10	SPT1	3,00 - 3,45	7	9	11	20	Siltli, Killi Kum
SK-10	UD	4,50 – 5,00	-	-	-	-	Siltli, Killi Kum
SK-10	SPT2	6,00 – 6,45	7	8	10	18	Siltli, Killi Kum
SK-10	SPT3	7,50 – 7,95	8	11	12	23	Siltli, Killi Kum
SK-10	SPT4	9,00 – 9,45	8	9	7	18	Siltli, Killi Kum

SK-10 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 22,8
Likid Limit (LL)	: 25,7
Plastik Limit (PL)	: 13,1
Plastisite İndeksi (PI)	: 12,6
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	:% 20
4 no’lu elekte kalan	:% 4,8
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 25
Kohezyon (C)	: 4,1 KN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,9 KN/m ³

Proje sahasında açılan SK-10 nolu sondaj kuyusunda 3,20 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

3.1.2.2. Fabrikalar Mahallesi SPT Sonuçları

Çizelge 3.13 Sk-11 sondaj kuyusu SPT değerleri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-11	SPT1	1,50 - 1,95	12	19	23	42	Az çakıllı kumlu kil
SK-11	SPT2	3,00 – 3,45	14	18	35	-	Az çakıllı kumlu kil
SK-11	UD	4,50 – 4,95	-	-	-	-	Az çakıllı kumlu kil
SK-11	SPT3	7,50 – 7,95	30	50	-	-	Az çakıllı kumlu kil
SK-11	SPT4	9,00 – 9,45	21	42	50	-	Az çakıllı kumlu kil

SK-11 nolu sondaj kuyusundan UD numune alınmamıştır.

Proje sahasında açılan SK-11 nolu sondaj kuyusunda 5,00 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.14 Sk-12 sondaj kuyusu SPT değerleri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-12	SPT1	1,50 – 1,95	10	12	15	27	Çakıllı kumlu kil
SK-12	SPT2	3,00 – 3,45	13	15	20	35	Çakıllı kumlu kil
SK-12	UD	4,50 – 5,00					Çakıllı kumlu kil
SK-12	SPT3	6,00 – 6,45	15	19	21	40	Çakıllı kumlu kil
SK-12	SPT4	7,50 - 7,95	12	14	16	30	Çakıllı kumlu kil
SK-12	SPT5	9,00 - 9,45	10	50	-	-	Çakıllı kumlu kil

SK-12 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W) : 18,26

Likid Limit (LL) : 46

Plastik Limit (PL) : 25

Plastisite İndeksi (PI) : 21

Elek Analizi

200 no'lu elekten geçen : 70,34

4 no'lu elekte kalan : 2,00

Zemin Sınıflaması : CL (düşük plastisiteli kil)

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 10

Kohezyon (C) : 94,17 kN/m²

Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) : 20,44 kN/m³

Proje sahasında açılan SK-12 nolu sondaj kuyusunda 4,50 m seviyesinde yer altı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.15 Sk-13 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-13	SPT1	1,50 – 1,95	10	13	19	32	Çakıllı kumlu kil
SK-13	SPT2	3,00 – 3,45	13	17	21	38	Çakıllı kumlu kil
SK-13	SPT3	4,50 – 4,95	11	13	16	29	Çakıllı kumlu kil
SK-13	UD	5,00 – 5,50	-	-	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-13	SPT4	6,00 – 6,45	14	16	18	34	Çakıllı kumlu kil
SK-13	SPT5	7,50 - 7,95	22	23	26	49	Çakıllı kumlu kil
SK-13	SPT6	9,00 - 9,45	30	50	-	-	Çakıllı kumlu kil

SK-13 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 23,03
Likid Limit (LL)	: 51
Plastik Limit (PL)	: 24
Plastisite İndeksi (PI)	: 27
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	: 71,17
4 no’lu elekte kalan	: 2,22
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 10
Kohezyon (C)	: 53,72 kN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 20,33 kN/m ³
Hacimsel Sıkışma Katsayısı	

P (kg/cm ²)	M_v (cm ² /kgf)
0,50-1,00	0,0099

Proje sahasında açılan SK-13 nolu sondaj kuyusunda 4,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.16 Sk-14 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-14	SPT1	1,50 – 1,95	10	11	13	24	Çakıllı kumlu kil
SK-14	SPT2	3,00 – 3,45	13	15	17	32	Çakıllı kumlu kil
SK-14	SPT3	4,50 – 4,95	9	10	11	21	Çakıllı kumlu kil
SK-14	SPT4	6,00 – 6,45	8	9	11	20	Çakıllı kumlu kil
SK-14	SPT5	7,50 - 7,95	6	7	9	16	Çakıllı kumlu kil
SK-14	SPT6	9,00 - 9,45	12	13	15	28	Çakıllı kumlu kil

SK-14 nolu sondaj kuyusundan UD numune alınmamıştır.

Proje sahasında açılan SK-14 nolu sondaj kuyusunda 4,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.17 Sk-15 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-15	SPT1	1,50 – 1,95	11	13	16	29	Çakıllı kumlu kil
SK-15	SPT2	3,00 – 3,45	17	19	21	40	Çakıllı kumlu kil
SK-15	SPT3	4,50 – 4,95	30	50	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-15	UD	5,00 – 5,50	-	-	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-15	SPT4	6,00 – 6,45	30	50	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-15	SPT5	7,50 - 7,95	36	40	50	-	Çakıllı kumlu kil
SK-15	SPT6	9,00 - 9,45	46	50	-	-	Çakıllı kumlu kil

SK-15 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 13,99
Likid Limit (LL)	: 29
Plastik Limit (PL)	: 21
Plastisite İndeksi (PI)	: 8
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen	: 71,78
4 no’lu elekte kalan	: 1,55
Zemin Sınıflaması	: CL (düşük plastisiteli kil)
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 17
Kohezyon (C)	: 118,55 kN/m ²
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 20,63 kN/m ³
Hacimsel Sıkışma Katsayısı	

P (kg/cm ²)	M_v (cm ² /kgf)
0,50-1,00	0,0124

Proje sahasında açılan SK-15 nolu sondaj kuyusunda 5,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.18 Sk-16 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-16	SPT1	1,50 – 1,95	6	6	10	16	Çakıllı kumlu kil
SK-16	SPT2	3,00 – 3,45	11	13	17	30	Çakıllı kumlu kil
SK-16	SPT3	6,00 – 6,45	14	15	17	32	Çakıllı kumlu kil
SK-16	UD	7,50 - 8,00	-	-	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-16	SPT4	9,00 – 9,45	29	31	35	-	Çakıllı kumlu kil

SK-16 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W) : 20,4

Likid Limit (LL) : 51,6

Plastik Limit (PL) : 18,0

Plastisite İndeksi (PI) : 33,6

Elek Analizi

200 no'lu elekten geçen : 89,3

4 no'lu elekten geçen : 100

Zemin Sınıflaması : CH (yüksek plastisiteli kil)

Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) : 20,50 kN/m³

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 6

Kohezyon (C) : 95,53 KN/m²

Proje sahasında açılan SK-16 nolu sondaj kuyusunda yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

Çizelge 3.19 Sk-17 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-17	SPT1	1,50 – 1,95	4	7	11	18	Çakıllı kumlu kil
SK-17	SPT2	3,00 – 3,45	10	13	14	27	Çakıllı kumlu kil
SK-17	SPT3	6,00 – 6,45	12	17	21	38	Çakıllı kumlu kil
SK-17	UD	7,50 - 8,00	-	-	-	-	Çakıllı kumlu kil
SK-17	SPT4	9,00 – 9,45	20	23	23	46	Çakıllı kumlu kil

SK-17 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 23,7
Likid Limit (LL)	: 63,8
Plastik Limit (PL)	: 21,9
Plastisite İndeksi (PI)	: 41,9
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen	: 77,9
4 no'lu elekten geçen	: 84,4
Zemin Sınıflaması	: CH (yüksek plastisiteli kil)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,50 kN/m ³
Serbest Basınç	: 245 kPa
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 8
Kohezyon (C)	: 83,14 KN/m ²
Hacimsel Sıkışma Katsayısı	

P (kg/cm ²)	M_v (cm ² /kgf)
0,50-1,00	0,01348

Proje sahasında açılan SK-17 nolu sondaj kuyusunda yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

Çizelge 3.20 Sk-18 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-18	SPT1	3,00 – 3,95	6	8	9	17	Az killi; çakıl-kum
SK-18	UD	4,50 – 4,95	-	-	-	-	Az killi; çakıl-kum
SK-18	SPT2	6,00 – 6,45	5	5	6	11	Az killi; çakıl-kum
SK-18	SPT3	7,50 – 7,95	6	5	7	12	Az killi; çakıl-kum
SK-18	SPT4	9,00 – 9,45	7	9	9	18	Az killi; çakıl-kum

SK-18 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 21,5
Likid Limit (LL)	: 26,8
Plastik Limit (PL)	: 13,4
Plastisite İndeksi (PI)	: 13,4
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen(%)	: 34,7
4 no'lu elekte kalan(%)	: 13,00
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,42 kN/m ³
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 23
Kohezyon (C)	: 13,14 KN/m ²

Proje sahasında açılan SK-18 nolu sondaj kuyusunda 3,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.21 Sk-19 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-19	SPT1	3,00 – 3,95	5	5	8	13	Az killi; çakıl-kum
SK-19	UD	4,50 – 4,95	-	-	-	-	Az killi; çakıl-kum
SK-19	SPT2	6,00 – 6,45	5	6	7	13	Az killi; çakıl-kum
SK-19	SPT3	7,50 – 7,95	6	8	9	17	Az killi; çakıl-kum
SK-19	SPT4	9,00 – 9,45	6	8	7	15	Az killi; çakıl-kum

SK-19 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 20,1
Likid Limit (LL)	: 32,4
Plastik Limit (PL)	: 14,3
Plastisite İndeksi (PI)	: 18,1
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen(%)	: 32,36
4 no'lu elekte kalan (%)	: 18,1
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 18,79 kN/m ³
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 27
Kohezyon (C)	: 6,14 KN/m ²

Proje sahasında açılan SK-19 nolu sondaj kuyusunda 3,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.22 Sk-20 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-20	SPT1	3,00 – 3,45	7	8	11	19	Az killi; çakıl-kum
SK-20	UD	4,50 - 4,95	-	-	-	-	Az killi; çakıl-kum
SK-20	SPT2	6,00 – 6,45	6	8	9	17	Az killi; çakıl-kum
SK-20	SPT3	7,50 – 7,95	8	9	10	19	Az killi; çakıl-kum
SK-20	SPT4	9,00 – 9,45	8	10	11	21	Az killi; çakıl-kum

SK-20 no’lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

Su Muhtevası (W)	: 19,9
Likid Limit (LL)	: 34
Plastik Limit (PL)	: 15,9
Plastisite İndeksi (PI)	: 18,1
Elek Analizi	
200 no’lu elekten geçen (%)	: 23,9
4 no’lu elekte kalan (%)	: 28,2
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 18,93 kN/m ³
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 22
Kohezyon (C)	: 10,71 KN/m ²

Proje sahasında açılan SK-20 nolu sondaj kuyusunda 3,50 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.23 Sk-21 sondaj kuyusu SPT değerleri ve zemin cinsi

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DENEY SEVİYESİ (m)	N-DARBE SAYISI				ZEMİN CİNSİ
			N1	N2	N3	N30	
SK-21	SPT1	3,00 – 3,45	6	10	10	20	Az killi; çakıl-kum
SK-21	UD	4,50 - 4,95	-	-	-	-	Az killi; çakıl-kum
SK-21	SPT2	6,00 – 6,45	7	7	9	16	Az killi; çakıl-kum
SK-21	SPT3	7,50 – 7,95	9	10	12	22	Az killi; çakıl-kum
SK-21	SPT4	9,00 – 9,45	10	10	11	21	Az killi; çakıl-kum

SK-21 no'lu sondaj kuyusu UD numunesi deney sonuçları

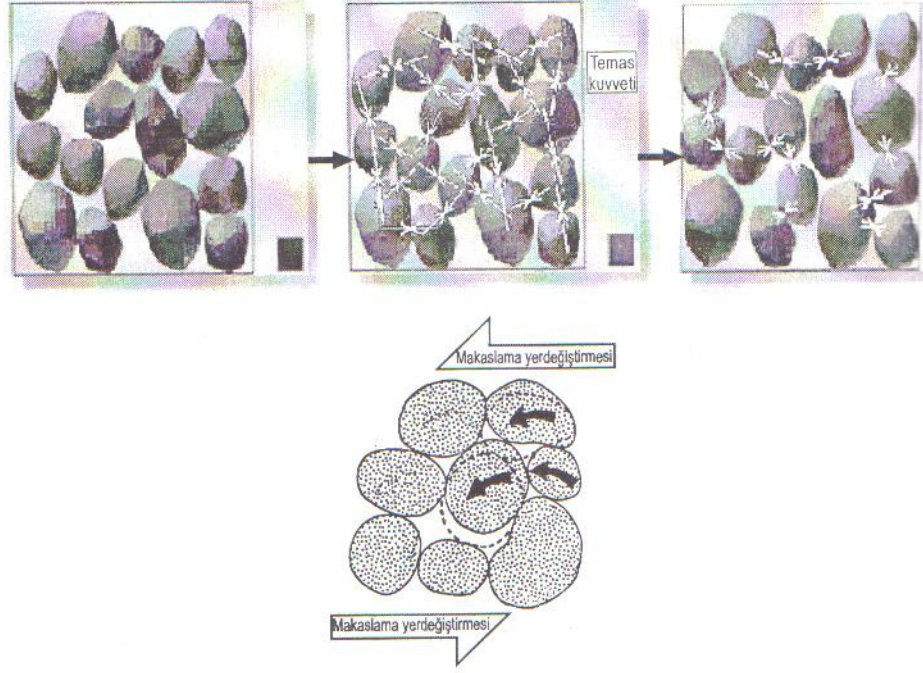
Su Muhtevası (W)	: 17,6
Likid Limit (LL)	: 20,7
Plastik Limit (PL)	: 12,8
Plastisite İndeksi (PI)	: 7,9
Elek Analizi	
200 no'lu elekten geçen(%)	: 25,5
4 no'lu elekte kalan (%)	: 14,4
Zemin Sınıflaması	: SC (siltli kum)
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	: 19,10 kN/m ³
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	: 24
Kohezyon (C)	: 14,45 KN/m ²

Proje sahasında açılan SK-21 nolu sondaj kuyusunda 3,00 m seviyesinde yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir.

3.2. Sıvılaşma

Depremler sırasında sismik dalgalar, özellikle makaslama dalgaları, suya doygun (yeraltı suyu tablası altındaki) gevşek siltli kum ve kum zeminler içinde yayılırken, birbirine göre ters yönde etkiyen kuvvet çiftleri (makaslama kuvvetleri) yaratarak zemin tanelerinin yer değiştirmesine neden olurlar. Bu koşullar altında gevşek konumdaki kum tanecikleri birbirlerine yaklaşma eğilimi gösterirler ve bu davranış sırasında tanelerin temas noktalarındaki gerilim, taneleri çevreleyen suya aktarılır. Depremlerin ani ve çok kısa süreli hareketlere neden olması, taneler arasındaki suyun kaçması (drene olması) için gereken yeterli süreye olanak tanımamakta, dolayısıyla ortamdan uzaklaşamayan gözenek suyunun basıncını aniden arttırmaktadır.

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi gözenek suyu basıncındaki bu ani artış, zemin tanelerini bir arada tutan temas kuvvetlerini yok ederek taneleri birbirinden uzaklaştırır ve böylece zemin dayanımını yitirir. Efektif gerilmenin de yitime uğradığı ($\sigma' = 0$) bu koşullar altında zemin, deprem öncesinde gösterdiği katı malzeme davranışı yerine, sıvı gibi davranarak , suyla birlikte yüzeye doğru hareket eder ve yüzeyden çıkmaya başlar. Zeminin sergilediği bu davranış biçimi “Sıvılaşma” olarak tanımlanır.



Şekil 3.3 Sıvılaşma süreci sırasında zemin taneleri arasındaki temas kuvvetlerinin yitimi

Sıvılaşma yüzeyde kum fişkırması, tek başına veya ardı ardına dizilmiş kum volkanları ve fissürler boyunca kum birikmeleri şeklinde görülür. Şiddetli depremlerde her çeşit gevşek ve suya doymun zeminin sıvılaşması beklenmelidir. Zeminin taneleri çok ufak ise taneler arasındaki kohezyon sıvılaşmayı engelleyecektir. Bunun aksine taneler büyük ise zeminin geçirgenliği yüksek olacağından boşluk suyu basıncında önemli bir artış meydana gelecek ve sıvılaşma riski ortaya çıkacaktır.

Genellikle zeminin sıvılaşabilmesi için aşağıdaki koşulların gerçekleşmesi gerekmektedir.

1. Etkin yer ivmesinin $(a) > 0.22$ g olmalı,
2. Yer altı su düzeyi çoğunlukla 0 ile 20 m. arasında ve düşey taşıma gücü büyük olmayan suya doymuş kumlu, siltli kumlu ve killi kumlu yerler.
3. Tane boyutu düzenlik katsayısı $D_{60}/D_{10} < 10$ olan kum-silt türü özellikle D_{10} değerinin 0.005 ile 0.15 mm. arasında olduğu topraklar.
4. SPT sayısı yüzeye yakın yerlerde $N < 10$ ve 20 m. derinlikte $N < 20$ olan özellikle düşük göreceli sıkılıktaki kumlu yerler sıvılaşabilir ortamları oluşturur.
5. Zeminin, içerisindeki boşluk suyu basıncını artırabilecek herhangi bir deprem titreşimlerinin etkisi altında kalması⁽⁹⁾.

Siltli ve çakıllı zeminlerin nadirde olsa sıvılaşabildikleri gözlenmiş olsa da bu durum oldukça düşük bir olasılıktır ve literatürdeki birçok sıvılaşma analiz yöntemleri kumlu zeminler için geliştirilmiştir. Deprem etkisi ile zeminlerin sıvılaşma analizleri için geliştirilmiş farklı yöntemler literatürde mevcuttur. Bu tez kapsamında Devirsel Gerilme Oranı yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır.

3.2.1. Devirsel Gerilme Yaklaşımı ile Sıvılaşma Analizi

1960'lı ve 1970'li yıllarda H. B. Seed ve meslektaşları tarafından California üniversitesinde yapılan çalışmalar, sıvılaşma olayının anlaşılmasında büyük rol oynamıştır. Bu çalışmalar genellikle sıvılaşmayı tetikleyen yükleme koşullarının tespitine yönelik çalışmalardır. Sıvılaşmayı tetikleyen yükleme koşulları, devirsel kayma gerilmeleri olarak tanımlanmış ve sıvılaşma potansiyeli, deprem anında

meydana gelen kayma gerilmelerinin devir sayısı büyüklüğü temel alınarak belirlenmiştir. Kum kaynaması, yüzey çatlakları veya yanal yayılma görülen zeminlerde sıvılaşmanın olduğu kabul edilerek toplanan veriler, çoğunlukla düz yüzeyli ve sığ derinliklerdeki (<15 m) alüvyon ve nehir sedimentlerinden alınmıştır. Orijinal yöntem bu arazi şartları için geliştirilmiş olup, sadece bu şartlarda uygulanabilir.

Zeminlerin sıvılaşma dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanmasını veya tahmin edilmesini gerektirir bunlar;

- Zemin tabakasındaki sismik talebi ifade eden devirsel gerilme oranı (DGO)
- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncini gösteren devirsel direnç oranı (DDO)⁽⁷⁾.

3.2.1.1. Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Sıvılaşmayı başlatmak için gerekli aşırı boşluk suyu basıncı seviyesi, deprem nedeniyle oluşan devirsel yüklerin büyüklüğüne ve süresine bağlıdır. Devirsel gerilme yaklaşımı, aşırı boşluk suyu basıncı oluşumunun, devirsel kayma gerilmeleriyle ilgili olduğu tahminini temel almış ve bundan dolayı da deprem yükleri, devirsel kayma gerilmeleri cinsinden ifade edilmiştir.

Seed ve Idriss⁽³⁾, bir deprem sırasında oluşan maksimum kayma gerilmesini(τ_{max}) Şekil 3.4'de de görüldüğü gibi aşağıdaki eşitlikle ifade etmişlerdir.

$$\tau_{max} = (\gamma Z / g) a_{max} r_d$$

Burada,

a_{\max} = Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

g = Yerçekimi ivmesi

γ = Zeminin birim hacim ağırlığı

Z = Zemin yüzeyinden itibaren derinlik (m)

r_d = Gerilme azaltma katsayısı



Şekil 3.4 Birim en kesit alanlı kum kolonunda oluşan kayma gerilmesi(τ_{\max})

Ortalama kayma gerilmesini ise aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir.

$$\tau_{\text{ort}} = 0,65 (\gamma Z / g) a_{\max} r_d$$

1979 yılında Bolton Seed yayınladığı makalesinde ortalama kayma gerilmesini (τ_{ort}) düşey efektif gerilme (σ'_{v0}) ile normalize ederek, devirsel gerilme oranını gündeme getirmiştir. Bu gelişmeyle birlikte, sıvılaşmaya neden olacak kayma gerilmeleri devirsel gerilme oranı cinsinden ifade edilmeye başlanmıştır.

$$DGO = \tau_{\text{ort}} / \sigma'_{v0} = 0,65 (a_{\max} / g) (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) r_d$$

Burada r_d Youd vd⁽⁷⁾. tarafından aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir.

$$r_d = \frac{1,000 - 0,4113z^{0,5} + 0,04052z + 0,001753z^{1,5}}{1,000 - 0,4177z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205z^{1,5} + 0,001210z^2}$$

Burada, z metre cinsinden derinliktir.

3.2.1.2. Sıvılaşma Direncinin Tanımlanması

Zeminin sıvılaşma direnci, zeminin başlangıç şartlarının yenilme noktasına olan uzaklığına ve zemini yenilme noktasına getirmek için gerekli yüklemenin durumuna bağlıdır. Yenilme durumu akma türü sıvılaşma ve devirsel mobilite için farklıdır. Bununla birlikte bir arazide deprem sonrası meydana gelen sıvılaşmanın, hangi tür sıvılaşma olduğunun belirlenmesi genellikle mümkün değildir. Devirsel gerilme yaklaşımının geliştirilmesiyle, akma türü sıvılaşma ve devirsel mobilite, sıvılaşma adı altında bir arada değerlendirilmeye başlanmıştır⁽¹¹⁾.

SPT deneyi, sıvılaşma direncinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın arazi deneyidir. Çünkü sıvılaşma direncini artıran sıkılık, geçmişteki sismik deformasyon, aşırı konsolidasyon oranı, yanal zemin basıncı ve gerilmeye maruz kalma süresi gibi faktörler, aynı zamanda SPT direncini de artırmaktadır. Seed vd⁽¹⁶⁾ ince tane oranının artmasıyla, sıvılaşma direncinde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuşlar ve son

olarakta Idriss, Seed'in yardımıyla ince tane oranının sıvılaşma direncine etkisini denklemsel olarak aşağıdaki şekilde ifade etmiştir⁽⁷⁾.

$$(N_1)_{60tk} = \alpha + \beta (N_1)_{60}$$

Burada, α , β ince tane düzeltme katsayılarıdır ve aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmışlardır.

$$\alpha = 0 \quad ; \quad \dot{I}DO \leq \% 5$$

$$\alpha = \exp(1,76-(190-\dot{I}DO^2)) \quad ; \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35$$

$$\alpha = 5 \quad ; \quad \dot{I}DO \geq \%35$$

$$\beta = 1 \quad ; \quad \dot{I}DO \leq \% 5$$

$$\beta = (0,99+(\dot{I}DO^{1,5} / 1000)) \quad ; \quad \%5 < \dot{I}DO < \%35$$

$$\beta = 1,2 \quad ; \quad \dot{I}DO \geq \%35$$

Youd vd. devirsel direnç oranının hesabı için aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir⁽⁷⁾.

$$DDO = \frac{1}{34 - (N_1)_{60tk}} + \frac{(N_1)_{60tk}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60tk} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

Bu eşitlik sadece $(N_1)_{60} < 30$ değerleri için geçerlidir. $(N_1)_{60} \geq 30$ değerlerine sahip zeminler, sıvılaşma için çok sıkı kabul edilirler ve sıvılaşmayan zeminler olarak sınıflandırılırlar.

3.2.1.3. Sıvılaşma başlangıcının belirlenmesi

Sıvılaşma deprem nedeniyle oluşan yüklerin, sıvılaşma direncini aştığı derinliklerde oluşur. Bu ifade, bir emniyet faktörü cinsinden aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

$$EF = DDO / DGO$$

Burada,

DGO = deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

DDO = devirsel direnç oranı

EF = emniyet faktörüdür.

Emniyet faktörünün 1'den küçük olduğu derinliklerde, sıvılaşmanın olduğu kabul edilmektedir⁽¹¹⁾.

DDO'yu hesaplamak için verilen eğriler ve denklemler sadece M= 7,5 büyüklüğündeki depremler için elde edilmişlerdir. Eğrilerin ve denklemlerin farklı deprem büyüklüklerinde de kullanılabilmesi için hesaplanan DDO'ların M= 7,5 büyüklüğündeki depremlere göre düzeltilmesi gerekmektedir. Bunun için magnitüd düzeltme faktörleri kullanılmaktadır⁽¹³⁾.

$$EF = (DDO / DGO) MDF$$

Burada;

MDF magnitüd düzeltme faktörüdür.

$$MDF = 10^{2,24} / M^{2,56}$$

Burada; M söz konusu deprem büyüklüğüdür.

3.2.1.4. Sıvılaşma analizi için işlem adımları

$\dot{I}DO > \%35 \Rightarrow$ Zeminin sıvılaşma riski çok düşüktür ve buradaki analize uygun değildir.

1. $(N_1)_{60} = N C_N C_E C_B C_R C_S$ belirlenir
2. $DGO = \tau_{ort}/\sigma'_{v0} = 0,65 (a_{max}/g) (\tau_{ort}/\sigma'_{v0}) r_d$ tespit edilir.
3. $(N_1)_{60tk} = \alpha + \beta (N_1)_{60}$ belirlenir.
- 4.

$$DDO = \frac{1}{34 - (N_1)_{60tk}} + \frac{(N_1)_{60tk}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60tk} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

hesaplanır.

5. $MDF = 10^{2,24} / M^{2,56}$ tespit edilir.
6. $EF = (DDO / DGO) MDF$ hesaplanır.
7. Gereken yorumlar yapılır.

$EF \leq 1$ için sıvılaşma riski vardır.

$EF > 1$ için sıvılaşma riski yoktur.

3.2.1.5. Sıvılaşma sonucu oturma

Deprem yüklerine maruz kalan kumların, sıkılaşma eğilimi bilinmektedir. Alt zeminlerde oluşan sıkılaşma, zemin yüzeyinde oturma şeklinde kendini gösterir. Deprem nedeniyle oluşan oturmalar, sığ temeller üzerine inşa edilmiş yapılarda ve genellikle sığ derinliklerde yer alan altyapı sistemlerinde büyük hasarlara sebep olabilir.

Kuru kumlar, çok çabuk sıkışır. Genellikle, deprem sonucunda oturma işlemi tamamlanır. Suya doymun kumların oturması ise zaman almaktadır. Bu tür zeminlerde oturma ancak deprem nedeniyle oluşan aşırı boşluk suyu basıncının sönümlenmesi ile oluşur. Bunun için gerekli zaman, zeminin geçirimliliğine, sıkışabilirliğine ve drenaj yolunun uzunluğuna bağlıdır. Birkaç dakika ile birgün arasında değişiklik gösterebilir⁽¹¹⁾.

Bu tez kapsamında sıvılaşma sonucu suya doymun kumlarda meydana gelen oturma hesabı Tokimatsu ve Seed⁽⁸⁾ yöntemi esas alınarak SPT düzeltilmiş darbe sayısı ve DGO arasındaki ilişki kullanılarak yapılmıştır.

Bu yöntemde kullanılan düzeltilmiş darbe sayısı, üst tabaka yüküne ve %60 enerji oranına göre düzeltilmiş darbe sayısıdır. Üst tabaka yükü düzeltmesi için Tokimatsu ve Yoshimi⁽¹²⁾ tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır.

$$(N_1)_{60} = N C_N C_E$$

$$C_N = 170 / (70 + \sigma'_{v0})$$

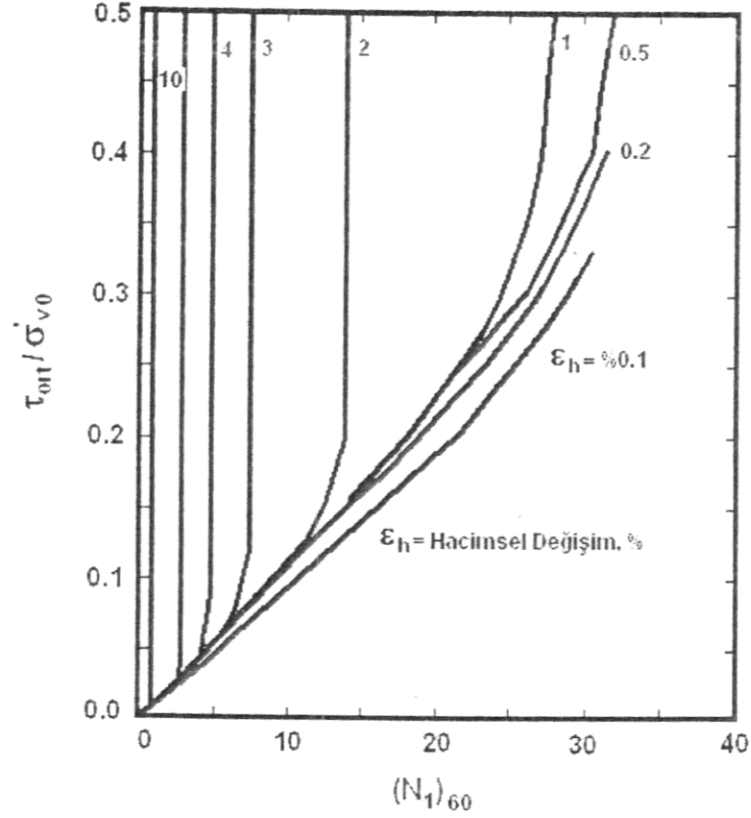
Burada;

N = ölçülen SPT darbe sayısı

C_N = üst tabaka yükü düzeltmesi

C_E = enerji oranı düzeltme katsayısı

σ'_{v0} = düşey efektif gerilme (kPa)



Şekil 3.5 Suya doymun kumlardaki sıvılaşıma sonrası hacimsel değişimin DGO ve SPT direnci ile değişimi (Tokimatsu ve Seed, 1987).

Suya doymun kumların oturma analizinde Şekil 3.5'den elde edilen birim hacim değişimi(ϵ_h), içinde bulunduğu zemin tabakasının kalınlığı ile çarpılarak o derinlikteki oturma miktarı belirlenir. Zemin tabakasının en altından başlanılmak üzere hesap edilen oturmalar toplanarak zemin yüzeyinde oluşacak toplam oturma değerleri elde edilir.

$$S = (\epsilon_h / 100) \Delta Z$$

$$S_{\text{top}} = \sum_{\text{Zemin tabanı}}^{\text{YASS}} S$$

Burada;

S = oturma miktarı

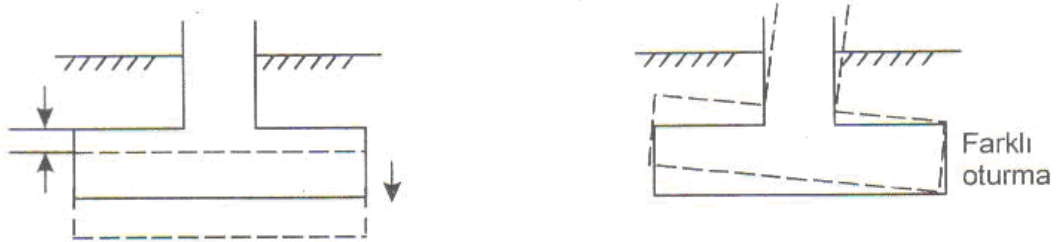
S_{top} = zemin yüzeyindeki toplam oturma miktarı

3.2.1.6. Sıvılaşma ve Sıvılaşmaya Bağlı Oturma Analiz Sonuçları

Bahçelievler ve Fabrikalar mahallerinde yapılan sondajlar sonucunda sıvılaşmanın olabileceği tespit edilen sk-3, sk-4, sk-8, sk-9, sk-10, sk-18, sk-19, sk-20, sk-21 sondaj bölgelerinin analizleri Prof. Dr. Murat MOLLAMAHMUTOĞLU ve İnş. Y. Müh. Fatih BABUÇCU⁽¹⁴⁾ tarafından geliştirilen PROSIVI programı kullanılarak yapılmıştır, ve sonuçları ek’de verilmiştir.

3.3. Zeminde Oturma

Zemin ve kayaçların herhangi bir düzleme bağlı olmadan, düşey yada düşeye yakın bir şekilde hareket etmesine çökme, çeşitli kuvvet ve yüklerin etkisiyle zeminin ve üzerindeki yapının aşağıya doğru hareket etmesine de oturma denir. Otmurmada hareket zamana bağlı olduğundan genellikle yavaştır. Yapıdan zemine gelen yükler nedeniyle sıkışabilen temel zeminlerinin konsolide olması sonucu Şekil 3.6’daki gibi temeller uniform veya farklı bir oturmaya maruz kalabilirler.



Şekil 3.6 Temellerde Uniform ve Farklı Oturma

Çökme ve oturmalar sonucunda binalar, yollar, değişik amaçla döşenen, borular çatlaklar, ziraat alanları kullanılamaz hale gelir. Akarsu ve yeraltı su akiferlerinin durumu değişir. Sonuçta mal ve can kaybını içeren büyük zararlar meydana gelir.

Bu nedenle bu tür hareketlerin olması muhtemel yada hareketlerin görüldüğü sahalarda devamlı ve hassas ölçülerin yapılması gerekir. Ölçülerle hareketin yönü, miktarı zamana bağlı olarak saptanır ve grafiklerle gösterilir. Kumlu zeminlerde oturma inşaatlarla birlikte başlamakta ve bitimi ile son bulmaktadır. Killerde oturma inşaat bitiminden sonrada devam etmektedir.

Bazı durumlarda zemin özelliğinde ani değişiklikler olur ve zeminde farklı oturmalar meydana gelir. Özellikle killi zeminler üzerine inşa edilen binalarda zamanla oturmaların artması sonucunda çatlaklar ve yıkılmalar meydana gelmektedir.

Çökme ve oturmalar doğal yada yapay nedenlere bağlı olarak meydana gelmektedir. Suyu hassas jips, tuz, kireçtaşı gibi kayaçların oluşturduğu yerlerde bunların sular tarafından eritilmesi ile çökme ve oturmalar meydana gelebilir. Örneğin karstik mağara tavanlarının çökmesi; jips, tuz içeren tabakaların eriyerek sular tarafından uzaklaştırılması gibi. Yeraltından fazla su çekilmesi, bataklık sahalarının kurutulması, yeraltından kullanma ya da içme için fazla su alınması sonucu özellikle çakıllı, kumlu ve killi zeminlerde tanelerin birbirine yaklaşması, suyun kaldırma kuvvetinin ortadan kalkmasına bağlı olarak zeminin sıkılaşmasına ve hacminin küçülmesine neden olur ki bunun sonucunda yüzeyde oturmalar görülür. Buna karşılık yeraltı suyunun yükselmesi ise zeminde yukarıya doğru bir hareket

oluşturur. Zeminler oluştukları malzemeye bağlı olarak değişik oranlarda taşıma gücüne sahiptirler. Zeminler taşıma güçlerinden fazla yükler altında kalırsa oturmalar meydana gelir. Özellikle turbalık, kumlu, killi yumuşak zeminlerde bu tür oturmalar sıkça rastlanır. Bu tür zeminlerde, inşa edilen temellerde oturma olurken, temel dışında kabarmalar meydana gelir. Suyu doygun olmaları halinde yatay yönde de hareket edebilirler

Oturma sonucu meydana gelen çekme ve basınç gerilmelerine bağlı olarak binaların duvar, kapı ve pencere köşelerinde çatlaklar oluşur. Oturma ve çökmeler bu faktörlerin biri veya bir kaçının etkisiyle oluşabilir. Bu nedenle yapılaşmada gerekli hesapların yapılması, tedbirlerin alınması gerekir.

3.3.1. Konsolidasyon Oturması

Bu tip oturmalar, zemin üzerine binen yük ile meydana gelen düşey doğrultudaki gerilme ile zeminin deformasyona uğramasıdır. Bu tip deformasyonlar killi ve siltli zeminler için geçerlidir. Kumlu zeminlerde ani ve konsolidasyon oturması ayrılamaz. Çünkü suya doygun kumlarda, zemin yük altında iken kum içindeki su, kum geçirimsiz tabakalar arasında değil ise süratle dışarı atılacağından oturma çok çabuk meydana gelir.

Araştırmacılar kile oturan tekil ve şerit temel sistemlerinde 6.5cm. radyelerde 6.5 – 10 cm. kuma oturan tekil ve şerit temel sistemlerinde 4.0 cm., radyelerde 4 - 6.5 cm. olarak vermişlerdir. İzin verilebilir maksimum farklı oturmaları ise, tüm temel sistemleri için kilde 4 cm, kumda 2.5 cm. olarak belirtmişlerdir⁽¹⁾.

Arazide, H kalınlığındaki suya doğgun bir tabakanın nihai Konsolidasyon oturması aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\Delta H = m_v \cdot \Delta p \cdot H$$

ΔH : Tabakanın toplam nihai konsolidasyon oturması

M_v : Konsolidasyon deneyinden arazideki gerilme artış durumuna karşılık gelen hacimsel sıkışma katsayısı

Δp : Yüklemeden dolayı tabaka ortasındaki efektif gerilme artışı

H: Tabakanın kalınlığı

Bahçelievler Mahallesiinde zeminin killi olarak tespit edildiği SK-1 ve SK-7 sondaj bölgelerinden elde edilen zemin numuneleri üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda

SK-1 P=0,5-1 (kg/cm²) için $M_v=0,0121$ (cm²/kgf)

SK-7 P=0,5-1 (kg/cm²) için $M_v=0,0176$ (cm²/kgf)

olarak tespit edilmiştir.

Bölgede yapılacak 1 bodrum+5 katlı 20*20 m taban ölçülerine sahip bir binada meydana gelecek oturma aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Δp hesaplanırken 1 m² inşaatın 1ton ağırlığında olduğu kabul edilmiştir.

Buradan;

5 kat+1 bodrum= 6 kat

400*6 kat=2400 m² toplam inşaat alanı

2400*1 ton= 2400 ton toplam yük

Temel taban basıncı=2400/400 = 6 ton/m² = 0,6 kg/cm²

Temel derinliği ihmal edilirse Temel taban basıncı kil tabakası üzerine oturmuş bir yüzey yükü haline gelmiştir.

$$n=m=10/5=2$$

$$K=0,2325$$

$$\Delta p=4*0,6*0,2325 = 0,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$H=10 \text{ m (Kil tabakası kalınlığı)}$$

SK-1 için

$$\Delta H = mv \cdot \Delta p \cdot H$$

$$\Delta H= 0,0121 \cdot 0,55 \cdot 1000$$

$$\Delta H=6,65 \text{ cm olarak tespit edilir.}$$

SK-7 için

$$\Delta H= 0,0176 \cdot 0,55 \cdot 1000$$

$$\Delta H=9,68 \text{ cm olarak tespit edilir}$$

Fabrikalar Mahallesi de zeminin killi olarak tespit edildiği SK-13, SK-15 ve SK-17 sondaj bölgelerinden elde edilen zemin numuneleri üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda

$$\text{SK-13} \quad P=0,5-1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{için} \quad M_v=0,0099 \text{ (cm}^2\text{/kgf)}$$

$$\text{SK-15} \quad P=0,5-1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{için} \quad M_v=0,0124 \text{ (cm}^2\text{/kgf)}$$

$$\text{SK-17} \quad P=0,5-1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{için} \quad M_v=0,01348 \text{ (cm}^2\text{/kgf)}$$

olarak tespit edilmiştir.

SK-13

$$\Delta H = 0,0099 \cdot 0,55 \cdot 1000$$

$\Delta H = 5,44$ cm olarak tespit edilir.

SK-15

$$\Delta H = 0,0124 \cdot 0,55 \cdot 1000$$

$\Delta H = 6,82$ cm olarak tespit edilir.

SK-17

$$\Delta H = 0,01348 \cdot 0,55 \cdot 1000$$

$\Delta H = 7,41$ cm olarak tespit edilir.

Bölgede yapılabilecek 1 bodrum+5 kat bina senaryosuna göre meydana gelen oturmalar kabul edilebilir sınırlar içerisinde dir.

3.4. Zemin Taşıma Gücü

Temel alt kotu üzerinde kalan zeminlerin taşıma gücüne bir katkı sağlamadığı bilinmektedir. Temel zemini yapı yüklerini doğrudan taşıyan zemin ortamıdır. Yapı yükleri zemine direkt olarak temel aracılığı ile iletilir. Taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi ise temel altında bulunan zeminin herhangi bir yükü altındaki etkileşimini, yani kaymaya ve göçmeye karşı göstereceği direnci ifade etmektedir.

Taşıma gücü temel genişliğinin yaklaşık üç katı derinlikte zemine kadar etki etmektedir.

Zeminin emniyetli taşıma gücü üç eksenli basınç deneyinden elde edilmiş olan içsel sürtünme açısı(ϕ), kohezyon (c), ayrıca zeminin doğal birim hacim ağırlığı parametreleri kullanılarak hesap edilmiştir. Terzaghi taşıma gücü teorisine göre,

$$q_u = k_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + k_2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{emniyet} = (q_u - \gamma \cdot D_f) / G_s$$

q_u	:Zeminin nihai taşıma kapasitesi
$q_{emniyet}$:Zeminin emniyetli taşıma kapasitesi
c	:Kohezyon
γ	:Zeminin doğal birim hacim ağırlığı
D_f	:Temel derinliği
B	:Temel genişliği
N_c, N_q, N_γ	:Taşıma kapasitesi katsayıları
G_s	:Emniyet Faktörü

Bahçelievler ve Fabrikalar mahallesi sondaj bölgelerinden elde edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilere göre, farklı temel, temel derinliği ve temel genişliğine göre zeminin emniyetli taşıma güçleri Çizelge 3.24, Çizelge 3.25, Çizelge 3.26, Çizelge 3.27, Çizelge 3.28, Çizelge 3.29, Çizelge 3.30, Çizelge 3.31, Çizelge 3.32, Çizelge 3.33, Çizelge 3.34, Çizelge 3.35, Çizelge 3.36, Çizelge 3.37, Çizelge 3.38, Çizelge 3.39, Çizelge 3.40, Çizelge 3.41 ve Çizelge 3.42'de görülmektedir.

Çizelge 3.24 Sk-1 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin(L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,11	1,11	1,11	1,33	1,33	1,22	1,16
2 m. için	1,12	1,12	1,12	1,34	1,34	1,23	1,18
3 m. için	1,13	1,14	1,14	1,35	1,35	1,24	1,19
4 m. için	1,15	1,15	1,15	1,37	1,37	1,26	1,20
5 m. için	1,16	1,16	1,16	1,38	1,38	1,27	1,22

Çizelge 3.25 Sk-2 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,39	1,39	1,40	1,65	1,66	1,52	1,47
2 m. için	1,46	1,46	1,48	1,72	1,73	1,59	1,54
3 m. için	1,53	1,54	1,55	1,80	1,80	1,67	1,61
4 m. için	1,61	1,61	1,62	1,87	1,88	1,74	1,68
5 m. için	1,68	1,68	1,69	1,94	1,95	1,81	1,76

Çizelge 3.26 Sk-3 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,20	1,22	1,32	1,36	1,44	1,29	1,35
2 m. için	1,51	1,53	1,63	1,67	1,75	1,60	1,66
3 m. için	1,82	1,84	1,94	1,98	2,06	1,91	1,97
4 m. için	2,13	2,15	2,25	2,30	2,37	2,22	2,28
5 m. için	2,44	2,46	2,56	2,61	2,68	2,54	2,59

Çizelge 3.27 Sk-4 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,12	1,14	1,20	1,29	1,34	1,21	1,24
2 m. için	1,37	1,38	1,45	1,53	1,59	1,46	1,48
3 m. için	1,61	1,63	1,69	1,78	1,83	1,70	1,73
4 m. için	1,86	1,87	1,94	2,02	2,08	1,95	1,97
5 m. için	2,10	2,11	2,18	2,27	2,32	2,19	2,21

Çizelge 3.28 Sk-5 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	0,81	0,83	0,92	0,91	0,97	0,87	0,93
2 m. için	1,10	1,12	1,20	1,19	1,26	1,15	1,21
3 m. için	1,38	1,40	1,48	1,48	1,54	1,44	1,50
4 m. için	1,67	1,68	1,77	1,76	1,83	1,72	1,78
5 m. için	1,95	1,97	2,05	2,04	2,11	2,01	2,07

Çizelge 3.29 Sk-6 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,12	1,12	1,13	1,33	1,34	1,23	1,18
2 m. için	1,17	1,17	1,17	1,38	1,39	1,27	1,23
3 m. için	1,21	1,22	1,22	1,43	1,43	1,32	1,27
4 m. için	1,26	1,26	1,27	1,47	1,18	1,37	1,32
5 m. için	1,31	1,31	1,32	1,52	1,53	1,42	1,37

Çizelge 3.30 Sk-7 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	0,89	0,89	0,89	1,06	1,06	0,97	0,93
2 m. için	0,92	0,92	0,92	1,09	1,09	1,00	0,96
3 m. için	0,95	0,95	0,95	1,12	1,12	1,03	1,00
4 m. için	0,98	0,98	0,98	1,15	1,15	1,06	1,03
5 m. için	1,01	1,01	1,01	1,18	1,18	1,10	1,06

Çizelge 3.31 Sk-8 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,23	1,28	1,56	1,30	1,52	1,29	1,55
2 m. için	1,91	1,96	2,24	1,97	2,20	1,97	2,23
3 m. için	2,59	2,64	2,92	2,65	2,87	2,65	2,91
4 m. için	3,27	3,32	3,60	3,33	3,55	3,33	3,59
5 m. için	3,95	4,00	4,28	4,01	4,23	4,01	4,27

Çizelge 3.32 Sk-9 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,26	1,31	1,54	1,35	1,54	1,33	1,54
2 m. için	1,86	1,91	2,14	1,95	2,14	1,93	2,14
3 m. için	2,46	2,50	2,74	2,55	2,74	2,53	2,74
4 m. için	3,06	3,10	3,34	3,15	3,34	3,13	3,34
5 m. için	3,66	3,70	3,94	3,75	3,94	3,73	3,94

Çizelge 3.33 Sk-10 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	0,81	0,84	1,00	0,85	0,98	0,84	1,00
2 m. için	1,27	1,30	1,47	1,31	1,45	1,31	1,46
3 m. için	1,74	1,77	1,94	1,78	1,91	1,78	1,93
4 m. için	2,20	2,24	2,40	2,25	2,38	2,24	2,40
5 m. için	2,67	2,70	2,87	2,71	2,85	2,71	2,86

Çizelge 3.34 Sk-12 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	D _F	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m
1 m. için	1,89	1,89	1,90	2,25	2,26	2,07	1,99
2 m. için	1,96	1,96	1,97	2,32	2,33	2,14	2,06
3 m. için	2,03	2,03	2,04	2,39	2,40	2,21	2,13
4 m. için	2,10	2,10	2,11	2,46	2,47	2,28	2,20
5 m. için	2,16	2,17	2,18	2,53	2,54	2,35	2,27

Çizelge 3.35 Sk-13 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	D _F	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m
1 m. için	1,11	1,11	1,12	1,32	1,33	1,21	1,17
2 m. için	1,18	1,18	1,19	1,39	1,39	1,28	1,24
3 m. için	1,25	1,25	1,26	1,45	1,46	1,35	1,31
4 m. için	1,32	1,32	1,33	1,52	1,53	1,42	1,38
5 m. için	1,39	1,39	1,40	1,59	1,60	1,49	1,45

Çizelge 3.36 Sk-15 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	D_F	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m
1 m. için	3,68	3,69	3,73	4,37	4,41	4,03	3,90
2 m. için	3,86	3,87	3,92	4,56	4,59	4,21	4,09
3 m. için	4,05	4,06	4,10	4,74	4,78	4,40	4,27
4 m. için	4,23	4,24	4,28	4,92	4,96	4,58	4,45
5 m. için	4,42	4,42	4,47	5,11	5,14	4,77	4,64

Çizelge 3.37 Sk-16 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	D_F	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m
1 m. için	1,51	1,51	1,52	1,81	1,81	1,66	1,59
2 m. için	1,55	1,55	1,55	1,84	1,85	1,69	1,62
3 m. için	1,58	1,58	1,58	1,88	1,88	1,73	1,66
4 m. için	1,61	1,61	1,62	1,91	1,91	1,76	1,69
5 m. için	1,65	1,65	1,65	1,94	1,94	1,79	1,72

Çizelge 3.38 Sk-17 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,48	1,48	1,49	1,77	1,77	1,63	1,56
2 m. için	1,53	1,53	1,54	1,82	1,82	1,67	1,61
3 m. için	1,58	1,58	1,59	1,86	1,87	1,72	1,66
4 m. için	1,62	1,63	1,63	1,91	1,92	1,77	1,70
5 m. için	1,67	1,67	1,68	1,96	1,96	1,82	1,75

Çizelge 3.39 Sk-18 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	0,99	1,01	1,12	1,10	1,19	1,05	1,14
2 m. için	1,33	1,35	1,46	1,44	1,53	1,39	1,48
3 m. için	1,67	1,69	1,80	1,78	1,87	1,73	1,82
4 m. için	2,01	2,03	2,14	2,12	2,21	2,07	2,16
5 m. için	2,35	2,37	2,48	2,46	2,55	2,41	2,50

Çizelge 3.40 Sk-19 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,05	1,10	1,30	1,13	1,29	1,11	1,30
2 m. için	1,58	1,63	1,83	1,66	1,82	1,64	1,83
3 m. için	2,11	2,16	2,36	2,19	2,35	2,17	2,36
4 m. için	2,65	2,69	2,89	2,72	2,88	2,70	2,89
5 m. için	3,18	3,22	3,42	3,25	3,41	3,23	3,42

Çizelge 3.41 Sk-20 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	0,82	0,84	0,94	0,91	0,99	0,87	0,95
2 m. için	1,13	1,15	1,25	1,22	1,30	1,18	1,26
3 m. için	1,44	1,46	1,56	1,53	1,61	1,49	1,57
4 m. için	1,75	1,77	1,87	1,84	1,92	1,80	1,88
5 m. için	2,06	2,08	2,18	2,15	2,23	2,11	2,19

Çizelge 3.42 Sk-21 Sondajı Zemin Emniyet Gerilmesi Değerleri(kg/cm²)

EMNİYET HESAPLARI	Şerit Temel İçin (L=sonsuz)			Kare Temel İçin		Dikdörtgen Temel İçin	
	B = 0,8 m	B = 1 m	B = 2 m	B = 1m	B = 2 m	B = 1 m L = 2 m	B = 1m L = 4m
D _F							
1 m. için	1,15	1,17	1,27	1,29	1,36	1,23	1,29
2 m. için	1,55	1,57	1,66	1,68	1,76	1,62	1,69
3 m. için	1,94	1,96	2,06	2,08	2,16	2,02	2,09
4 m. için	2,34	2,36	2,46	2,48	2,55	2,42	2,48
5 m. için	2,74	2,76	2,86	2,87	2,95	2,82	2,88

3.5. Depremsellik

Bahçelievler ve Fabrikalar mahallelerinin 1. derece deprem bölgesi içinde olması nedeniyle deprem etkisi gözardı edilmemeli ve yapısal projelendirme aşamasında ilgili deprem şartnamelerine uyulmalıdır.

Bahçelievler mahallesinden elde edilen sondaj verileri doğrultusunda bölgenin az çakıllı killi kum ve kumlu kil birimlerinden oluştuğu, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu, ortalama SPT değerininin kumlu bölgelerde 15, killi bölgelerde 20 civarında olduğu tespit edilmiştir. Fabrikalar mahallesinde ise bölgenin çakıllı kumlu kil ve az killi çakıl kum karışımlarından oluştuğu yer altı su seviyesinin yüksek olduğu ortalama SPT değerinin kumlu bölgelerde 15 killi bölgelerde 30 civarında olduğu belirlenmiştir.

Bu durumda “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007” çerçevesinde hem Bahçelievler hem de Fabrikalar mahallelerinin de Çizelge 3.43, 3.44, 3.45 ve 3.46’ e göre⁽¹⁵⁾

Çizelge 3.43 Etkin Yer İvme Katsayısı

Deprem	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 3.44 Zemin Grupları

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

Çizelge 3.45 Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h ₁)
Z1	(A) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h ₁ > 15 m olan (B) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 olan (C) grubu
Z3	15 m < h ₁ ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler
Z4	h ₁ > 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ > 10 m olan (D)

Çizelge 3.46 Spektrum Karakteristik Periyotları (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

Yerel Zemin Sınıfı : Z₄
Zemin Grubu : C
Etkin yer ivmesi katsayısı (A₀) : 0.40
Spektrum karakteristik periyotları : T_A = 0.20 saniye
: T_B = 0.90 saniye

Olarak tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez kapsamında Bahçelievler ve Fabrikalar mahalleri incelenmiştir. Bölge Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmaktadır. Genel olarak nehir sedimanlarının oluşturduğu taşıma gücü oldukça sınırlı yeraltı su seviyesi yüksek zeminlerden oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesi 2 m ile 4 m arasında değişmektedir. Yeraltı su seviyesinin yüksek olmasından dolayı yapılar bundan olumsuz etkilenecektir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için bu bölgelerdeki tüm yapılarda yeraltı su seviyesini indirmek için önlemler alınmalı, temel çevresine mutlaka drenaj sistemi ve nem, rutubet ve donatıların korozyona uğramasını engellemek amacıyla temelde yalıtım yapılmalıdır.

Kırıkkale 1. derece deprem aktivitesine sahip olup alüvyon zeminlerden oluşan Bahçelievler ve Fabrikalar mahallerinin olası deprem esnasında deprem dalgaları altında zeminin geoteknik parametrelerinin azalacağı ve buna bağlı olarak taşıma gücünün azalacağı bilinmektedir. Bu yüzden bölgede yapılacak yapıların temel derinliği yüksek seçilmeli ve mümkünse bodrumlu yapılmalıdır. Bölge incelendiğinde zeminin 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkında Yönetmelikte belirtilen zemin grupları tablosunda "C" grubu zeminler içerisinde yer aldığı ve yerel zemin sınıfının "Z4" olduğu tespit edilmiştir.

Söz konusu bölgede projelendirme için kullanılacak pik deprem ivmesi $a=0.40$ g olarak verilmiştir. Spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkında Yönetmelikte verilen tabloya göre yerel zemin sınıfı Z4 için sırayla 0,20 sn ve 0,90 sn olarak verilmektedir.

Dinamik etki sonucu oluşan sıvılaşma ve oturmalar tez kapsamında incelenen diğer bir başlıktır. Bu etkenler yerleşim alanlarının seçiminde ve projelendirme aşamalarında dikkate alınmazsa yapılarda can ve mal kaybı ile sonuçlanabilecek geri dönüşü olmayan kazalara neden olabilir. Sıvılaşmayı etkileyen önemli parametrelerden birisi de zeminin plastikiğidir. Genel olarak plastikiğin sıvılaşmaya olan etkisi analizlerde, arazi ve laboratuvar deneylerinde ihmal edilmekte ve göz önünde bulundurulmamaktadır. Zeminin ince malzeme oranının artması sıvılaşmayı güçleştirici bir etkidir. Bu durumun göz önünde bulundurulmaması ekonomik yönden daha maliyetli sonuçların elde edilmesine neden olabilir. Örneğin ince malzeme oranını dikkate alındığında sıvılaşmayan bir zemin, ince malzeme oranı dikkate alınmadığında sıvılaşıyor çıktığında, bu bölgede yapılacak yapılar ve alt yapı için fazladan ve gereksiz yere kaynak harcanmasına neden olabilir. Zeminlerin çeşitli özelliklerinin (İnce malzeme, plastiki, dane çapı dağılımı...) sıvılaşmaya olan etkileri üzerine araştırmalar devam etmektedir. Ancak su ana kadar geliştirilen ve literatürlerde mevcut olan yöntemlerde zeminlerin ince malzeme oranı sıvılaşma riskini azaltıcı yöndedir. Mevcut durum göz önüne alındığında zeminlerin bu özelliklerinin dikkate alınması ekonomik kazanımlar sağlayabilir. Bundan dolayı arazi ve laboratuvar deneylerinde zeminlerin bu özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneylerin yapılmasına önem verilmeli ve sıvılaşma analizlerinde zeminlerin ince malzeme ve plastiki özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Ayrıca çalışılan bölge de magnitüd değeri 4,5 ve 6 olarak yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda bütün magnitüd değerlerinde özellikle magnitüd 5 ve 6 değerlerinde demir yoluna yakın bölgelerde zeminin tamamında sıvılaşması görülmüştür. Tekrarlı yükler altında sıvılaşabilen zeminlerde stabiliteyi arttırmak için zemin iyileştirilmesine gidilmeli, temele belirli bir derinlik kazandırılmalıdır. Temel

ve yapı bütünlüğünün korunması açısından sürekli temellerin tekil temellerden, radye temellerin ise sürekli temellerden daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Bölgede sıvılaştıran zeminlerin iyileştirilmesi amacıyla;

- Binaların altındaki zeminin kazıklarla sıkıştırılması,
- Zemine kompaksiyon ve titreşimler uygulanarak sıkıştırılması,
- Sıvılaşabilecek zemine çimento şerbetinin yüksek basınç ile enjekte edilmesi,
- Su seviyesi kontrol edilebiliyorsa su seviyesinin düşürülmesi,
- Uygun ise bina temelini sıvılaşabilecek zeminin altındaki sağlam zemine oturtulması,
- Binanın altına bodrum yapılması yöntemlerinden biri veya birkaçı kullanılarak zeminde iyileştirme yapılmalıdır.

Yapılan oturma hesaplarında bölgedeki konsolidasyon oturmaları kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Ancak oturmaları daha da aza indirmek için inceleme alanlarında yapılacak inşaatlar da temel altındaki olası zemin oturmalarının önlenmesi veya azaltılması için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır;

- Sıkışabilir zemin tabakalarının uzaklaştırılması,
- Kazıklı temeller,
- Taban basıncının küçük seçilmesi,
- Sıkışabilir zemin tabakalarının sıkıştırılması,
- Yükü temele erken koymak ve yapının inşaatı bitmeden önce uzun süre etki ettirmek,
- Temel zeminini ileride etkileyecek olan yükten daha fazla bir yüke maruz bırakmak,

Bu yöntemlerden bazıları uygulanarak oturmalar minimum değerlere indirilmelidir.

Ayrıca bölgede yapılacak binaların statik hesapları yapılırken Bölüm 3.4'de değişik temel, temel derinliği ve temel genişliği için verilen zemin emniyet gerilmesi değerleri kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. B. A. Uzuner, Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon,
2. O. Sivrikaya, E. Toğrol. İTÜ Mühendislik Dergisi, **2**, 59,(2003).
3. H. B. Seed and I. M. Idriss. ASCE, **107**, 1249(1971).
4. A. Palacios, The theory and measurement of energy transfer during SPT test sampling. Ph. D. Dissertation, University of Florida, 1977.
5. J. H. Schmertmann, Predicting the qc / N ratio- interpreting the dynamics of the Standard Penetration Test. University of Florida Report to the Department of Transportation, Florida, 1976.
6. J. H. Schmertmann, Use the SPT to measure dynamic properties?- Yes, But...!. Proceedings, American Society For Testing and Materials Symposium on Dynamic Field and Laboratory Testing of Soil and Rock, Denver, 1977.
7. T. L. Youd, et al. ASCE, **127**, 817(2001).
8. K. Tokimatsu and H.B. Seed. ASCE, **113**, 861(1987).
9. İ. Aksu ve E. Altundağ, Bahçelievler Mahallesi Alt Geçiti Zemin Etüd Raporu, Kırıkkale, 2004.
10. K. Terzaghi-R.B.Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice. John Willey and Sons Inc., 1948.
11. S. L. Kramer, Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics, 1996.
12. K. Tokimatsu and Y. Yoshimi. Soils and Foundations, **23**, 56(1983).
13. H. B. Seed and I. M. Idriss, Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, University of California, Berkeley, 1982.
14. M. Mollamahmutoğlu ve F. Babuçcu, Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 2006.

15. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
16. H. B. Seed, K. Tokimatsu, L. F. Harder and R. M. Chung. ASCE, **111**, 1425(1985).

EK-1

SK-1 SONDAJ LOGU

Derinlik (m)	Numune			SPT			SPT Grafığı N/30 cm				Zemin Sınıfı	Çep Pent.	Zemin Profili	BİRİM
	Öselenm	Öselenm	No	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	10	20	30	40				
1														BITKİSEL TOPRAK
2														0,40m
3	3,00-3,45	SPT	1	3	3	7								YASS 2,50 m
4														
5														
6														
7	7,50-8,00	UD	2											
8	8,00-8,45	SPT	3	4	6	8								
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15	15,00-15,45	SPT	4	4	5	7								
16														
17														
18														
19														
20														
														Kuyu sonu : 20,00 m
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ SPT							KAYA NİTELİĞİ			AYRIŞMA DERECESESİ		ÇATLAK SIKLIĞI		
İnce taneli (Kohezyonlu)				İri Taneli (Kohezyonsuz)			ROD (%)			W		(m-1)		
N : 0-2 Çok yumuşak				N : 0-4 Çok Gevşek			0-25 Çok Zayıf			W1 Taze (Ayrışmamış)		<1 Masif		
N : 3-4 Yumuşak				N : 5-10 Gevşek			25-50 Zayıf			Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı - Kırıklı		
N : 5-8 Orta katı				N : 11-30 Orta Sıkı			50-75 Orta			W3 Orta derecede Ayr.		3-10 Kırıklı		
N : 9-13 Katı				N : 31-50 Sıkı			75-90 İyi			W4 Ayrışmış		10-50 Çok Çatlaklı - Kırıklı		
N : 14-30 Çok katı				N : > 50 Çok Sıkı			90-100 Çok İyi			W5 Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış		
N : > 30 Sert														

SK-2 SONDAJ LOGU

Derinlik (m)	Numune			SPT			SPT Grafığı N/30 cm					Zemin Sınıfı	Çep Pent.	Zemin Profili	BİRİM
	Örselemlen	Örselemlen	No	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	10	20	30	40	50				
1															BITRİSEL TOPRAK
2															0,40m
3															
4															
5		SPT	1	3	3	7									
6															
7															
7,50-8,00		UD	1												YASS 6,50 m
8															
9															
10															
11															
12															
13		SPT	2	10	13	17									
13,00-13,45															
14															
15															
16															
17															
18		SPT	3	15	19	23									
18,00-18,45															
19															
20															
															Kuyu sonu : 20,00 m
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ SPT						KAYA NİTELİĞİ					AYRIŞMA DERECESİ		ÇATLAK SIKLIĞI		
İnce taneli (Kohezyonlu)			İri Taneli (Kohezyonsuz)			RQD (%)					W		(m ⁻¹)		
N : 0-2	Çok yumuşak		N : 0-4	Çok Gevşek		0-25	Çok Zayıf			W1 Taze (Ayrışmamış)		<1	Masif		
N : 3-4	Yumuşak		N : 5-10	Gevşek		25-50	Zayıf			W2 Az Ayrışmış		1-3	Az çatlaklı - Kırıklı		
N : 5-8	Orta katı		N : 11-30	Orta Sıkı		50-75	Orta			W3 Orta derecede Ayr.		3-10	Kırıklı		
N : 9-13	Katı		N : 31-50	Sıkı		75-90	İyi			W4 Ayrışmış		10-50	Çok Çatlaklı - Kırıklı		
N : 14-30	Çok katı		N : > 50	Çok Sıkı		90-100	Çok İyi			W5 Tamamen Ayrışmış		>50	Parçalanmış		
N : > 30	Sert														

SK-7 SONDAJ LOGU

Sondaj Derinliği	Örnek No	Örnek Der.	Örnek Türü	Müh. Boru	STD. PEN. Deneği			STANDART PENETRASYON GRAFIGİ					Zemin profili	Karot çapı	Karot %	RQD %	BİRİM TANIMLAMASI	Birim Derinliği
					15	30	45	10	20	30	40	50						
																Bitkisel Toprak	0,40m	
1,00																Az Çakıllı Kumlu Kil		
2,00																Az Çakıllı Kumlu Kil		
3,00	1	3,00	SPT		9	9	10									Az Çakıllı Kumlu Kil		
4,00		3,50														Az Çakıllı Kumlu Kil		
5,00	2	4,50	UD													Az Çakıllı Kumlu Kil		
6,00		4,95														Az Çakıllı Kumlu Kil		
7,00	3	6,00	SPT		7	8	10									Az Çakıllı Kumlu Kil		
8,00		6,45														Az Çakıllı Kumlu Kil		
9,00	4	7,50	SPT		11	12	15									Az Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
10,00		7,95														Az Çakıllı Kumlu Kil		
11,00	5	9,00	SPT		8	9	10									Az Çakıllı Kumlu Kil		
		9,45														Az Çakıllı Kumlu Kil		
																Kuyu Sonu:10,00m	10,00	
NUMUNE TİPİ					ZEMİN - KAYA DEĞERLENDİRMESİ													
SPT : STD. PENETRASYON					İNCE TANELİ					İRİ TANELİ					KAYA KALİTESİ TANIMI			
UD : ŞELBY TUBE					N: 0-2 Çok Yumuşak					N: 0-4 Çok Gevşek					0-25 % Çok Zayıf			
RC : KAROT NUMUNE					N: 3-4 Yumuşak					N: 5-10 Gevşek					25-50 % Zayıf			
					N: 9-15 Katı					N: 31-50 Sıkı					75-90 % İyi			
					N: 16-30 Çok Katı					N: 31-50 Sıkı					75-90 % İyi			
					N: 30 Sert					N: 50 Çok Sıkı					90-100 % Çok İyi			

SK-11 SONDAJ LOGU

Sondaj Derinliği	Örnek No	Örnek Der.	Örnek Türü	Müh. Boru	STANDART PENETRASYON GRAFIGİ					Zemin profili	Karat Çapı	Karat %	RQD %	BİRİM TANIMLAMASI	Birim Derinliği
					15	30	45	10	20						
0,00													Bitkisel Toprak	0,40m	
1,00		1,50											Az Çakıllı Kumlu Kil	0,40m	
2,00	1	1,95	SPT		12	19	23								
3,00		3,00											Az Çakıllı Kumlu Kil	0,40m	
4,00	2	3,50	SPT		14	18	35								
5,00		4,50											Az Çakıllı Kumlu Kil	0,40m	
6,00	4	4,95	UD												
7,00		7,50											Az Çakıllı Kumlu Kil	0,40m	
8,00	4	7,95	SPT		30	50	-								
9,00		9,00											Az Çakıllı Kumlu Kil	0,40m	
10,00	5	9,45	SPT		21	42	50								
11,00															
													Kuyu Sonu:10,00m		
NUMUNE TİPİ					ZEMİN - KAYA DEĞERLENDİRMESİ										
SPT : STD. PENETRASYON					İNCE TANELİ			İRİ TANELİ			KAYA KALİTESİ TANIMI				
UD : ŞELBY TUBE					N: 0-2 Çok Yumuşak			N: 0-4 Çok Gevşek			0-25 % Çok Zayıf				
RC : KAROT NUMUNE					N: 3-4 Yumuşak			N: 5-10 Gevşek			25-50 % Zayıf				
					N: 9-15 Katı			N: 31-50 Sıkı			75-90 % İyi				
					N: 16-30 Çok Katı			N: 31-50 Sıkı			75-90 % İyi				
					N: 30 Sert			N: 50 Çok Sıkı			90-100 % Çok İyi				

SK-16 SONDAJ LOGU

Sondaj Derinliği	Örnek No	Örnek Der.	Örnek Türü	Müh. Boru	STD. PEN. Deneği			STANDART PENETRASYON GRAFIGİ					Zemin profili	Karat Çapı	Karat %	RQD %	BİRİM TANIMLAMASI	Birim Derinliği
					15	30	45	10	20	30	40	50						
0,00																Bitkisel Toprak	0,40m	
1,00		1,50			6	6	10									Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
2,00	1	1,95	SPT															
3,00		3,00			11	13	17									Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
4,00	2	3,50	SPT															
5,00																Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
6,00		6,00			14	15	17											
7,00		6,45	SPT													Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
8,00	4	7,50	UD															
9,00		7,95														Çakıllı Kumlu Kil	7,00m	
10,00	5	9,00	SPT		29	31	35											
11,00		9,45																
																Kuyu Sonu:10,00m		
NUMUNE TİPİ					ZEMİN - KAYA DEĞERLENDİRMESİ													
SPT : STD. PENETRASYON					İNCE TANELİ					İRİ TANELİ					KAYA KALİTESİ TANIMI			
UD : ŞHELBY TUBE					N: 0-2 Çok Yumuşak					N: 0-4 Çok Gevşek					0-25 % Çok Zayıf			
RC : KAROT NUMUNE					N: 3-4 Yumuşak					N: 5-10 Gevşek					25-50 % Zayıf			
					N: 9-15 Katı					N: 31-50 Sıkı					75-90 % İyi			
					N: 16-30 Çok Katı					N: 31-50 Sıkı					75-90 % İyi			
					N: 30 Sert					N: 50 Çok Sıkı					90-100 % Çok İyi			

SK-19 SONDAJ LOGU

Sondaj Derinliği	Örnek No	Örnek Der.	Örnek Türü	Müh. Boru	STD. PEN. Deneği			STANDART PENETRASYON GRAFIGİ					Zemin profili	Karat Çapı	Karat %	RQD %	BİRİM TANIMLAMASI	Birim Derinliği
					15	30	45	10	20	30	40	50						
																Bitkisel Toprak	0,40m	
1,00																Az Killi, Çakıl-Kum		
2,00																		
3,00	2	3,00	UD														YASS	
3,50		3,50															3,00m	
4,00																		
4,50	1	4,50	SPT		5	5	8											
4,95		4,95																
5,00																		
6,00	1	6,00	SPT		5	6	7											
6,45		6,45																
7,00																	7,00m	
8,00																		
9,00	1	9,00	SPT		6	8	7											
9,45		9,45																
10,00																	10,00	
																Kuyu Sonu:10,00m		
11,00																		
NUMUNE TİPİ					ZEMİN - KAYA DEĞERLENDİRMESİ													
SPT : STD. PENETRASYON					İNCE TANELİ				İRİ TANELİ				KAYA KALİTESİ TANIMI					
UD : ŞELBY TUBE					N: 0-2 Çok Yumuşak				N: 0-4 Çok Gevşek				0-25 % Çok Zayıf					
RC : KAROT NUMUNE					N: 3-4 Yumuşak				N: 5-10 Gevşek				25-50 % Zayıf					
					N: 9-15 Katı				N: 31-50 Sıkı				75-90 % İyi					
					N: 16-30 Çok Katı				N: 31-50 Sıkı				75-90 % İyi					
					N: 30 Sert				N: 50 Çok Sıkı				90-100 % Çok İyi					

EK-2



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

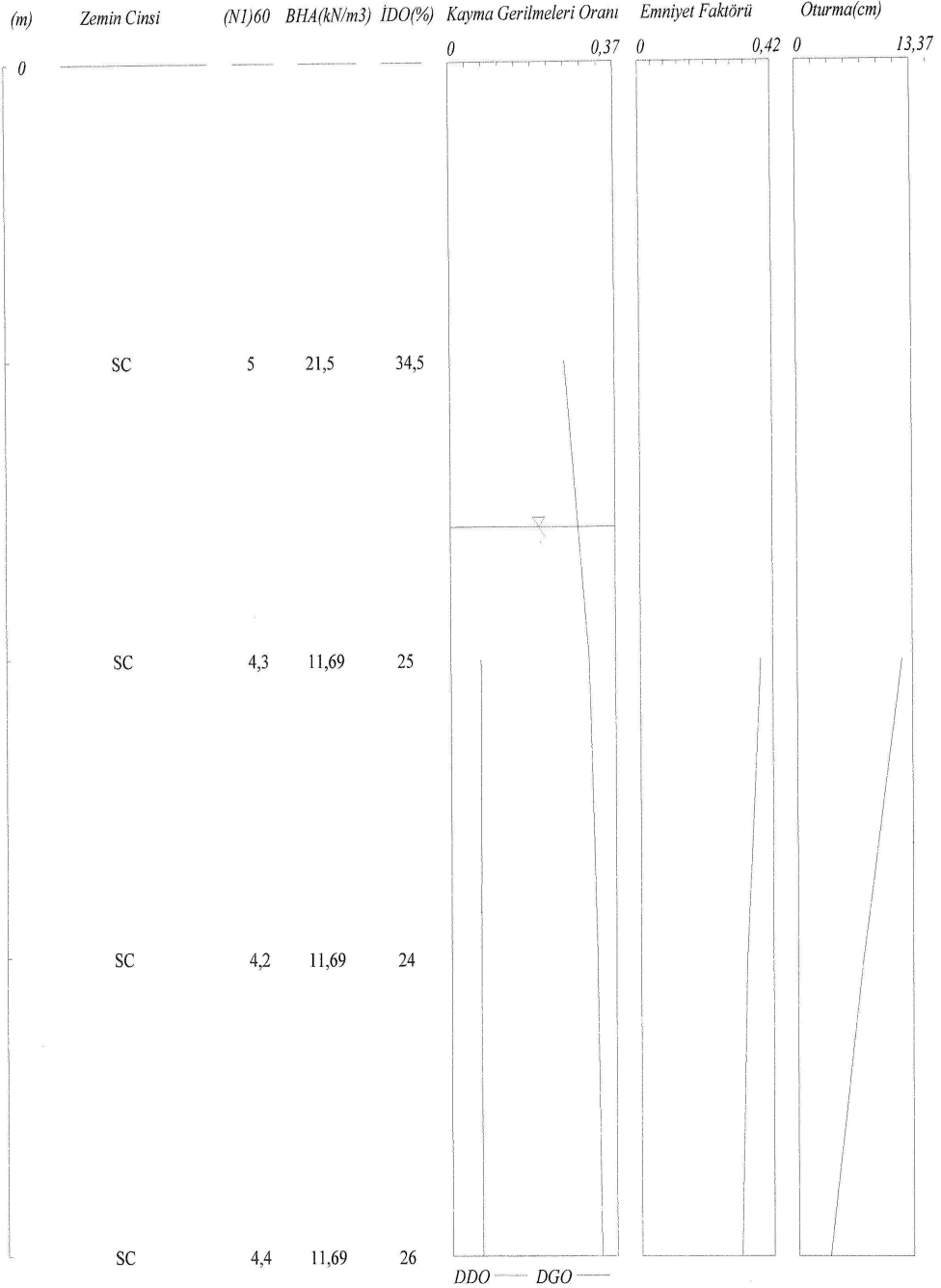
SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=6 İvme=0,4g

Kuyu No=sk-3

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m	Magnitüd=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-3	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed						
$D(m)$	$(N1)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	EF	$Oturma(cm)$
3	21,5	5	64,5	0,979	16,43	0,255	-	-	-	-	-
6	11,69	4,3	129	0,958	32,12	0,307	6,99	0,118	0,38	0,38	12,16
7,5	11,69	4,2	161,25	0,943	39,54	0,324	8,07	0,117	0,33	0,33	7,62
9	11,69	4,4	193,5	0,923	46,43	0,333	9,43	0,12	0,31	0,31	3,69



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m

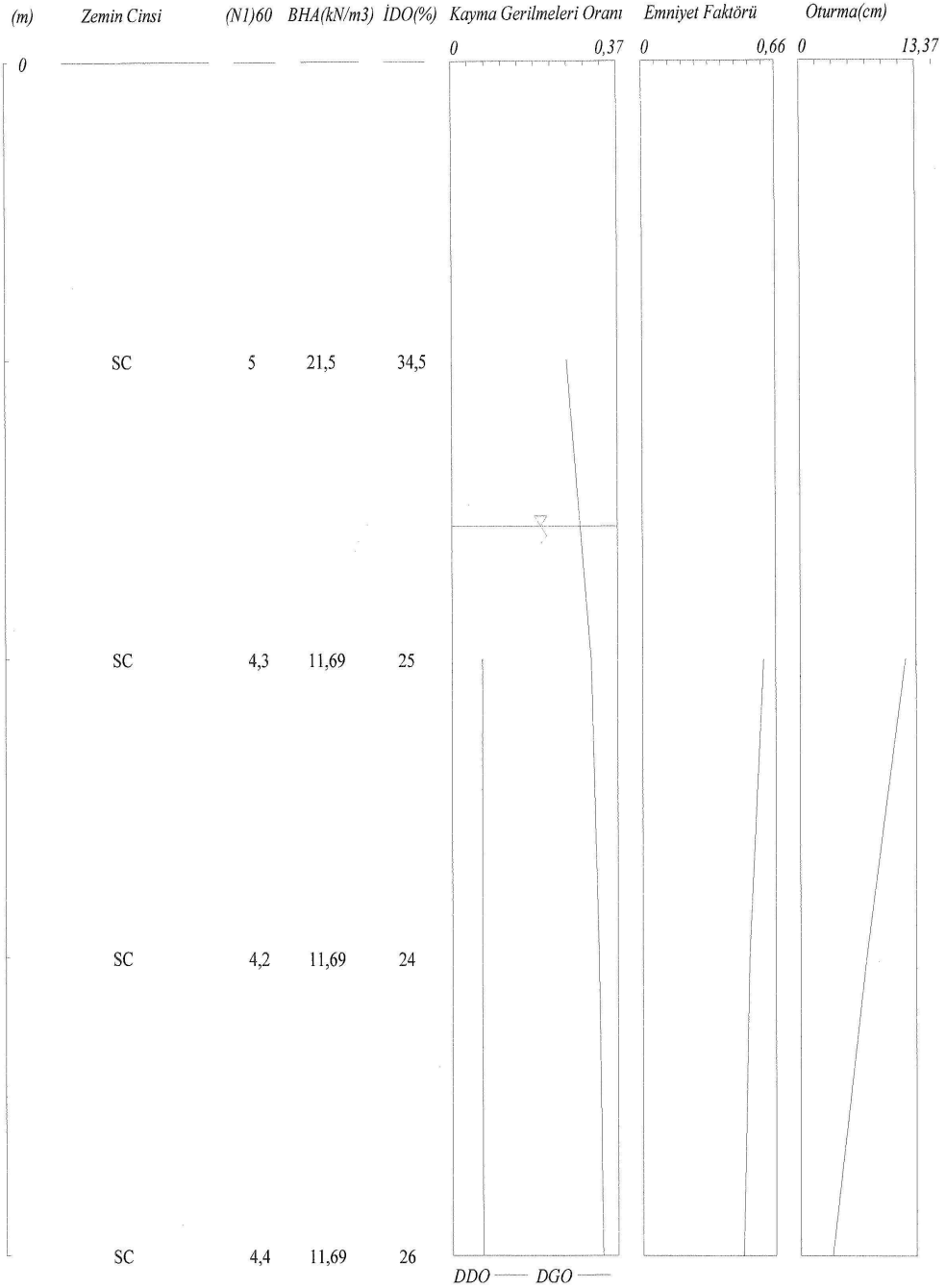
Magnitüd=5

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-3

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m		Magnitüd=5		İvme=0,4g		Kuyu No=sk-3		Kuyu Derinliği=10m		
	$BHA(kN/m^3)$	$(N1)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturma(cm)$
3	21,5	5	64,5	64,5	0,979	16,43	0,255	-	-	-	-
6	11,69	4,3	129	104,48	0,958	32,12	0,307	6,99	0,189	0,6	12,16
7,5	11,69	4,2	161,25	122,01	0,943	39,54	0,324	8,07	0,187	0,53	7,62
9	11,69	4,4	193,5	139,54	0,923	46,43	0,333	9,43	0,191	0,5	3,69



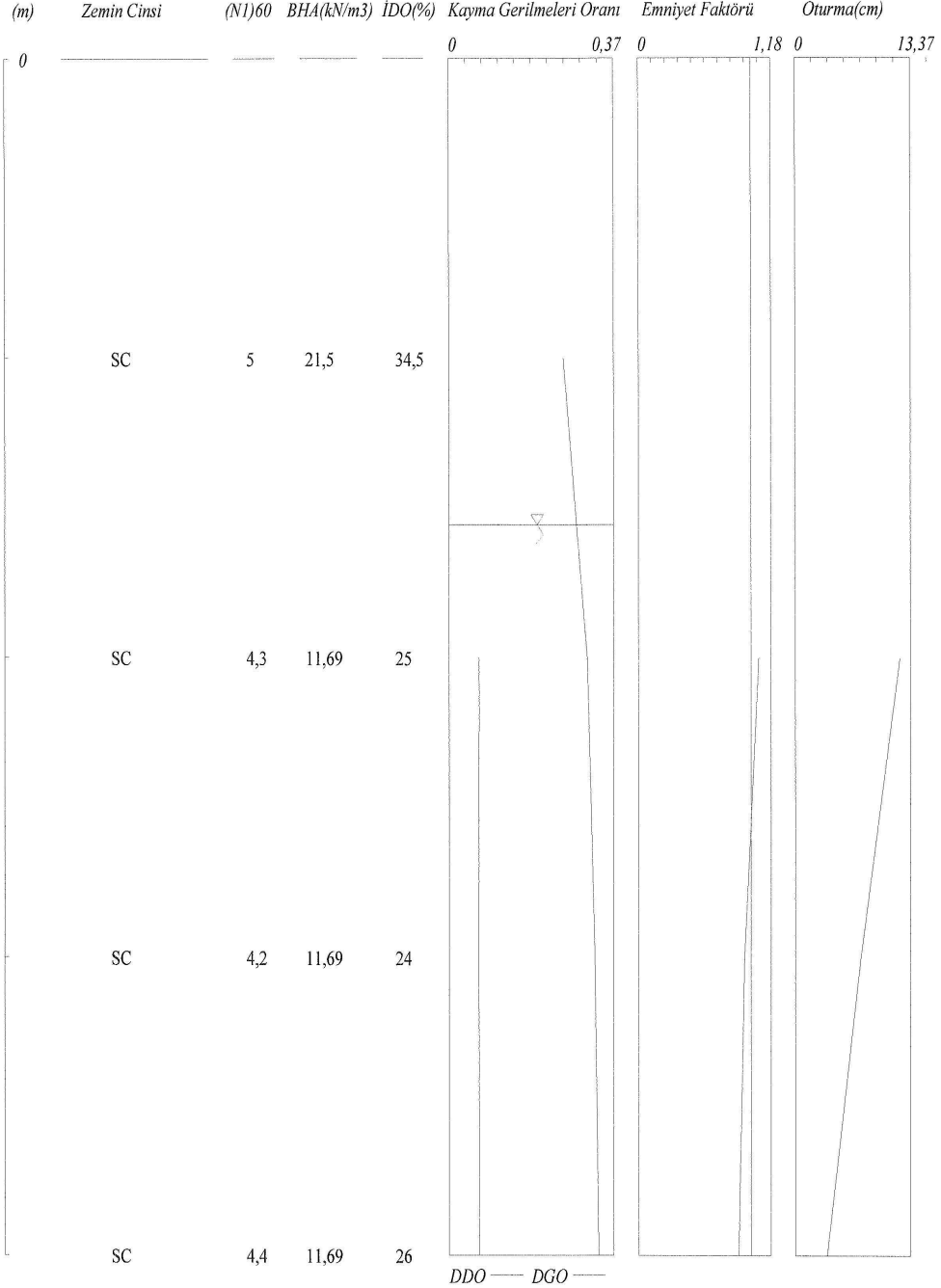
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=4 İvme=0,4g Kuyu No=sk-3 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m	Magnitud=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-3	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed						
D(m)	<u>BHA(kN/m³)</u>	<u>(Nl)60</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>rd</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DGO</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>DDO</u>	<u>EF</u>	<u>Oturma(cm)</u>
3	21,5	5	64,5	0,979	16,43	0,255	-	-	-	-	-
6	11,69	4,3	129	0,958	32,12	0,307	6,99	0,334	1,07	12,16	
7,5	11,69	4,2	161,25	0,943	39,54	0,324	8,07	0,33	0,94	7,62	
9	11,69	4,4	193,5	0,923	46,43	0,333	9,43	0,338	0,89	3,69	



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=6 İvme=0,4g Kuyu No=sk-4 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m	Magnitud=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-4	Kuyu Derinliği=10m					
D(m)	Top.Ger.(kPa)	Eff.Ger.(kPa)	DG(kPa)	DD(kPa)	Oturma/Seed					
BHA(kN/m ³)	(ND)60	rd	DG(kPa)	DD(kPa)	EF	Oturma(cm)				
3	23,9	4,9	71,7	0,979	18,26	0,255	-	-	-	-
6	14,09	4,9	143,4	0,958	35,71	0,3	8,46	0,126	0,39	12,57
7,5	14,09	4,9	179,25	0,943	43,96	0,314	9,97	0,126	0,35	6,13
9	14,09	4,9	215,1	0,923	51,62	0,32	11,47	0,126	0,32	3,29



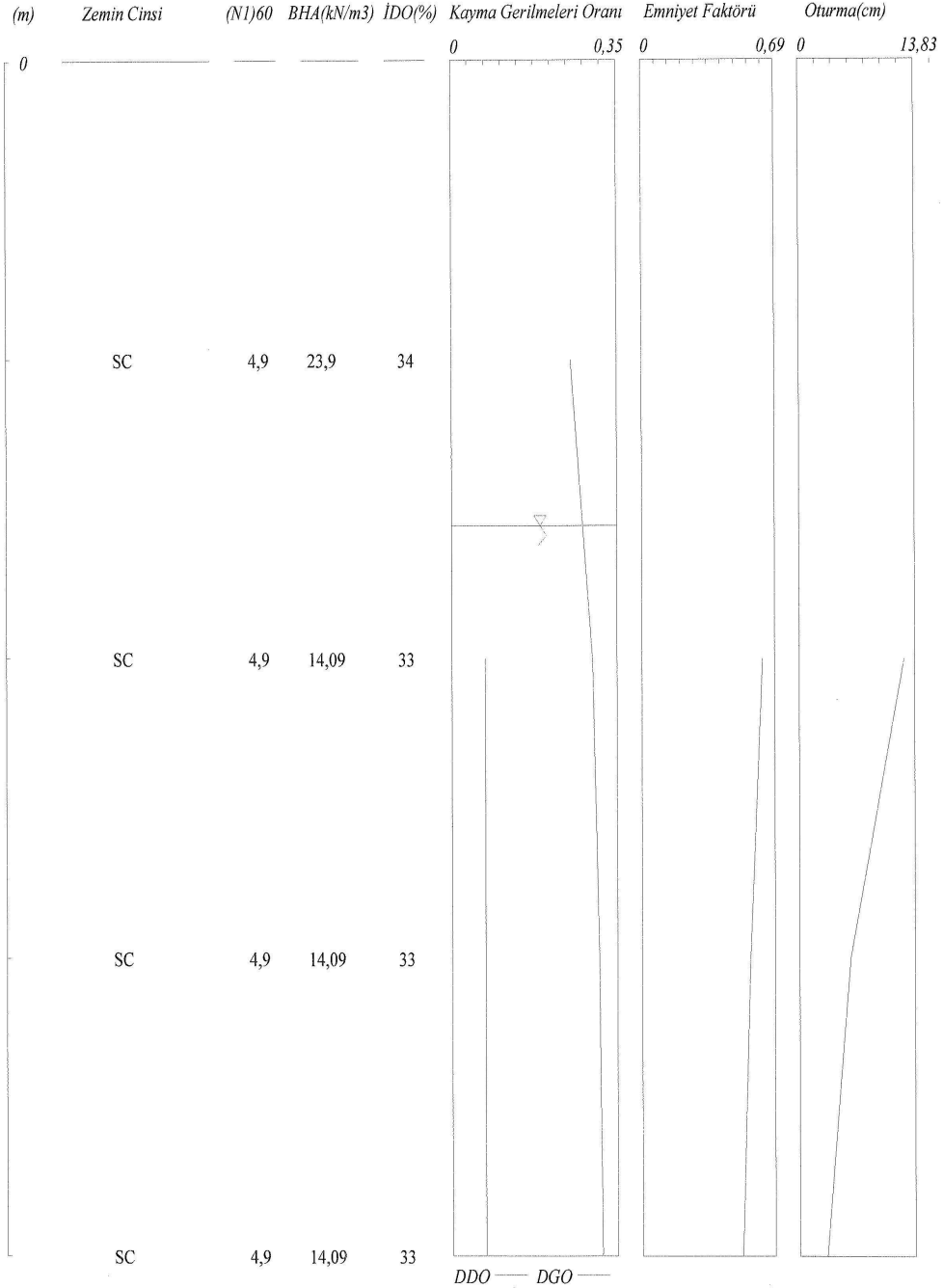
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=5 İvme=0,4g Kuyu No=sk-4 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

<u>D(m)</u>	SPT- Seed&Idriss <i>BHA(kN/m³)</i>	YASS=3,5m		Magnitud=5 <i>rd</i>	İvme=0,4g <i>DG(kPa)</i>	Kuyu No=sk-4 <i>DD(kPa)</i>	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed				
		<i>ND60</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>				<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Oturma(cm)</i>	
3	23,9	4,9	71,7	0,979	18,26	0,255	-	-	-	-	-
6	14,09	4,9	143,4	0,958	35,71	0,3	8,46	0,201	0,62	12,57	
7,5	14,09	4,9	179,25	0,943	43,96	0,314	9,97	0,201	0,56	6,13	
9	14,09	4,9	215,1	0,923	51,62	0,32	11,47	0,201	0,52	3,29	

2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUCCU



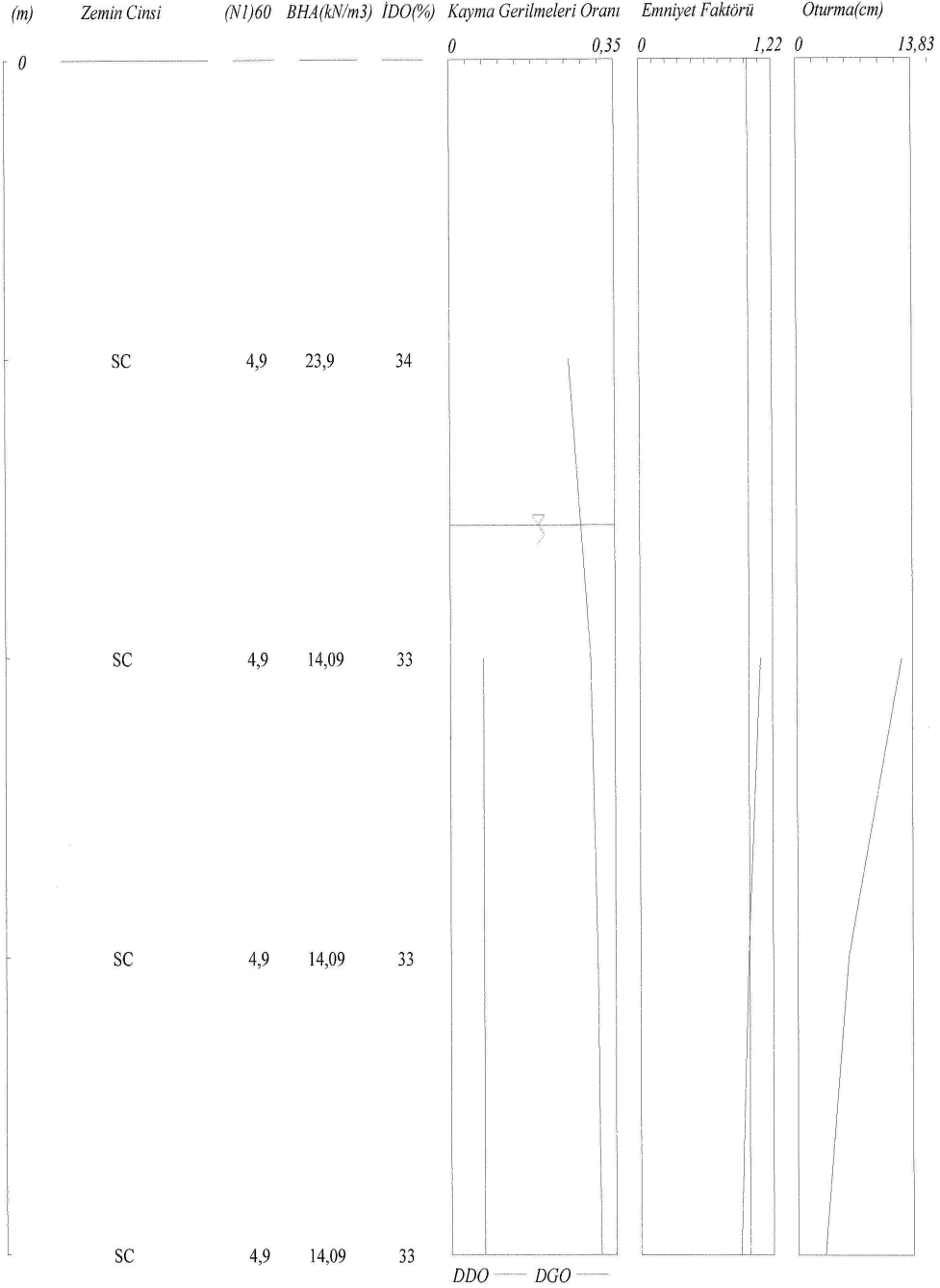
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=4 İvme=0,4g Kuyu No=sk-4 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Istriss	YASS=3,5m	Magnitud=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-4	Kuyu Derinliği=10m					
<i>D(m)</i>	<i>(Nl)60</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>rd</i>	<i>DCi(kPa)</i>	<i>DGO</i>	<i>DDi(kPa)</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Oturma(cm)</i>
3	23,9	4,9	71,7	0,979	18,26	0,255	-	-	-	-
6	14,09	4,9	118,87	0,958	35,71	0,3	8,46	0,356	1,11	12,57
7,5	14,09	4,9	140,01	0,943	43,96	0,314	9,97	0,356	0,99	6,13
9	14,09	4,9	161,14	0,923	51,62	0,32	11,47	0,356	0,92	3,29

2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



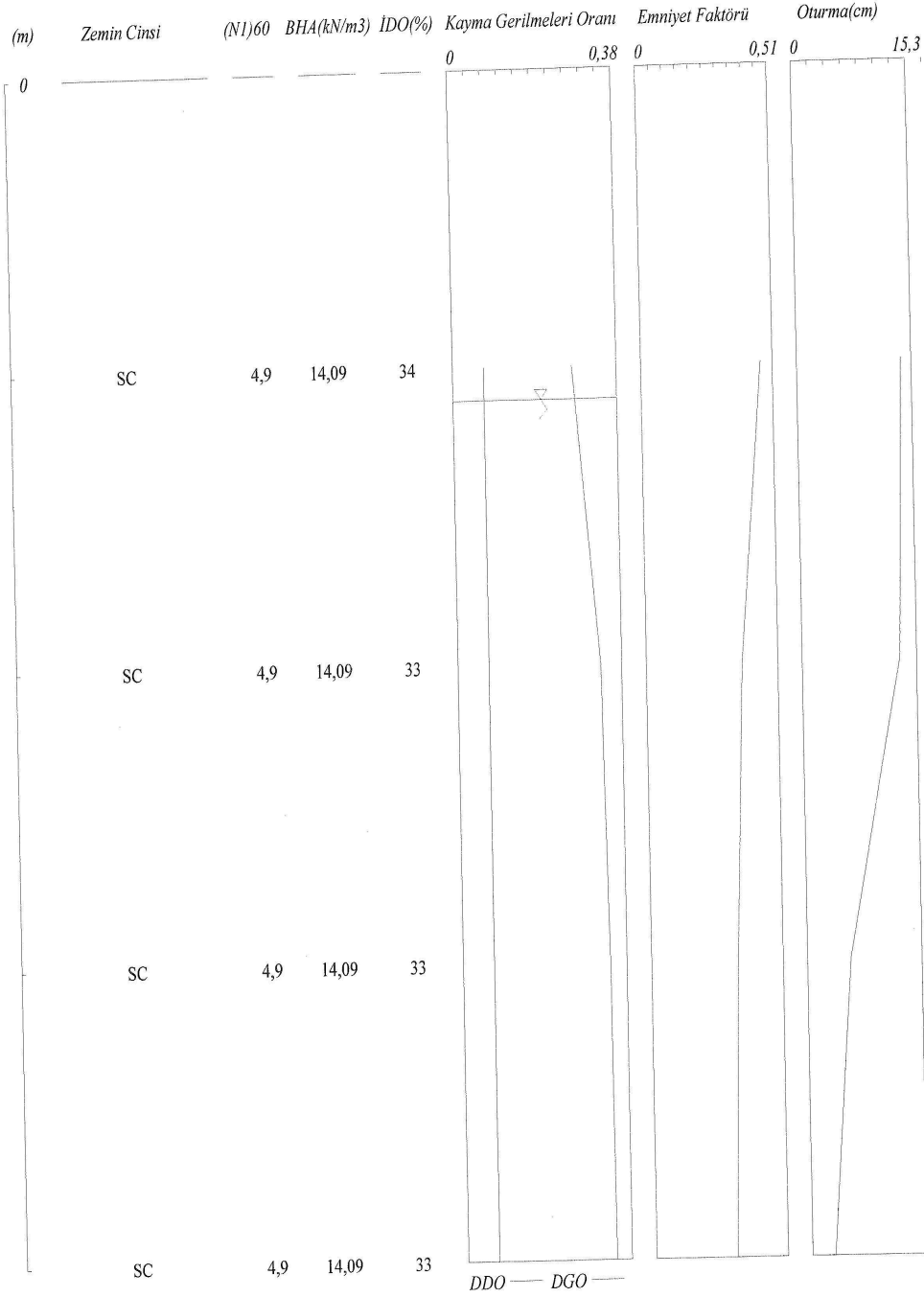
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=2,5m Magnitüd=6 İvme=0,4g Kuyu No=sk-8 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=2,5m	Magnitud=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-8	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed						
$D(m)$	$BHA(kN/m^3)$	$(NI)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturma(cm)$
3	14,09	4,9	71,7	66,8	0,979	18,26	0,273	4,78	0,127	0,46	13,91
6	14,09	4,9	143,4	109,06	0,958	35,71	0,327	7,76	0,126	0,37	13,08
7,5	14,09	4,9	179,25	130,2	0,943	43,96	0,338	9,27	0,126	0,34	5,83
9	14,09	4,9	215,1	151,33	0,923	51,62	0,341	10,77	0,126	0,31	3,07



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

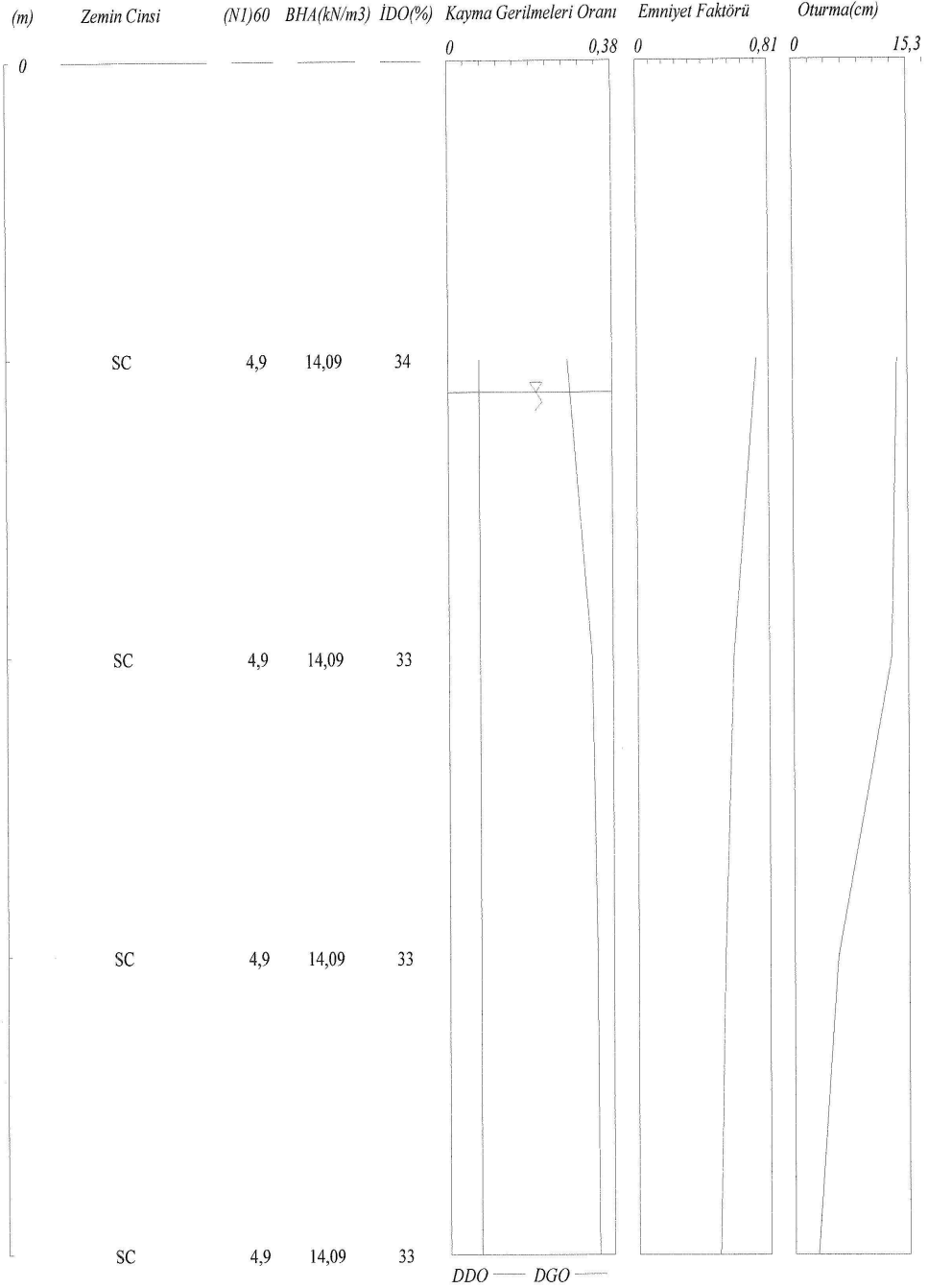
SPT- Seed&Idriss

YASS=2,5m Magnitud=5 İvme=0,4g

Kuyu No=sk-8

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=2,5m	Magnitud=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-8	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed						
<u>D(m)</u>	<u>(N1)60</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>rd</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DGO</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>DDO</u>	<u>EF</u>	<u>Oturma(cm)</u>	
3	14,09	4,9	71,7	66,8	0,979	18,26	0,273	4,78	0,202	0,74	13,91
6	14,09	4,9	143,4	109,06	0,958	35,71	0,327	7,76	0,201	0,59	13,08
7,5	14,09	4,9	179,25	130,2	0,943	43,96	0,338	9,27	0,201	0,54	5,83
9	14,09	4,9	215,1	151,33	0,923	51,62	0,341	10,77	0,201	0,5	3,07



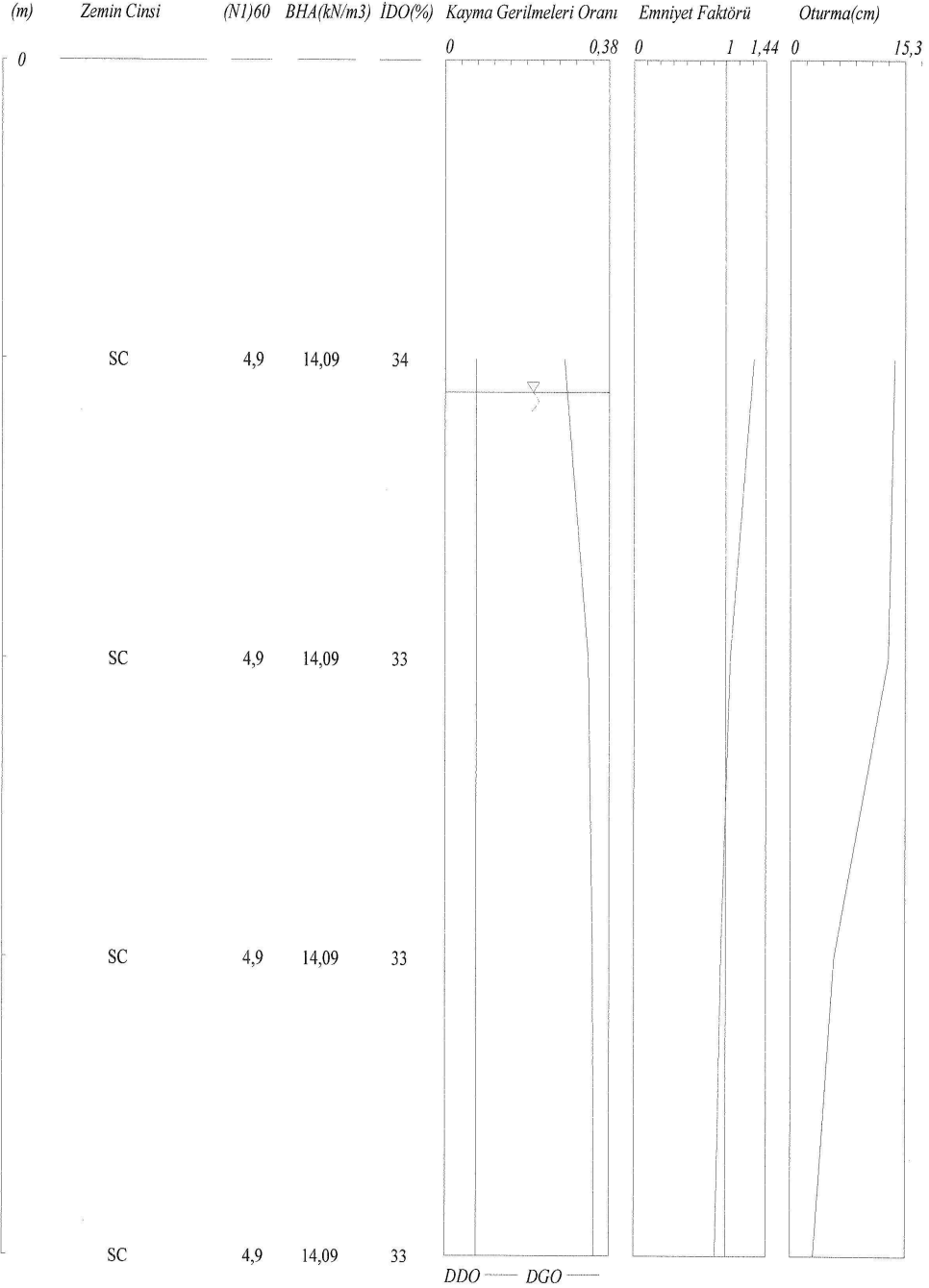
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=2,5m Magnitud=4 İvme=0,4g Kuyu No=sk-8 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=2,5m	Magnitüd=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-8	Kuyu Derinliği=10m					
<u>D(m)</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>Oturma(cm)</u>					
<u>BHA(kN/m3)</u>	<u>(NI)60</u>	<u>rd</u>	<u>DGO</u>	<u>DDO</u>	<u>EF</u>					
14,09	4,9	71,7	66,8	0,979	18,26	0,273	4,78	0,358	1,31	13,91
14,09	4,9	143,4	109,06	0,958	35,71	0,327	7,76	0,356	1,05	13,08
14,09	4,9	179,25	130,2	0,943	43,96	0,338	9,27	0,356	0,95	5,83
14,09	4,9	215,1	151,33	0,923	51,62	0,341	10,77	0,356	0,88	3,07



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

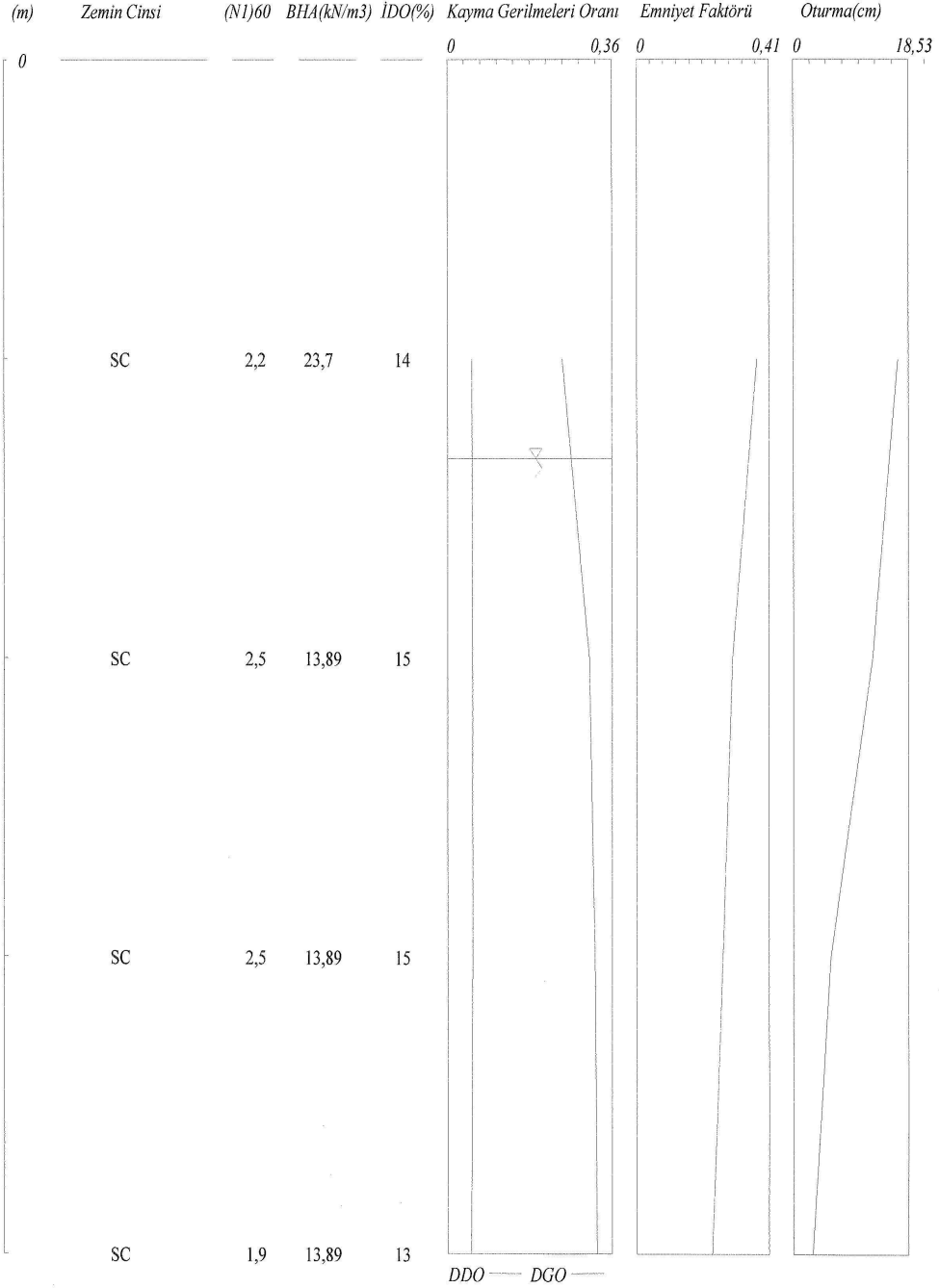
Magnitud=6

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-9

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-9	Kuyu Derinliği=10m						
$D(m)$	$BHA(kN/m^3)$	$(N1)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturma(cm)$
3	23,7	2,2	71,1	71,1	0,979	18,11	0,255	3,83	0,095	0,37	16,85
6	13,89	2,5	142,2	112,77	0,958	35,41	0,314	6,25	0,098	0,3	12,76
7,5	13,89	2,5	177,75	133,6	0,943	43,59	0,326	7,41	0,098	0,27	6,02
9	13,89	1,9	213,3	154,44	0,923	51,18	0,331	8,09	0,093	0,24	3,14



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

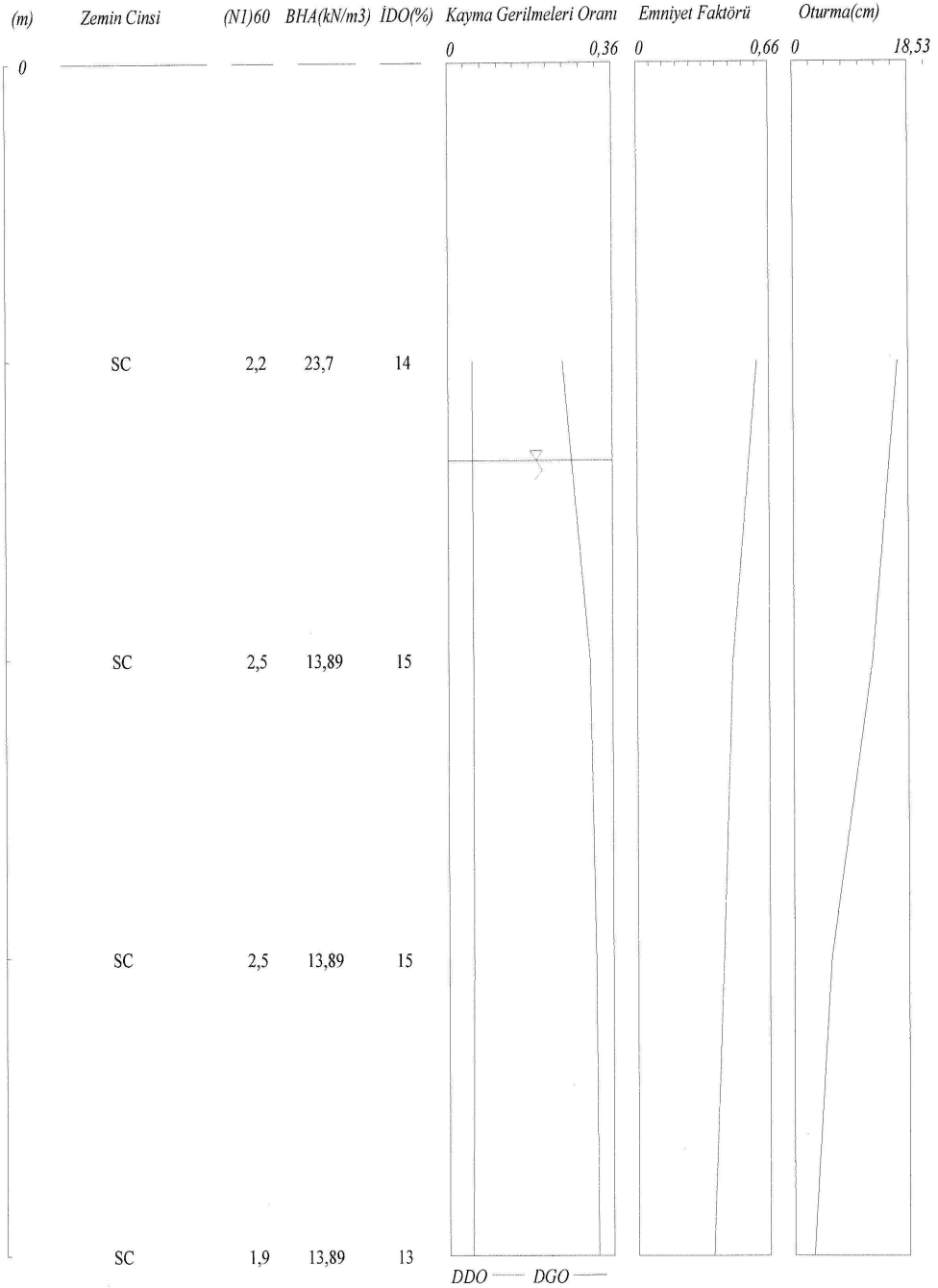
Magnitüd=5

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-9

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-9	Kuyu Derinliği=10m					
<i>D(mi)</i>	<i>(NJ)60</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>rd</i>	<i>DG(kPa)</i>	<i>DGO</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Oturma(cm)</i>
3	23,7	2,2	71,1	0,979	18,11	0,255	3,83	0,152	0,6	16,85
6	13,89	2,5	142,2	0,958	35,41	0,314	6,25	0,157	0,48	12,76
7,5	13,89	2,5	177,75	0,943	43,59	0,326	7,41	0,157	0,43	6,02
9	13,89	1,9	213,3	0,923	51,18	0,331	8,09	0,148	0,37	3,14



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

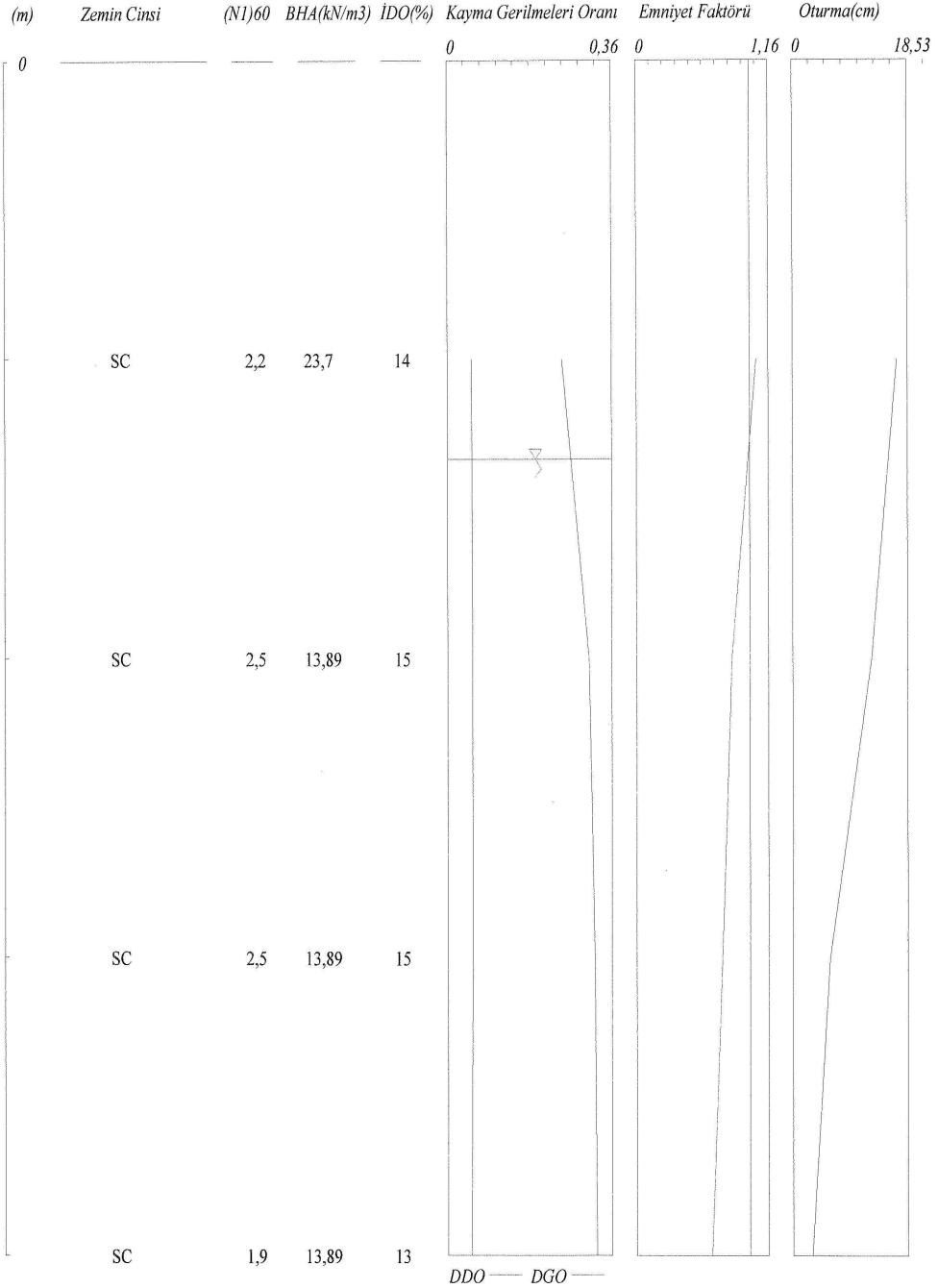
Magnitüd=4

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-9

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m		Magnitud=4		İvme=0,4g		Kuyu No=sk-9		Kuyu Derinliği=10m		
	$BHA(kN/m^3)$	$(NI)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturma(cm)$
3	23,7	2,2	71,1	71,1	0,979	18,11	0,255	3,83	0,269	1,06	16,85
6	13,89	2,5	142,2	112,77	0,958	35,41	0,314	6,25	0,277	0,84	12,76
7,5	13,89	2,5	177,75	133,6	0,943	43,59	0,326	7,41	0,277	0,76	6,02
9	13,89	1,9	213,3	154,44	0,923	51,18	0,331	8,09	0,262	0,66	3,14



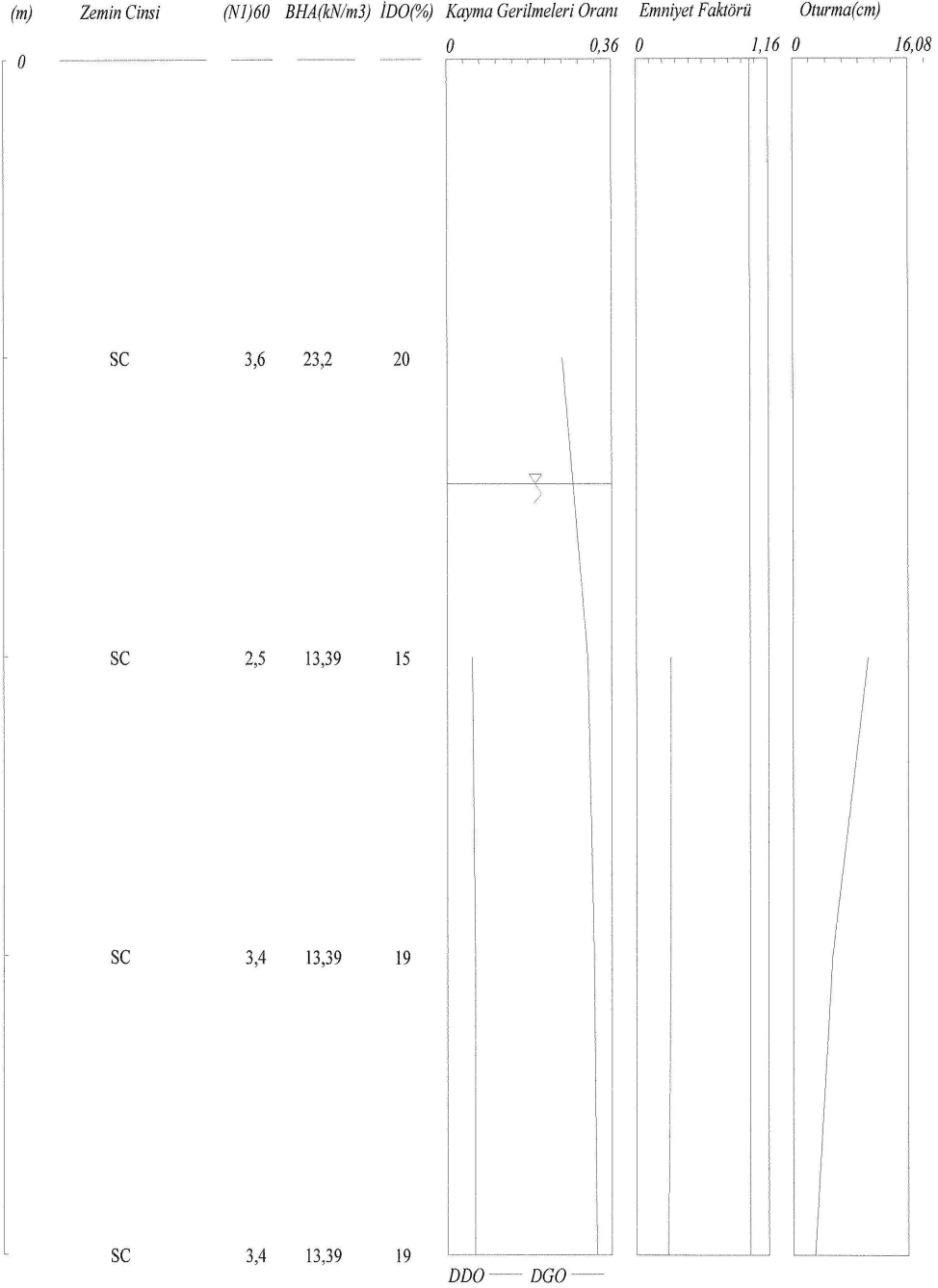
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,2m Magnitud=6 İvme=0,4g Kuyu No=sk-10 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,2m	Magnitüd=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-10	Kuyu Derinliği=10m						
D(m)	Top.Ger.(kPa)	Eff.Ger.(kPa)	DG(kPa)	DD(kPa)	Oturma: Tokimatsu/Seed						
	(N1)60	rd	DGO	DDO	EF						
					Oturma(cm)						
3	23,2	3,6	69,6	0,979	17,72	0,255	-	-	-	-	
6	13,39	2,5	139,2	0,958	111,73	34,66	0,31	6,2	0,098	0,3	10,53
7,5	13,39	3,4	174	0,943	131,82	42,67	0,324	8,05	0,108	0,3	5,5
9	13,39	3,4	208,8	0,923	151,9	50,1	0,33	9,28	0,108	0,28	3,08



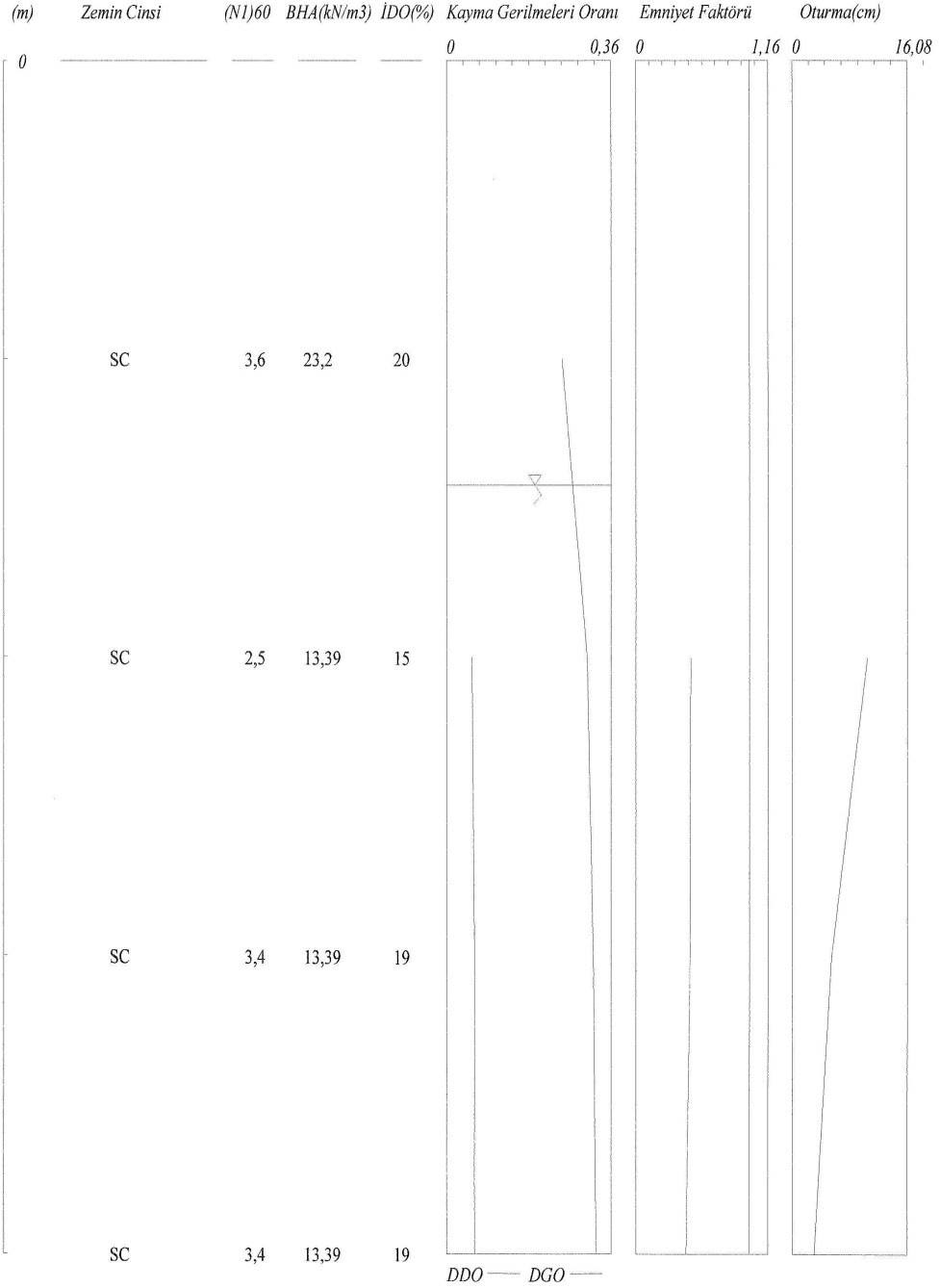
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,2m Magnitud=5 İvme=0,4g Kuyu No=sk-10 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,2m	Magnitüd=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-10	Kuyu Derinliği=10m		
<u>D(m)</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>Oturma: Tokimatsu/Seed</u>		
<u>BHA(kN/m³)</u>	<u>(Nl)60</u>	<u>rd</u>	<u>DGO</u>	<u>DDO</u>	<u>EF</u>	<u>Oturma(cm)</u>	
3	23,2	69,6	17,72	0,255	-	-	-
6	13,39	139,2	34,66	0,31	6,2	0,157	10,53
7,5	13,39	174	42,67	0,324	8,05	0,172	5,5
9	13,39	208,8	50,1	0,33	9,28	0,172	3,08



SIVILAŞMA ANALİZİ

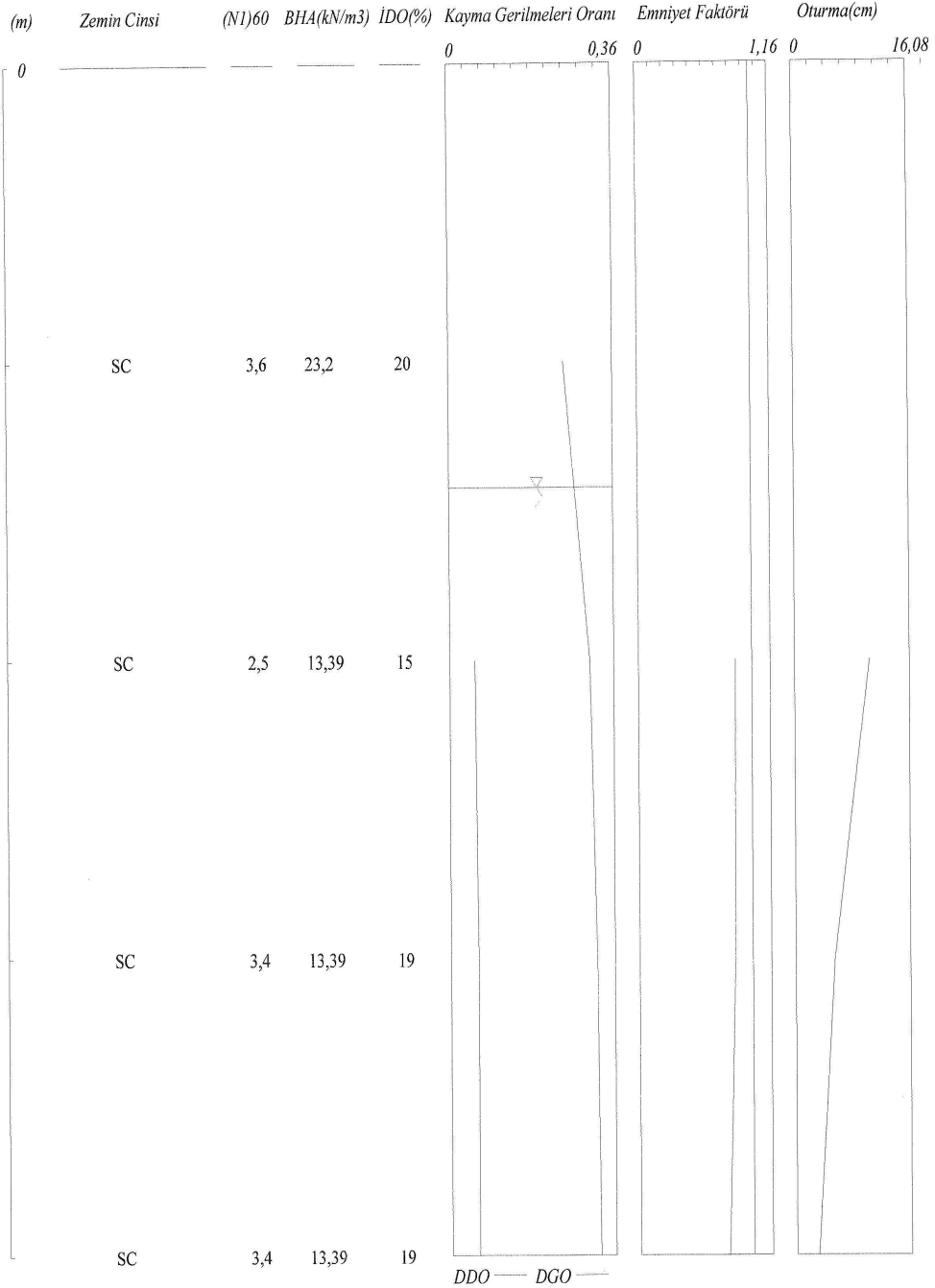
PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,2m Magnitud=4 İvme=0,4g

Kuyu No=sk-10 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,2m	Magnitüd=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-10	Kuyu Derinliği=10m					
					Oturma: Tokimatsu/Seed	Oturma(cm)				
$D(m)$	$\frac{BHA(kN/m^3)}$	$\frac{Top.Ger.(kPa)}{(N1)60}$	$\frac{DG(kPa)}{rd}$	$\frac{DD(kPa)}{DGO}$	$\frac{DDO}{DD}$	$\frac{EF}{EF}$				
3	23,2	3,6	69,6	0,979	17,72	0,255	-	-	-	-
6	13,39	2,5	139,2	0,958	34,66	0,31	6,2	0,277	0,85	10,53
7,5	13,39	3,4	174	0,943	42,67	0,324	8,05	0,305	0,84	5,5
9	13,39	3,4	208,8	0,923	50,1	0,33	9,28	0,305	0,78	3,08



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

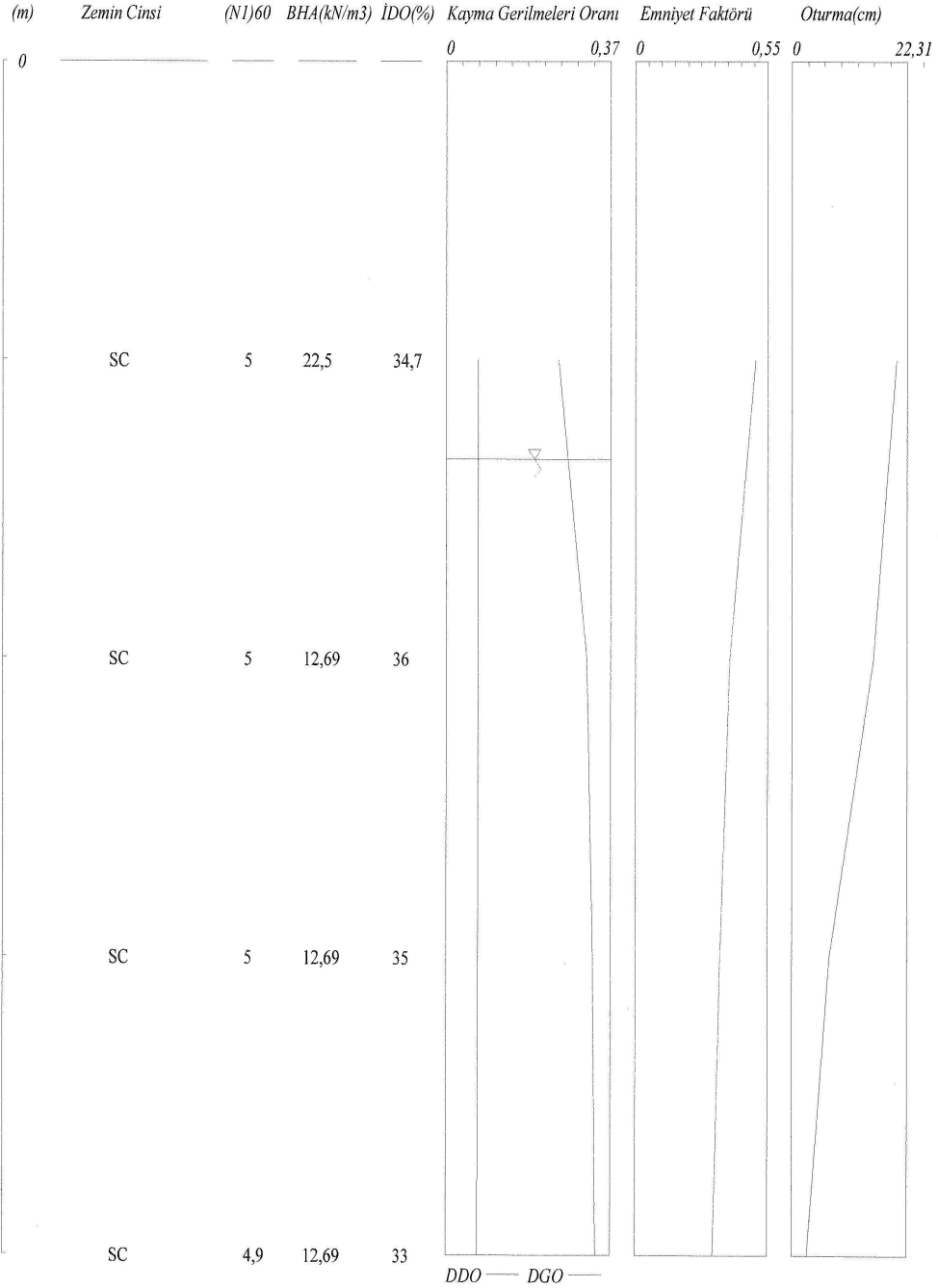
Magnitüd=6

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-18

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVİLAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-18	Kuyu Derinliği=10m		
<i>D(m)</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>DG(kPa)</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>Oturma: Tokimatsu/Seed</i>		
	<i>(N)60</i>	<i>rd</i>		<i>DDO</i>	<i>EF</i>		
					<i>Oturma(cm)</i>		
3	22,5	67,5	17,19	4,85	0,127	0,5	20,28
6	12,69	105,57	33,62	7,61	0,128	0,39	15,79
7,5	12,69	124,6	41,38	8,98	0,128	0,35	7,28
9	12,69	143,64	48,59	10,23	0,126	0,32	2,96

2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş. Yük. Müh. Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

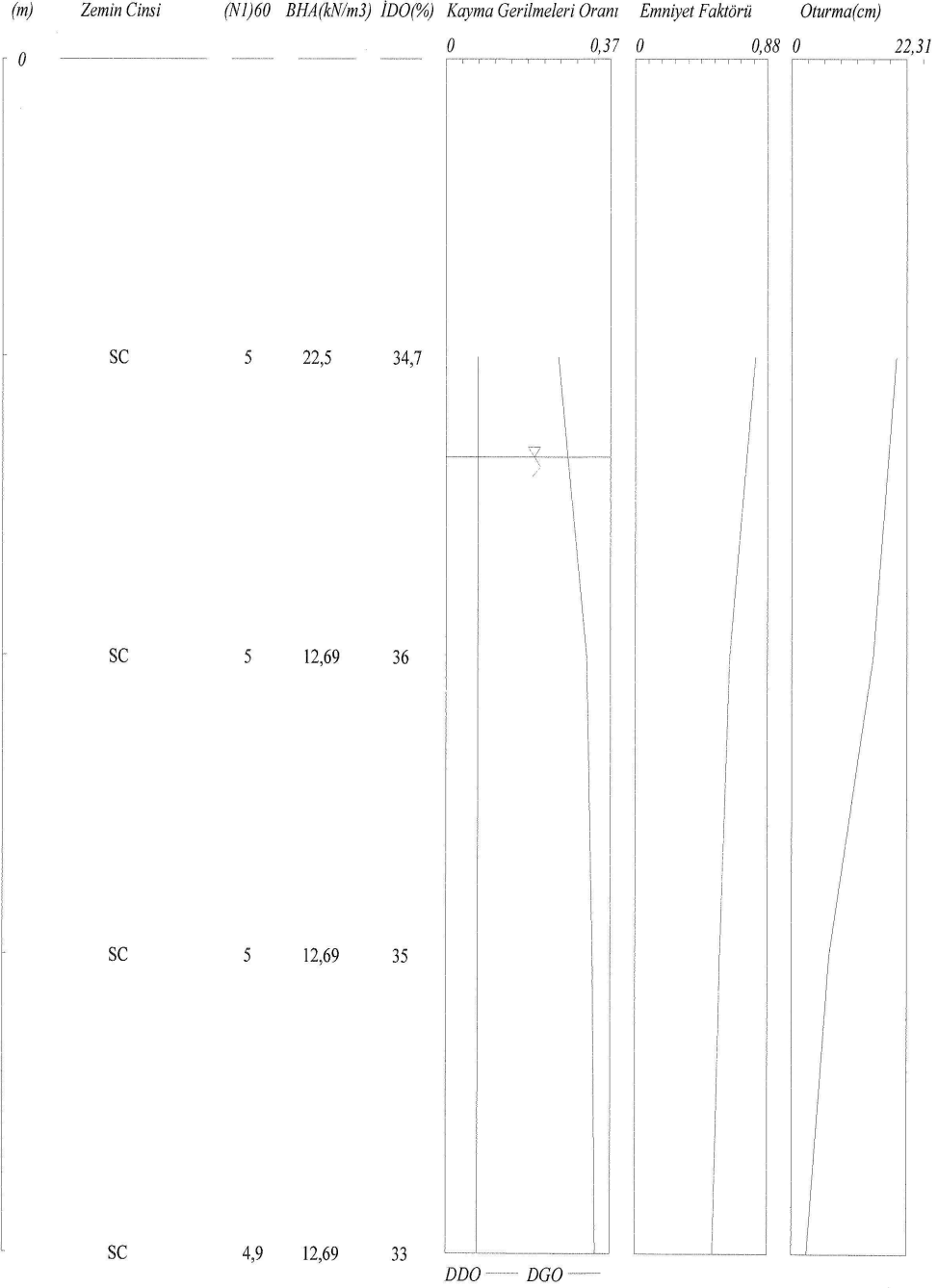
Magnitüd=5

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-18

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitud=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-18	Kuyu Derinliği=10m					
<u>D(m)</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>Oturma: Tokimatsu/Seed</u>					
<u>BHA(kN/m3)</u>	<u>(NI)60</u>	<u>rd</u>	<u>DCQ</u>	<u>EF</u>	<u>Qurma(cm)</u>					
3	22,5	5	67,5	0,979	17,19	0,255	4,85	0,203	0,8	20,28
6	12,69	5	135	0,958	33,62	0,318	7,61	0,203	0,63	15,79
7,5	12,69	5	168,75	0,943	41,38	0,332	8,98	0,203	0,56	7,28
9	12,69	4,9	202,5	0,923	48,59	0,338	10,23	0,201	0,51	2,96



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

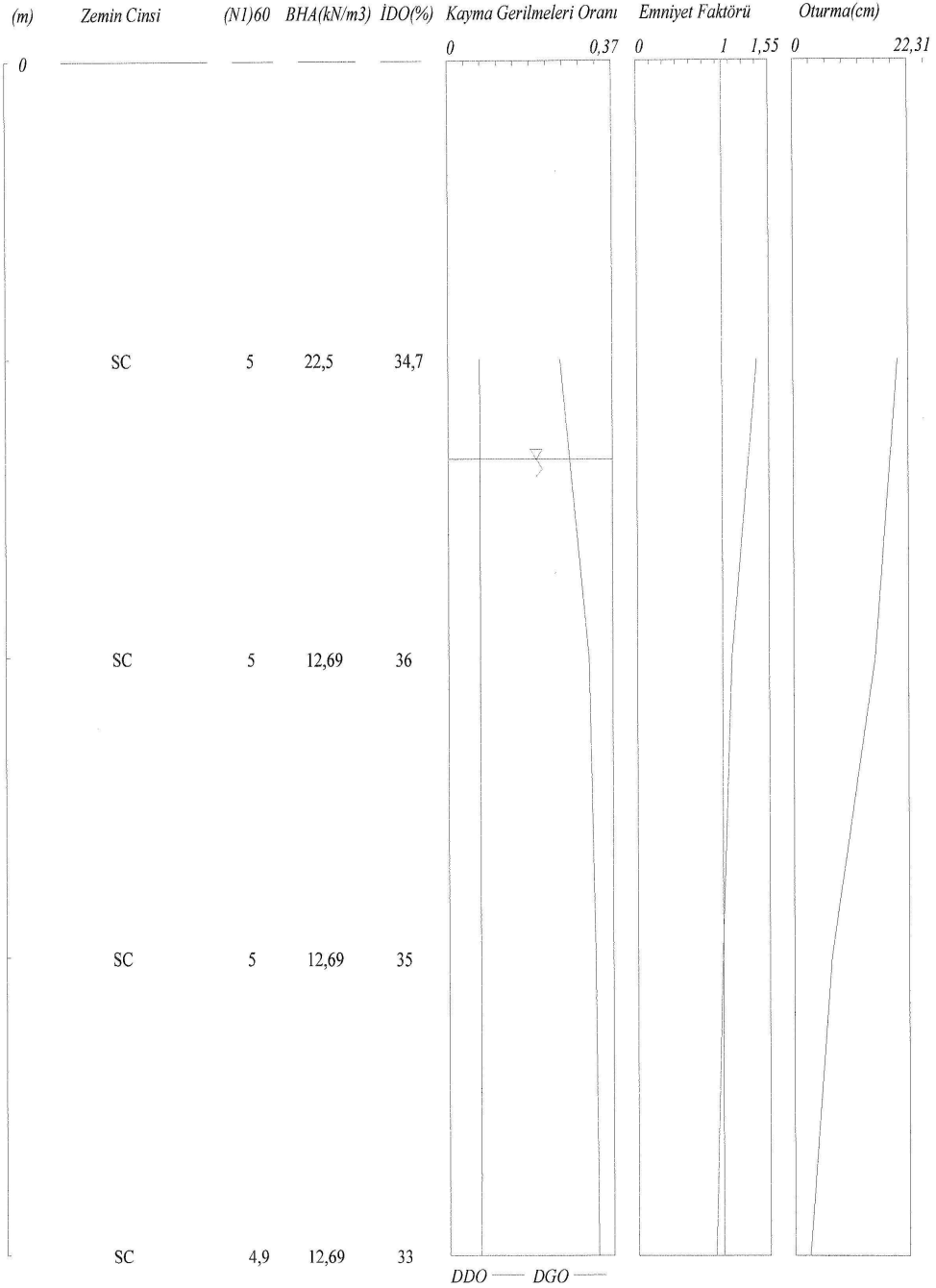
Magnitud=4

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-18

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-18	Kuyu Derinliği=10m					
<i>D(m)</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>DG(kPa)</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>Oturma(cm)</i>					
<i>BHA(kN/m³)</i>	<i>(Nl)60</i>	<i>rd</i>	<i>DGO</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>					
3	22,5	5	67,5	0,979	17,19	0,255	4,85	0,359	1,41	20,28
6	12,69	5	135	0,958	33,62	0,318	7,61	0,36	1,11	15,79
7,5	12,69	5	168,75	0,943	41,38	0,332	8,98	0,36	0,99	7,28
9	12,69	4,9	202,5	0,923	48,59	0,338	10,23	0,356	0,91	2,96



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

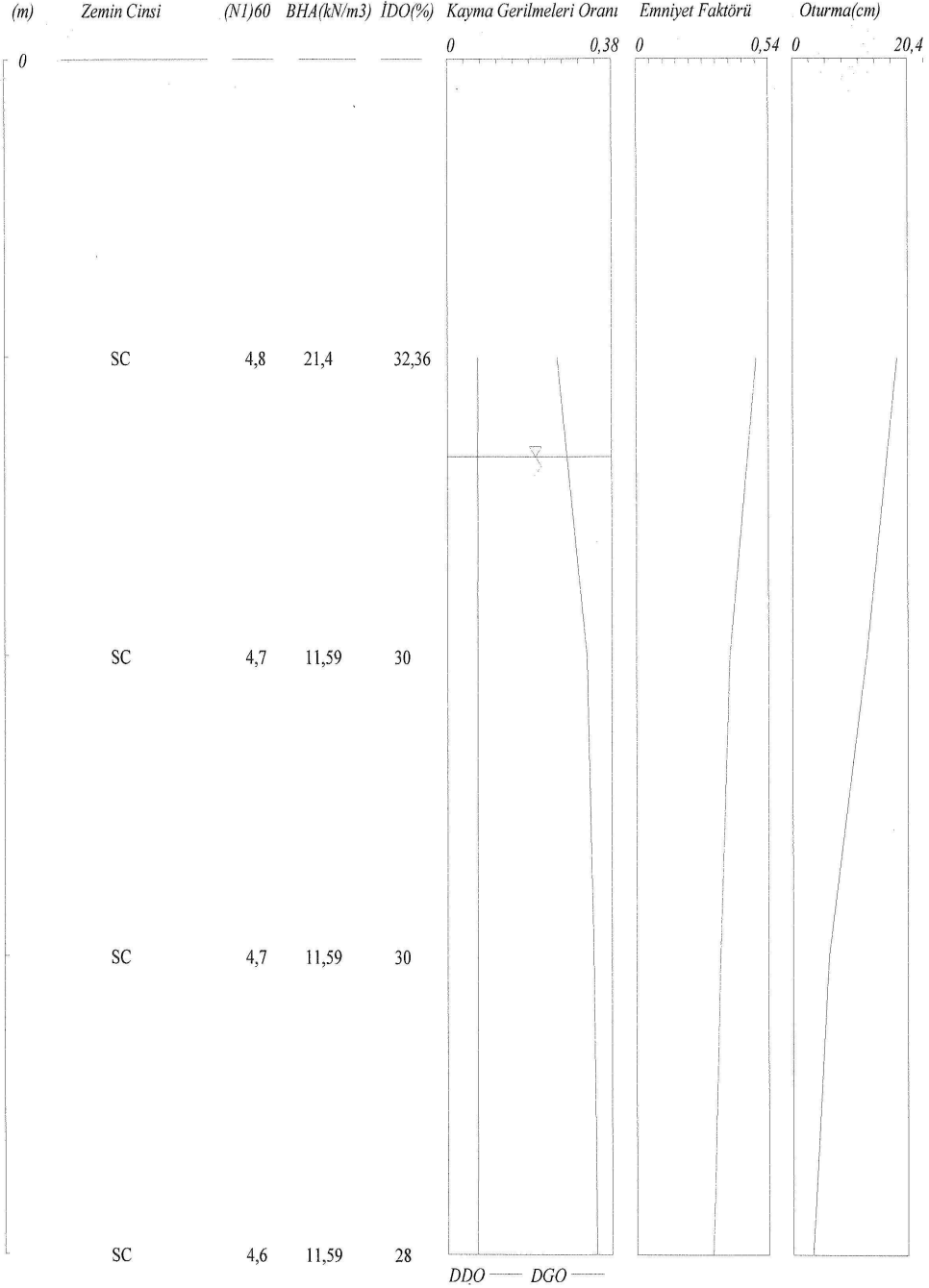
Magnitüd=6

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-19

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitud=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-19	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed					
$D(m)$	$(N1)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturma(cm)$
21,4	4,8	64,2	64,2	0,979	16,35	0,255	4,55	0,126	0,49	18,54
11,59	4,7	128,4	98,97	0,958	31,97	0,323	6,92	0,124	0,38	13,08
11,59	4,7	160,5	116,35	0,943	39,36	0,338	8,13	0,124	0,34	6,39
11,59	4,6	192,6	133,74	0,923	46,22	0,346	9,21	0,122	0,31	3,56



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

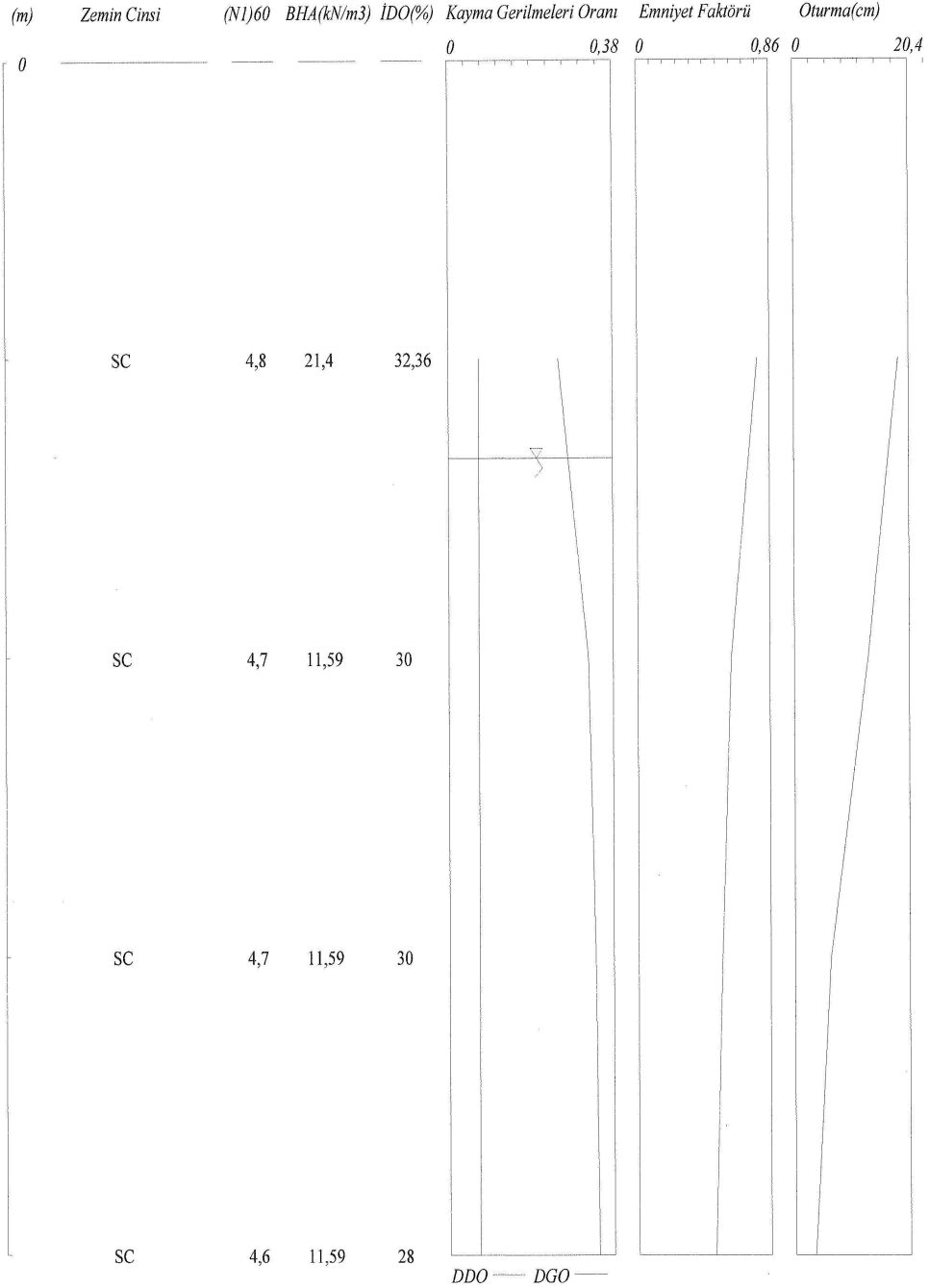
Magnitud=5

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-19

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVİLAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-19	Kuyu Derinliği=10m						
$D(m)$	$BHA(kN/m^3)$	$(NI)60$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	rd	$DG(kPa)$	DGO	$DD(kPa)$	DDO	EF	$Oturna(cm)$
3	21,4	4,8	64,2	0,979	16,35	0,255	4,55	0,2	0,79	18,54	
6	11,59	4,7	128,4	0,958	31,97	0,323	6,92	0,197	0,61	13,08	
7,5	11,59	4,7	160,5	0,943	39,36	0,338	8,13	0,197	0,55	6,39	
9	11,59	4,6	192,6	0,923	46,22	0,346	9,21	0,194	0,5	3,56	



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

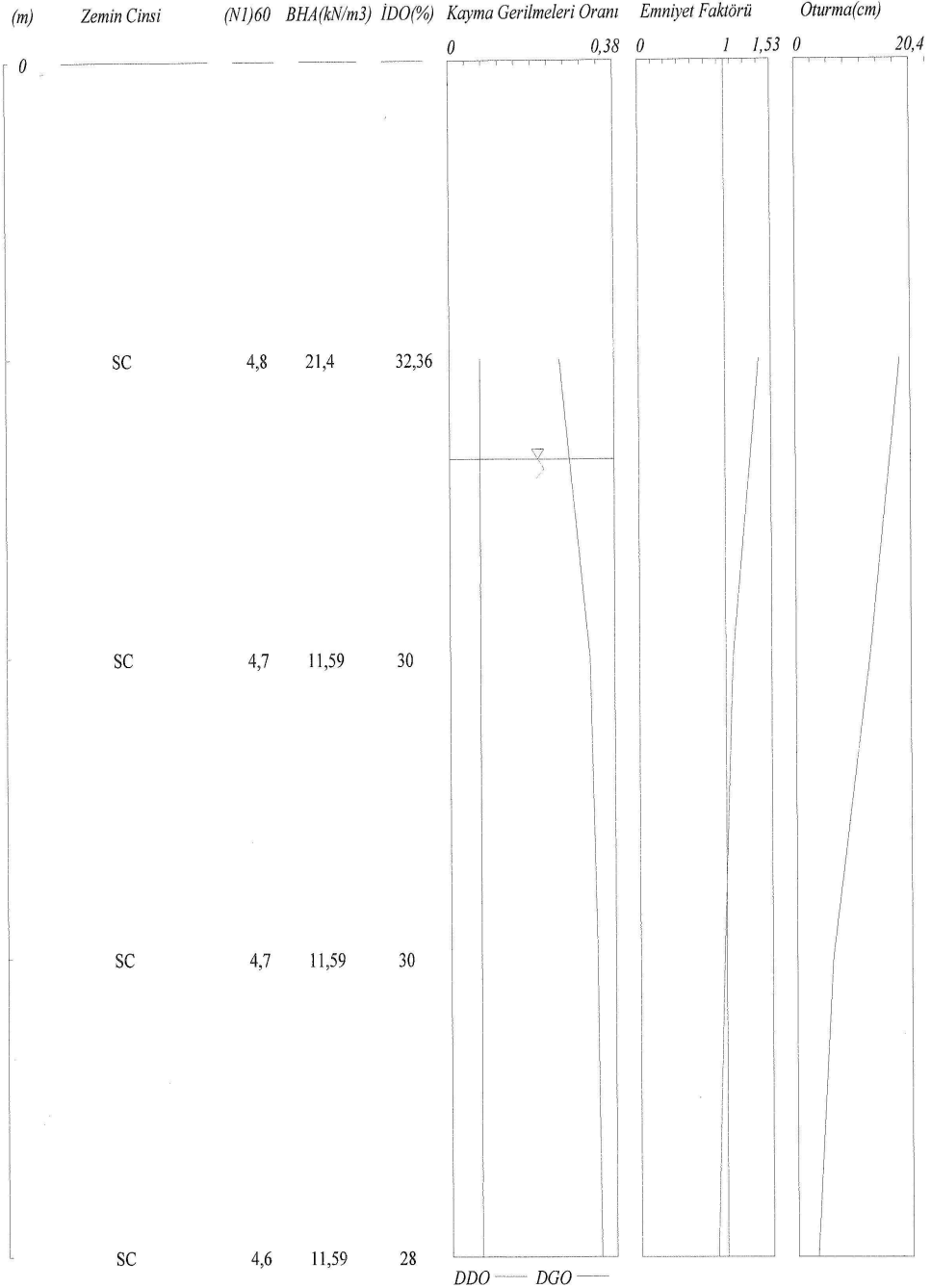
Magnitüd=4

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-19

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitud=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-19	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed						
$D(m)$	$(N)_{60}$	$Top.Ger.(kPa)$	$Eff.Ger.(kPa)$	r_d	$DG(kPa)$	DGO	$\underline{DD}(kPa)$	\underline{DDO}	\underline{EF}	$\underline{Ouurma}(cm)$	
3	21,4	4,8	64,2	64,2	0,979	16,35	0,255	4,55	0,354	1,39	18,54
6	11,59	4,7	128,4	98,97	0,958	31,97	0,323	6,92	0,349	1,08	13,08
7,5	11,59	4,7	160,5	116,35	0,943	39,36	0,338	8,13	0,349	0,97	6,39
9	11,59	4,6	192,6	133,74	0,923	46,22	0,346	9,21	0,344	0,89	3,56



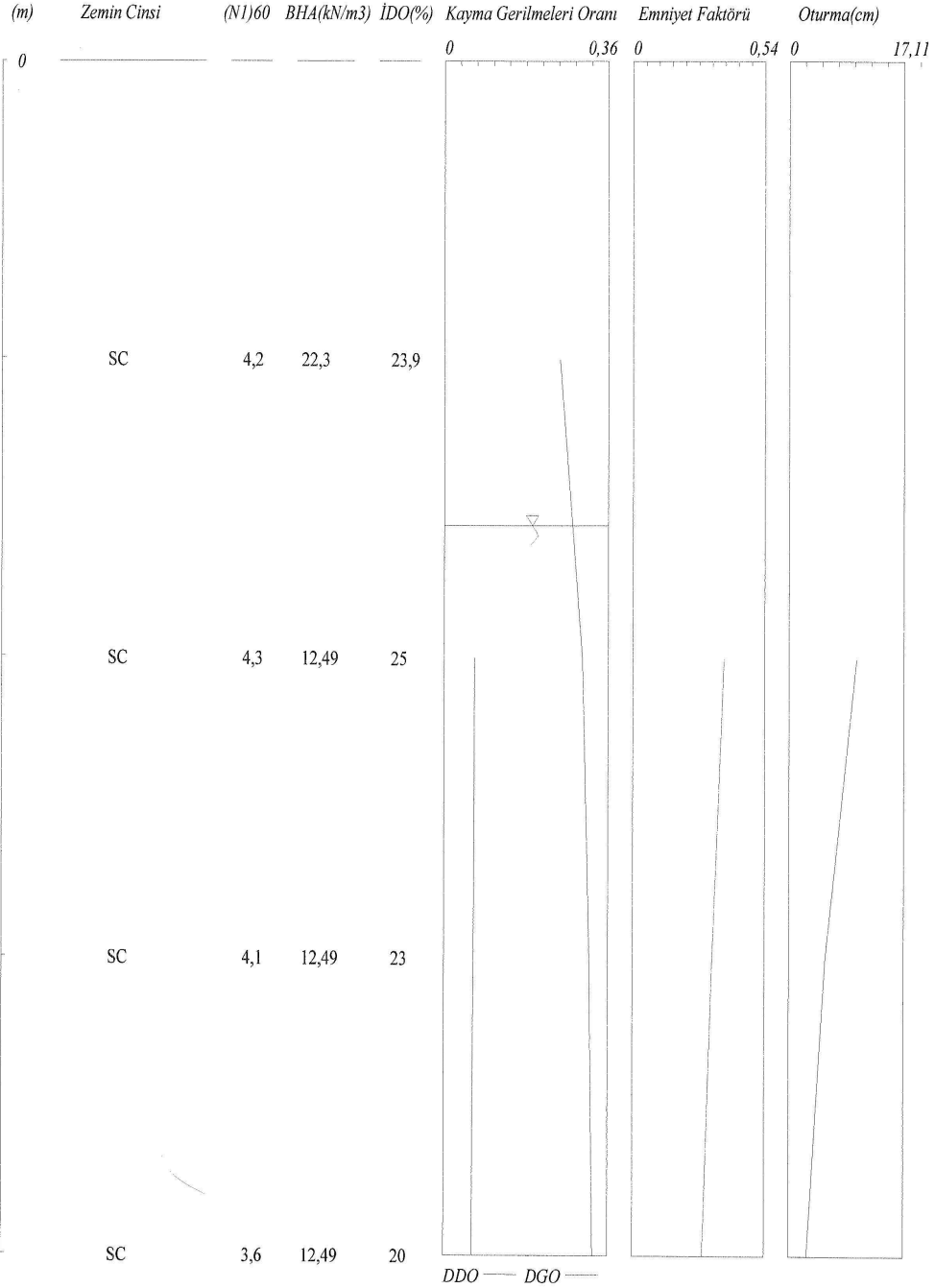
SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=6 İvme=0,4g Kuyu No=sk-20 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m		Magnitüd=6		İvme=0,4g		Kuyu No=sk-20		Kuyu Derinliği=10m	
	$\frac{BHA(kN/m^3)}$	$\frac{(N1)60}{Top.Ger.(kPa)}$	$\frac{Eff.Ger.(kPa)}{rd}$	$\frac{DG(kPa)}{DGO}$	$\frac{DG(kPa)}{DGO}$	$\frac{DD(kPa)}{DDO}$	$\frac{EF}{Oturma(cm)}$	$\frac{EF}{Oturma(cm)}$		
3	22,3	4,2	66,9	0,979	17,04	0,255	-	-	-	-
6	12,49	4,3	109,28	0,958	33,32	0,305	7,31	0,118	0,37	10,09
7,5	12,49	4,1	128,01	0,943	41,02	0,32	8,36	0,116	0,33	5,48
9	12,49	3,6	146,74	0,923	48,16	0,328	9,14	0,11	0,29	2,73



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitud=5 İvme=0,4g Kuyu No=sk-20 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m	Magnitüd=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-20	Kuyu Derinliği=10m						
<i>D</i> (cm)	<i>BHA</i> (kN/m ³)	<i>(N)</i> 60	<i>Top.Ger.</i> (kPa)	<i>Eff.Ger.</i> (kPa)	<i>rd</i>	<i>DG</i> (kPa)	<i>DGO</i>	<i>DD</i> (kPa)	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Orurma</i> (cm)
3	22,3	4,2	66,9	0,979	17,04	0,255	-	-	-	-	-
6	12,49	4,3	133,8	109,28	0,958	33,32	0,305	7,31	0,189	0,6	10,09
7,5	12,49	4,1	167,25	128,01	0,943	41,02	0,32	8,36	0,184	0,52	5,48
9	12,49	3,6	200,7	146,74	0,923	48,16	0,328	9,14	0,176	0,46	2,73



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3,5m Magnitüd=4 İvme=0,4g Kuyu No=sk-20 Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3,5m	Magnitüd=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-20	Kuyu Derinliği=10m						
<i>D(m)</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>DG(kPa)</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>Oturma: Tokimatsu/Seed</i>						
	<i>(N1)60</i>	<i>rd</i>	<i>DGO</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>						
	<i>BHA(kN/m3)</i>				<i>Oturma(cm)</i>						
3	22,3	4,2	66,9	0,979	17,04	0,255	-	-	-	-	
6	12,49	4,3	133,8	109,28	0,958	33,32	0,305	7,31	0,334	1,06	10,09
7,5	12,49	4,1	167,25	128,01	0,943	41,02	0,32	8,36	0,326	0,92	5,48
9	12,49	3,6	200,7	146,74	0,923	48,16	0,328	9,14	0,311	0,81	2,73



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

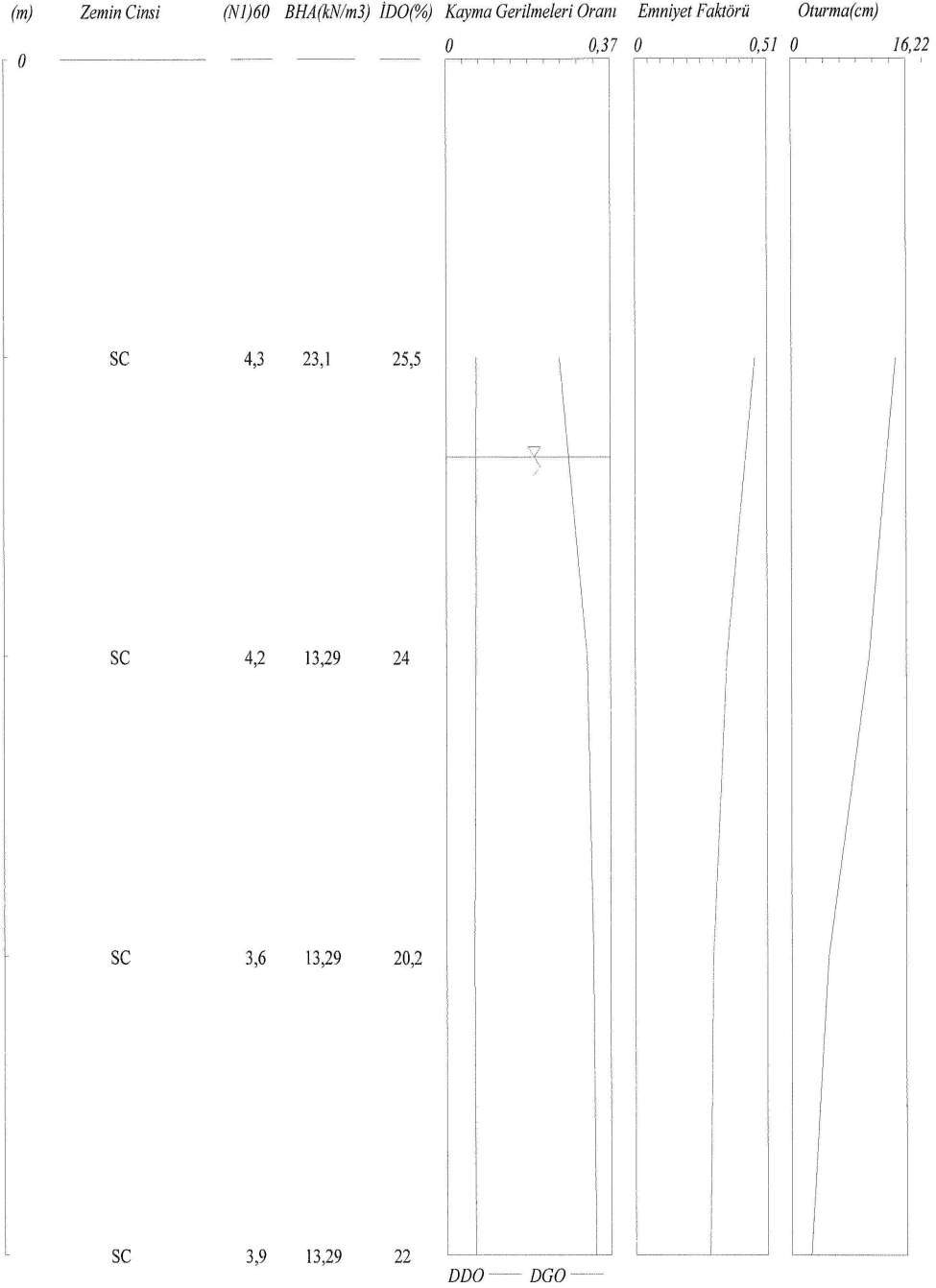
Magnitüd=6

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-21

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitud=6	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-21	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed					
<u>D(m)</u>	<u>N1)60</u>	<u>Top.Ger.(kPa)</u>	<u>Eff.Ger.(kPa)</u>	<u>rd</u>	<u>DG(kPa)</u>	<u>DGO</u>	<u>DD(kPa)</u>	<u>DDO</u>	<u>EF</u>	<u>Oturma(cm)</u>
3	23,1	4,3	69,3	0,979	17,65	0,255	4,66	0,119	0,47	14,74
6	13,29	4,2	109,17	0,958	34,51	0,316	7,22	0,117	0,36	10,97
7,5	13,29	3,6	129,11	0,943	42,49	0,329	8,07	0,111	0,3	5,23
9	13,29	3,9	149,04	0,923	49,89	0,335	9,59	0,114	0,29	2,75



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

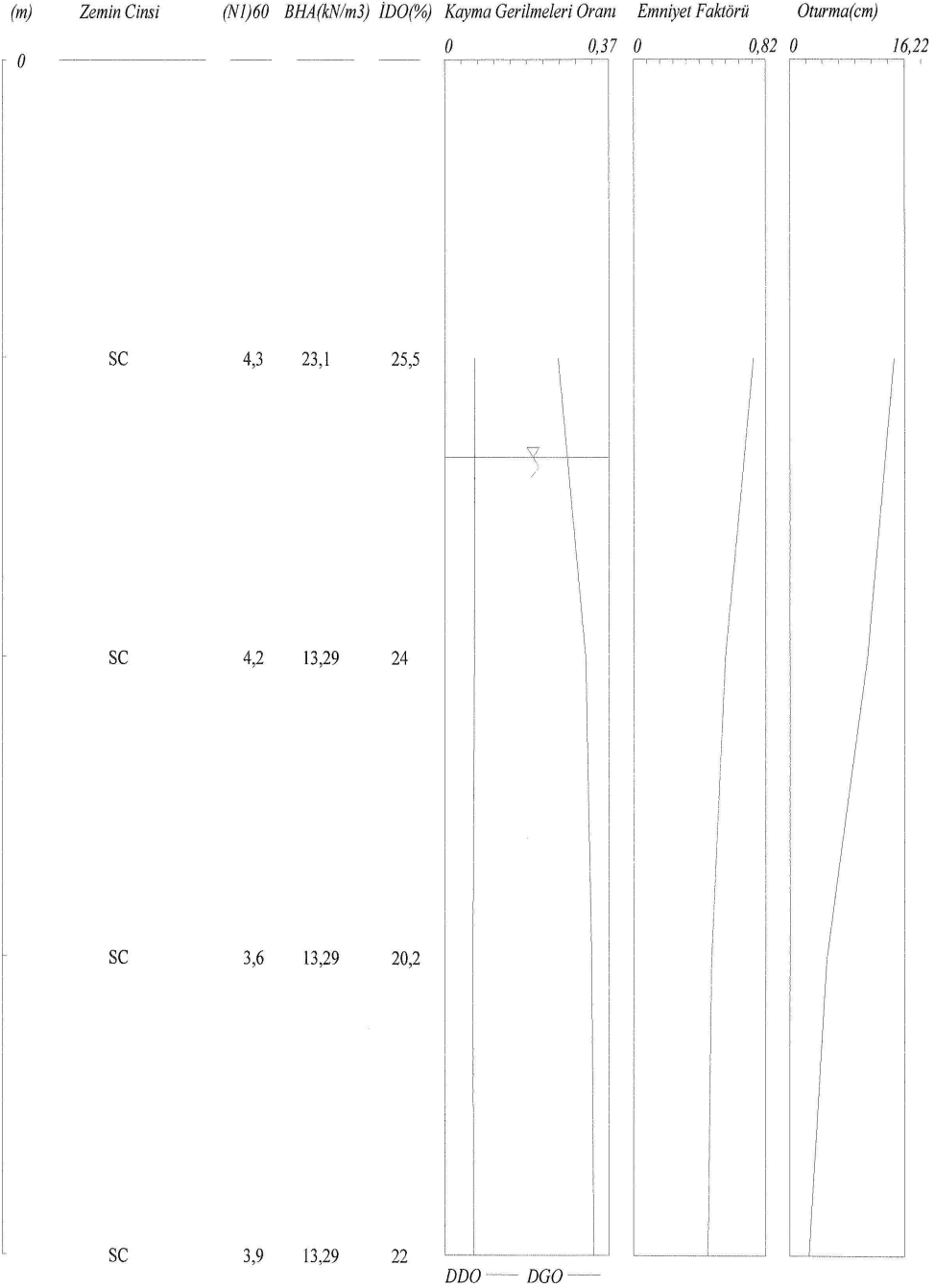
Magnitüd=5

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-21

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitud=5	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-21	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed					
<i>D(m)</i>	<i>(NI)60</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>rd</i>	<i>DG(kPa)</i>	<i>DGO</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Oturma(cm)</i>
3	23,1	4,3	69,3	0,979	17,65	0,255	4,66	0,19	0,75	14,74
6	13,29	4,2	138,6	0,958	34,51	0,316	7,22	0,187	0,57	10,97
7,5	13,29	3,6	173,25	0,943	42,49	0,329	8,07	0,176	0,48	5,23
9	13,29	3,9	207,9	0,923	49,89	0,335	9,59	0,182	0,46	2,75



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSIVI

SPT- Seed&Idriss

YASS=3m

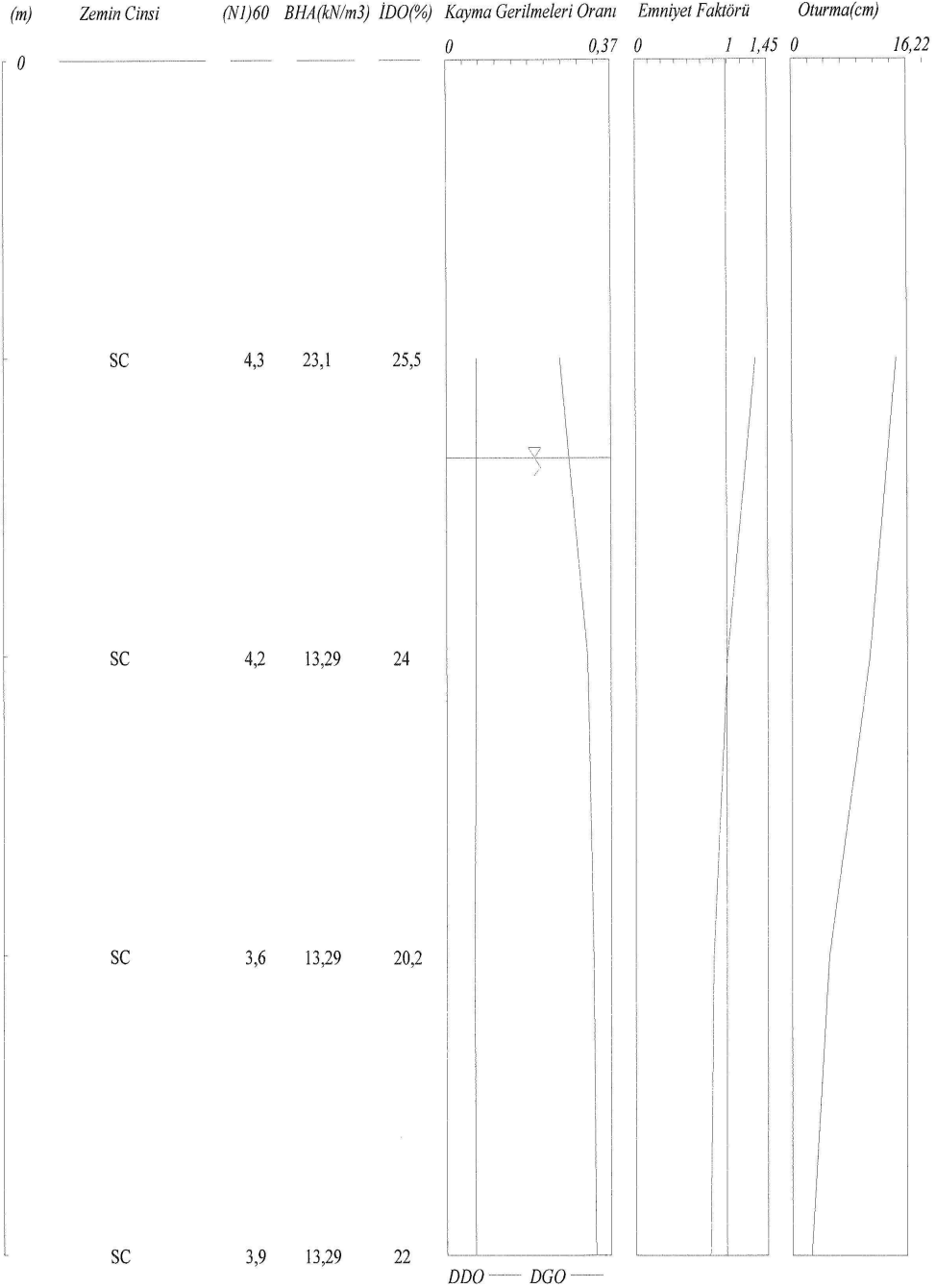
Magnitud=4

İvme=0,4g

Kuyu No=sk-21

Kuyu derinliği=10m

Oturma: Tokimatsu/Seed



2002 GÜMMF Yazılım V1

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU - İnş.Yük.Müh.Fatih BABUÇCU



SIVILAŞMA ANALİZİ

PROSİVİ

SPT- Seed&Idriss	YASS=3m	Magnitüd=4	İvme=0,4g	Kuyu No=sk-21	Kuyu Derinliği=10m Oturma: Tokimatsu/Seed					
<i>D(m)</i>	<i>(N1)60</i>	<i>Top.Ger.(kPa)</i>	<i>Eff.Ger.(kPa)</i>	<i>rd</i>	<i>DGG</i>	<i>DD(kPa)</i>	<i>DDO</i>	<i>EF</i>	<i>Oturma(cm)</i>	
3	23,1	4,3	69,3	0,979	17,65	0,255	4,66	0,336	1,32	14,74
6	13,29	4,2	138,6	0,958	34,51	0,316	7,22	0,33	1,01	10,97
7,5	13,29	3,6	173,25	0,943	42,49	0,329	8,07	0,312	0,86	5,23
9	13,29	3,9	207,9	0,923	49,89	0,335	9,59	0,322	0,82	2,75