KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GİRESUN-ESPİYE SAHİL YOLU İNŞAATI (KM: 1+030 - 1+170) SAĞ YAMACININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nurdan ŞAHİN

HAZİRAN 2011
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GİRESUN-ESPİYE SAHİL YOLU İNŞAATI (KM: 1+030 - 1+170) SAĞ YAMACININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Jeoloji Mühendisi Nurdan ŞAHİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"JEOLOJİ YÜKSEK MÜHEDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 17.06.2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fikri BULUT

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında

Nurdan ŞAHİN tarafından hazırlanan

GİRESUN-ESPİYE SAHİL YOLU İNŞAATI (KM: 1+030 - 1+170) SAĞ YAMACININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 17 / 05 / 2011 gün ve 1405 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN ……

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur.

Çalışmada Giresun-Espiye karayolunun Km: 1+030 - 1+170 heyelan alanının 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanından alınan zemin örneklerinin laboratuar çalışmaları ile jeoteknik özellikleri belirlenmiş ve elde edilen verilerden yararlanılarak inceleme alanının stabilite analizleri yapılmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı yapan, arazi, laboratuar ve büro çalışmalarında her türlü desteğinden ve önerilerinden yararlandığım hocam Prof. Dr. Fikri BULUT'a ve her zaman bilgilerinden yararlandığım, Prof. Dr. Cemil YILMAZ, Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY ve Arş. Gör. Seda ÇELLEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan Jeo. Yük. Müh. Sebehattin GÜNER ve babam Nevzat ŞAHİN'e, kardeşim Onur ŞAHİN'e, laboratuar çalışmalarıma katkıda bulunan Mak. Müh. Erdoğan TİMURKAYNAK'a, petrografik çalışmalarda çalışmalarıma katkıda bulunan Jeo. Yük. Müh. Özgür BİLİCİ ve Jeo. Müh. Tuğba DURSUN'a, büro çalışmalarında katkıda bulunan Arş. Gör. Emine TÜRK, Arş. Gör. Esra HATİOĞLU, Jeo. Müh. Samet SAKA, Jeo. Müh. İsmail. YILDIRIM, Jeo. Müh. Bilgehan KUL'a ve desteğini hiç eksik etmeyen annem Nejla ŞAHİN'e ve kuzenim Zehra ŞAHİNe katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Nurdan ŞAHİN
Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Giresun-Espiye Sahil Yolu İnşaatı (Km: 1+030 - 1+170) Sağ Yamacının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Fikri BULUT'un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/06/2011

Nurdan ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VIII
SUMMARY IX
ŞEKİLLER DİZİNİ X
TABLOLAR DİZİNİ XII
SEMBOLLER DİZİNİ XIV
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Amaç ve Kapsam 1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu 1
1.3. Morfoloji 1
1.4. Ulaşım ve Yerleşim 1
1.5. İklim ve Bitki Örtüsü 2
1.6. Önceki Çalışmalar 4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 6
2.1. Giriş 6
2.2. Çalışma Alanında Yapılan Jeoteknik Sondaj Çalışmaları 6
2.3. Laboratuar Deneyleri İçin Örnek Alımı 6
2.4. Jeoteknik Özellikler 7
2.4.1. Zeminin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 7
2.4.1.1. Porozite (n) 7
2.4.1.2. Boşluk Oranı (e) 7
2.4.1.3. Doygunluk Derecesi (S) 7
2.4.1.4. Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_{doy}) 8
2.4.1.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) 8
2.4.1.6. Batık Birim Hacim Ağırlık (γ') 8
2.4.1.7. Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n) 8

2.4.1.8. Su Muhtevası (w) 9
2.4.1.9. Özgül Ağırlık 9
2.4.2. Dane Dağılımı 10
2.4.3. Kıvam Limitleri 12
2.4.3.1. Likit Limit 12
2.4.3.2. Plastik Limit 13
2.4.3.3. Plastisite İndisi 13
2.4.3.4. Rötre (Büzülme) Limit, Likitlik İndisi ve Kıvamlılık İndisi 15
2.4.4. Killerin Aktivite ve Şişme Potansiyeline Göre Sınıflandırılması 16
2.4.5. Kil Minerallerinin İncelenmesi 17
2.4.6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS) 18
2.4.7. AASHTO Sınıflandırılması 23
2.4.8. Kayma Dayanımı Parametreleri 25
2.4.8.1. Kesme Kutusu Deneyi 25
2.4.8.2. Serbest Basınç Dayanımı 27
2.4.9. Stabilite (Duraylılık) Analizleri 30
2.4.9.1. Limit Gerilme Yöntemi 31
2.4.9.2. Limit Denge Yöntemi 32
2.4.9.2.1. Fellenius (İsveç Dilim) Yöntemi 37
2.4.9.2.2. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi 40
2.4.9.2.3. Sadeleştirilmiş Janbu Yöntemi 42
3. BULGULAR 45
3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi 45
3.1.1. Çağlayan Formasyonu 45
3.1.2. Alüvyon 55
3.2. Yapısal Jeoloji 55
3.2.1. Tabakalar 55
3.2.2. Çatlaklar 56
3.3. Depremsellik 56
3.4. Heyelan Mekanizması 57
3.5. Temel Sondajları 57
3.5.1. SK-1 Sondajı 59
3.5.2. SK-2 Sondajı 59

3.5.3. SK-3 Sondajı 60
3.5.4. SK-4 Sondajı 60
3.5.5. SK-5i Sondajı 60
3.5.6. SK-6 Sondajı 60
3.5.7. SK-7i Sondajı 61
3.5.8. SK-8i Sondajı 61
3.5.9. SK-9 Sondajı 61
3.5.10. SK-10 Sondajı 61
3.6. Sondaj Çalışmasında Gözlenen Birimler 61
3.6.1. Ayrışmış Tüfit Birimi 62
3.6.1.1. Kumlu Silt Düzeyi 62
3.6.1.2. Siltli/Çakıllı Kum Düzeyi 62
3.6.2. Tüfit Birimi 63
3.6.3. Fliş Birimi 63
3.6.4. Dasitik Tüfit Birimi 64
3.7. Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri 64
3.7.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 65
3.7.2. İnce Taneli Zeminlerin Sınıflandırılması 65
3.7.2.1. Dane Dağılım Eğrilerinin Hazırlanması 65
3.7.2.2. Kıvam Limitleri 70
3.7.3. Zeminin Kayma Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi 79
3.7.4. Heyelanlı Sahanın Geriye Dönük Analizi 83
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 86
5. KAYNAKLAR 88
6. EKLER 90
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

GİRESUN-ESPİYE SAHİL YOLU İNŞAATI (KM: 1+030 - 1+170) SAĞ YAMACININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Nurdan ŞAHİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fikri BULUT
2011, 89 Sayfa, 35 Sayfa Ek

Ülkemizin en çok yağış alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesinin doğu bölümü, yamaçların dik eğimli olması nedeniyle kütle hareketlerinin oluşumuna fazlaca yatkınlık gösterir. Bu çalışmada, Giresun-Espiye karayolunun Km: 1+030 - 1+170 meydana gelmiş heyelanın duraylılığı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Heyelan alanının 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru; Çağlayan Formasyonu (Üst Kretase) ve Alüvyon (Kuvaterner) olarak ayırtlanmıştır. Stabilite hesabı yapılacak olan bölgedeki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan zemin örneklerinin laboratuar deneyleri ile fiziksel özellikleri, dane dağılımı, kil cinsleri, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir. Yamaçların jeolojik kesitleri çıkarılmış, muhtemel kayma düzeyleri belirlenmiş ilgili mühendislik özellikleri de kullanılarak Basitleştirilmiş Janbu yöntemlerine göre bilgisayar destekli geri analiz hesapları yapılarak güvenlik sayıları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kütle Hareketleri, Yamaç Stabilitesi, Basitleştirilmiş Janbu yöntemleri, Giresun

Master Thesis

SUMMARY

THE ANALYSIS OF THE RIGHT SLOPE OF GİRESUN-ESPİYE COASTAL ROAD CONSTRUCTION (KM: 1+030 – 1+170) BY ENGINEERING GEOLOGY

Nurdan ŞAHİN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Fikri BULUT
2011, 89 Pages, 35 Pages Appendix

The eastern part of Blacksea Region, which is the rainest area in our country, shows too much tendency to the formation of mass movements due to it's precipitous slopes. In this study, the landslide stability that occured at Km: 1+030-1+170 of Giresun – Espiye highway, was analysed in terms of engineering geology. 1/10000 scaled geology map of the landslide area, was prepared and litostratigraphy units were from the oldest to the youngest as follows; Çağlayan formation (Upper Cretaceous) and Alluvium (Quaternary). In order to determine the engineering characteristics of soil, in the slopes where the stability calculations were carried out via laboratory experiments of soil samples index propertias, grain distribution, clay types, internal friction angle and cohesion have been indicated. Geological sections of the slopes have been drawn, the level of their possible sliding has been estimated and by using the related engineering characteristics and computer-aided back analysis calculations, safety numbers have been determined according to Simplified Bishop and Simplified Janbu techniques.

Key Words: Mass Movements, Slope Stability, Simplified Janbu tecniques, Giresun

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası 2

Şekil 2. Giresun meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı 3

Şekil 3. Giresun meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı 4

Şekil 4. Killerin kuruma sırasında gösterdiği hacim değişimi 13

Şekil 5. Rötre limitin plastisite kartından bulunması 16

Şekil 6. a) Şişme potansiyel sınıflama grafiği, b) Aktivite abağı 17

Şekil 7. Casagrande Plastisite Grafiği 18

Şekil 8. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi 19

Şekil 9. Likit limit %50 den küçük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması.....21

Şekil 10. Likit limit %50 den büyük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması 22

Şekil 11. Kesme kutusu deney aleti 25

Şekil 12. Kesme kutusu deneyinin yapılma prensibi 26

Şekil 13. Serbest basınç deneyi prensibi 28

Şekil 14. Sürtünmesiz-kohezyonlu zeminler için Mohr gerilme dairesi 29

Şekil 15. Serbest basınç deney aleti 29

Şekil 16. Dilim yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler.....36

Şekil 17. Fellenius yönteminde tipik bir dilime etki eden kuvvetler ve kuvvet poligonu 37

Şekil 18. Bishop yöntemine göre bir dilime etkiyen kuvvetler.....40

Şekil 19. Sadeleştirilmiş Janbu yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler 42

Şekil 20. Sadeleştirilmiş Janbu yönteminde kullanılan düzeltme faktör 44

Şekil 21. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti 46

Şekil 22. Çalışma alanının jeoloji haritası.....47

Şekil 23. Heyelan alanının jeolojik kesiti 48

Şekil 24. Çağlayan Formasyonun da ki bazaltların genel görünümü.....49

Şekil 25. Çağlayan Formasyonuna ait kırmızı kireçtaşları 49

Şekil 26. Çağlayan Formasyonu'ndaki ojitli bazaltlardaki mikroliktik porfirik doku 50

Şekil 27. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan hornblendli dasitlerdeki Porfirik doku 51
Şekil 28. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan Trakiandezitteki Porfirik doku 52
Şekil 29. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan Kristalen tüf 53
Şekil 30. Çağlayan Formasyonu'ndaki kırmızı kireçtaşlarında gözlenen Globotruncana 54
Şekil 31. Çağlayan Formasyonuna ait çatlak kontur diyagramı 56
Şekil 32. Heyelan alanının jeoloji haritası 58
Şekil 33. Hidrometre analizi 66
Şekil 34. Islak elek analizi 66
Şekil 35. 1 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 67
Şekil 36. 2 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 67
Şekil 37. 3 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 68
Şekil 38. 4 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 68
Şekil 39. 5 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 69
Şekil 40. 6 nolu örneğe ait granülometri eğrisi 69
Şekil 41. Casagrande plastisite grafiği 71
Şekil 42. Aktivite abağına göre sınıflama 74
Şekil 43 Şişme potansiyeli 74
Şekil 44. 1 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 76
Şekil 45. 2 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 76
Şekil 46. 3 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 77
Şekil 47. 4 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 77
Şekil 48. 5 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 78
Şekil 49. 6 nolu örneğe ait XRD difraktogramı 78
Şekil 50. 1 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği 79
Şekil 51. 2 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği 80
Şekil 52. 3 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği 80
Şekil 53. 5 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği 81
Şekil 54. 6 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği 81
Şekil 58. Heyelanlı sahada yapılan geriye dönük Basitleştirilmiş Janbu kayma analizi 84
Şekil 59. Heyelanlı alanın görünümü 84
Şekil 60. Heyelanlı alanda oluşmuş gerilme çatlağı 85

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975- 2010 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı 3

Tablo 2. Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975- 2010 yılları arasında ölçülen ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı 4

Tablo 3. Dane çapına göre zeminlerin sınıflandırılması 11

Tablo 4. IAEG (1976)' nin likit limit değerlerine göre yaptığı zemin sınıflaması 13

Tablo 5. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması 14

Tablo 6. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması 14

Tablo 7. Plastisite indisinin, plastisite özelliğine göre sınıflaması.....14

Tablo 8. Zeminlerin kıvamlılık indinse göre sınıflaması 15

Tablo 9. Likitlik indisi ve kıvamlılık indisine göre zemin kıvam sınıfları 16

Tablo 10. Killerin aktivite sınıflaması 17

Tablo 11. Grup sembolleri ve temsil ettikleri zeminler.....20

Tablo 12. Amerikan Karayolları Zemin Sınıflandırma Sistemi 24

Tablo 13. Serbest basınç direnci, q_u, değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı 30

Tablo 14. Yamaç dengesine etkenler 33

Tablo 15. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları 33

Tablo 16. Limit denge analiz metotları 35

Tablo 17. Dilim metotlarında bilinmeyenler ve eşitlikler 37

Tablo 18. İsveç dilim yöntemi stabilite hesap tablosu 40

Tablo 19. Bishop yöntemi stabilite hesap tablosu.....42

Tablo 20. Janbu yöntemi stabilite hesap tablosu.....43

Tablo 21. Temel sondaj özet tablosu.....59

Tablo 22. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları 62

Tablo 23. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları 63

Tablo 24. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD.....63

Tablo 25. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD değerleri ...64

Tablo 26. Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD değerleri 64

Tablo 27. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri 65

Tablo 28. Zemin gruplarının örnek numarasına göre dağılımı 70
Tablo 29. Örneklerin kıvam limitlerine ait deney sonuçları 70
Tablo 30. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre belirlenen zemin grubu sınıfları ve açıklamaları 71
Tablo 31. Örneklerin, likit limit ve plastisite indisi değerleri ile belirlenen plastisite sınıflaması 72
Tablo 32. Örneklerin plastisite indisine göre sınıflandırması 72
Tablo 33. Zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflaması 73
Tablo 34. Likitlik İndisi ve kıvamlılık indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişkiye göre yapılan sınıflama 73
Tablo 35. Killerin aktiviteye göre sınıflandırılması 74
Tablo 36. Numunelerin şişme potansiyeline göre sınıflaması 75
Tablo 37. Zeminlerin aktivitesine göre sınıflandırılması 75
Tablo 38. Amerikan Karayollarına göre sınıflama.....75
Tablo 39. Kesme kutusu deneyi sonuçları.....82
Tablo 40. Kesme kutusu deneyleri sonunda elde edilen normal ve kayma gerilmesi değerleri 82
Tablo 41. Serbest basınç deneyi ile belirlenen zemin kıvamları.....82
Tablo 42. Serbest basınç deneyi sonuçları 83

SEMBOLLER DİZİNİ

a	: Zeminin özğül yoğunluğunun Gs sabitine oranı
A_f	: Kırılma anındaki en kesit alanı (cm^2)
A_0	: İlk kesit alanı (cm^2)
c	: Kohezyon
c'	: Efektif gerilemelere göre kohezyon
D	: Dane çapı (mm)
G_s	: Zeminin özgül ağırlığı
G_{WT}	: T sıcaklığındaki damıtık suyun özgül ağırlığı
e	: Boşluk oranı (%)
E_L, E_R, E_i, E_{i+1}	: Dilim tabanına etkiyen normal kuvvet
H_0	: İlk boy (cm)
I_P	: Likitlik İndisi
I_C	: Kıvamlılık İndisi
L	: Efektif derinlik
LL, W_L	: Likit limit
M_{BWS}	: T sıcaklığındaki piknometre ve damıtık suyun kütlesi
M_{BW}	: T sıcaklığında su, zemin ve piknometre kütlesi
M_S	: Katı parçacıkların kütlesi
M_t	: Dara
M_{tws}	: Dara+ıslak zemin
M_{tds}	: Dara+ kuru zemin
M_W	: Su kütlesi
n	: Porozite
N	: Normal kuvvet
P	: Elekten geçen malzeme yüzdesi (%)
PL	: Plastik limit
PI	: Plastisite indisi
Pmax	: Kırılma anındaki yük (kg)
qu	: Serbest basınç dayanımı (kg/cm^2)
R	: Hidrometre okuması
Sr	: Doygunluk derecesi (%)

Ep	: Deformasyon modülü
Pln	: Net limit basınç
t	: Zaman
T	: Kayma kuvveti
U	: Boşluk suyu basıncı
V	: Zemin hacmi
Vb	: Boşluk hacmi
Vh	: Havanın hacmi
Vs	: Dane hacmi
Vw	: Su hacmi
ω	: Su içeriği
W	: Dilim ağırlığı, Zemin kütlesi
Wk	: Kuru zemin kütlesi
Wn	: Zeminin doğal su içeriği
Wp	: Zeminin plastik limiti
W_L	: Zeminin likit limiti
X_R, X_L	: Dilim yanlarına etkiyen kayma kuvvetleri
ΔH	: Toplam boy kısalması (cm^2)
τ	: Kayma esnasında, kayma düzlemi üzerindeki kayma gerilmesi
$\emptyset$	: İçsel sürtünme açısı
$\emptyset'$	: Efektif gerilmelere göre içsel sürtünme açısı
σ	: Toplam normal gerilme
μ	: Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi
γ'	: Batık birim hacim ağırlık
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık
γ_k	: Kuru birim hacim ağırlık
γ_{doy}	: Doygun birim hacim ağırlık
γ_w	: Suyun birim hacim ağırlığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesinin, Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan, Giresun – Espiye Karayolu'nda meydana gelmiş olan Km: 1+030 - 1+170 heyelanının mühendislik jeolojisi araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, inceleme alanında gerçekleştirilen jeolojik çalışmalarla bölgenin genel jeolojisi ortaya konmuş ve birimlerin mühendislik özellikleri belirlenerek yamacın stabilite analizleri yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu

Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölümünde, Giresun İli'nin yaklaşık 8 km doğusunda yer alır ve 1/25000 ölçekli G40- b2 paftası içerisinde yaklaşık 12 km^2'lik bir alanı kapsar (Şekil 1). Kuzeyde Uzuncakum Mahallesi, Çaylı Mahallesi, Abacıbükü Mahallesi, güneyde Konakyanı Mahallesi ve Cebeci Mahallesi bulunmaktadır.

1.3. Morfoloji

Bölgedeki en büyük akarsu olan Aksu Çayı ve Kargın Dere, inceleme alanını güney-kuzey yönünde kat eder. İnceleme alanında çok fazla yükselti yoktur. En yüksek tepe Cebeci Mahallesi civarındadır. Yüksekliği 344.63 metredir.

1.4. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına batıdan Giresun ilinden ve doğudan Giresun ili Keşap ilçesinden ulaşmak mümkündür. Giresun iliyle Keşap ilçesi arasındaki 13 km'lik yol asfalt olup ulaşım oldukça kolaydır.

Çalışma alanında bulunan yerleşim birimlerinin hepsine stabilize ve asfalt yol ile ulaşılabilir.

Çalışma alanındaki başlıca yerleşim birimleri; Uzuncakum Mahallesi, Cebeci Mahallesi, Samsunlu Mahallesi, Çaylı Mahallesi, Andal Mahallesi, Abacıbükü Mahallesi, Konakyanı Mahallesidir.

Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Eearth)

1.5. İklim ve Bitki Örtüsü

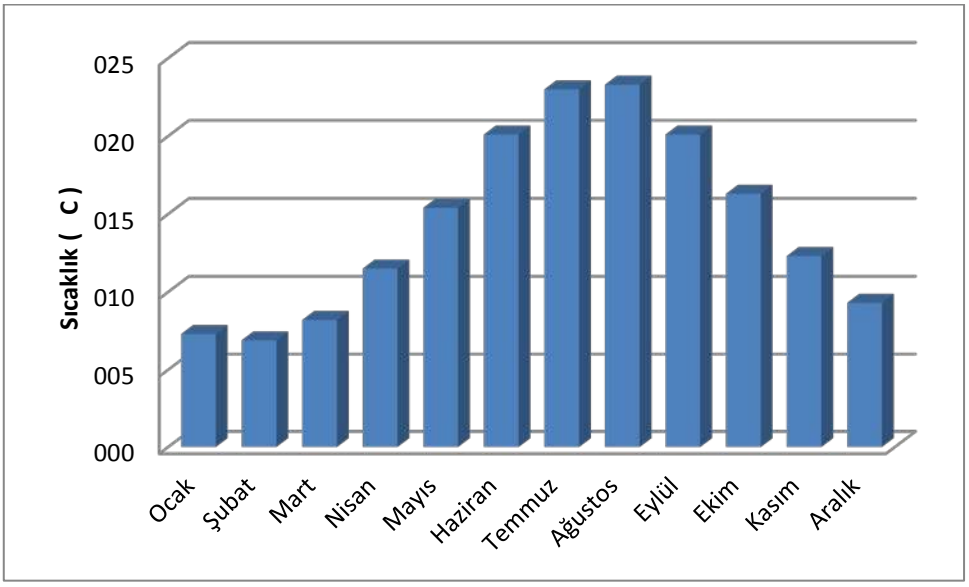
Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölümü'nün ılıman ve bol yağışlı iklimine sahiptir. Çalışma alanına en yakın gözlem istasyonu. Giresun ilinde bulunmaktadır.

Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975 – 2010 yılları arasındaki 35 yıllık gözlem sürecinde sıcaklık değerleri ölçülmüş ve bunların aylara göre ortalama değerleri

grafiklerde gösterilmiştir. Aylara göre ortalama sıcaklık değerleri Tablo 1'de ve ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975- 2010 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık Ortalama Sıcaklık (^oC)
Ortalama Sıcaklık (^oC)	7.3	6.9	8.2	11.5	15.4	20.1	23.0	23.3	20.1	16.3	12.3	9.3	12.53



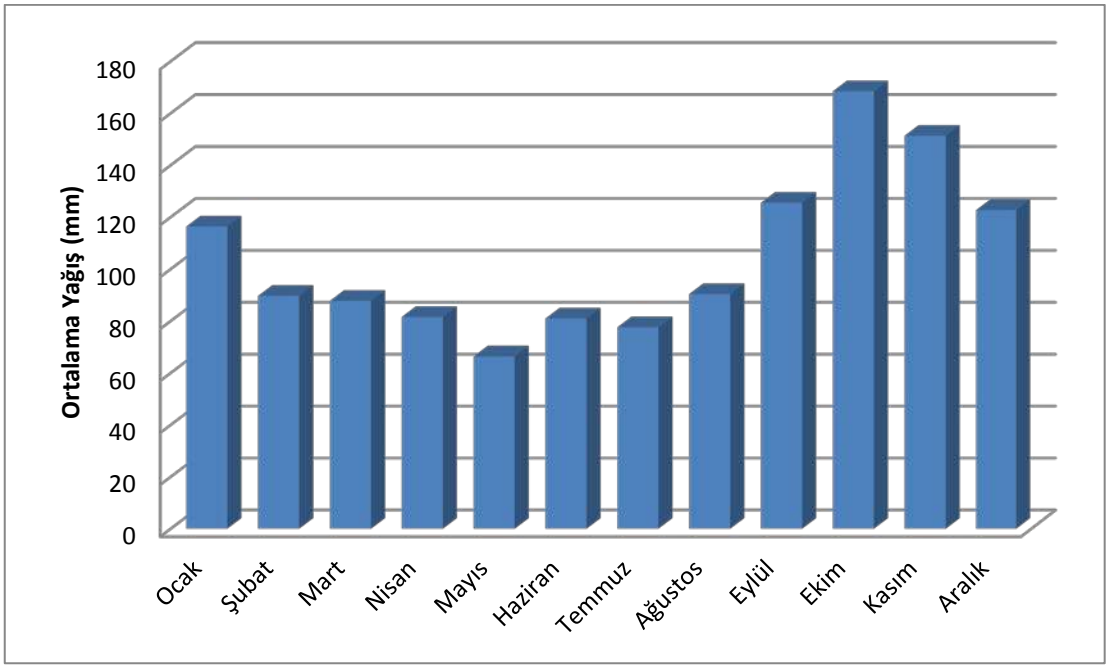
Şekil 2. Giresun meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı

Histograma göre sıcaklığın en yüksek olduğu aylar Temmuz ve Ağustos, en düşük olduğu aylar ise Ocak ve Şubat aylarıdır.

Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975 – 2010 yılları arasında 40 yıllık gözlem sürecinde yöreye düşen yağış değerleri ölçülmüş ve bunların aylara göre ortalama değerleri hesaplanmıştır. Aylara göre ortalama yağış değerleri Tablo 2'de ve ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılım grafiği Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Giresun meteoroloji gözlem istasyonunda 1975- 2010 yılları arasında ölçülen ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık Toplam Yağış (mm)
Ortalama Yağış (mm)	116,3	89,6	87,7	81,5	66,3	80,9	77,5	90,3	125,5	168,4	151,3	122,6	1257,9



Şekil 3. Giresun meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı

Histograma göre en fazla yağış olan aylar Ekim ve Kasım, en az yağışın olduğu aylar ise Mayıs ve Temmuz aylarıdır.

Bu iklim tipi yüksek bölgelerde çam, meşe, kızılağaç, ladin, köknar, kayın gibi ağaçların bulunduğu ormanların oluşumunda etkili olmuştur. Bitki örtüsü olarak alçak bölgelerde fındıklık ve meyve ağaçları bulunmaktadır. Yöre hakli geçimini başlıca fındık ve diğer tarla bitkileriyle ve kısmen de hayvancılıkla sağlamaktadır.

1.6. Önceki Çalışmalar

Erguvanlı (1953), "Görele - Espiye – Gümüşhane Arasındaki Bölgenin Jeolojisi" isimli çalışmasında Liyas, Üst Jura- Alt Kretase ve Senoniyen yaşlı birimleri ayırt etmiştir.

Araştırmacı yörede birkaç yerde yüzeylenen granitlerin bu birimleri kestiklerini ve içinde Globotruncana fosillerinin saptandığı tortul kayaçlardan söz etmiş ve bu kayaçlara Üst Kretase yaşı vermiştir.

Pollak (1960), Tirebolu – Espiye yöresinde maden yataklarına yönelik çalışmalarda bulunmuş, ayrıca Lahanos madenine ait çalışmasında civardan aldığı birçok örneğin petrografi incelemesini yapmış ve sondajlarda belirlenen faylardaki cevherleşmelerin Cu-S tenör grafiklerini çizmiştir.

Schultze-Westrum (1961), "Giresun Civarındaki Aksu Deresini Jeolojik Profili" adlı çalışmasında, Giresun hinterlandında, Karadeniz sahili boyunca 500 km^2'lik bir sahanın 1/25000 lik jeoloji haritası ile cevher zuhurları bakımından prospeksiyonu yapılmıştır.

Antonoviç (1968), "Giresun-Bulancak ve Espiye Sahalarının 1/10000 Ölçekli Jeolojik Etüt Raporu" adlı araştırmasında Espiye civarındaki önemli cevherleşmeleri incelemiş ve yörede Üst Kretase yaşlı birimlerin bulunduğu, geç Alpin orojenezinin etkili olduğu ve bunun sonunda KD-GB, KB-GD doğrultulu fayların oluştuğunu, maden yataklarının ve daykların uzanımının bu kırık sistemine uygunluk gösterdiğini belirtmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Giresun – Espiye Sahil Yolu inşası esnasında yol güzergahının Km: 1+030-1+170 sağ yamacında oluşan heyelana ait zemin profilinde izlenen birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile, kütle hareketinin geometrisi, nedenleri ve mekanizmasının belirlenmesine yönelik olarak; 1/500 ölçekli mühendislik jeoloji haritası, heyelan alanının mühendislik jeolojisi haritası, laboratuar çalışmaları için örselenmiş ve örselenmemiş örnek alımı ve Karayolları tarafından 2003 yılında yaptırılan sondaj çalışmaları, İnklinometre, Pressiyometre ve Standart Penetrasyon deneylerinden yararlanılmıştır.

Laboratuar çalışmalarında zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek için, kesme kutusu, serbest basınç, özgül ağırlık, kıvam limitleri, yıkamalı elek analizi, hidrometre analizi ve kil cinsinin tayini için XRD analizleri yapılmıştır.

Heyelan sahasında Slide programı kullanılarak, Janbu stabilite analiz yöntemlerinden yararlanılarak güvenlik sayıları hesaplanmıştır.

2.2. Çalışma Alanında Yapılan Jeoteknik Sondaj Çalışmaları

Heyelan riski bulunan sahada Karayolları tarafından, birim kalınlıklarını ve bu birimlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmek için toplam derinliği 137 m olan 10 adet sondaj açılmış ve bu sondajlarda inklinometre, pressiyometre ve SPT deneyleri yapılmıştır (Ek 1). Alınan karot örnekleri incelenerek karot yüzdeleri, kaya türü, ayrışma derecesi, RQD değerleri göz önüne alınarak kuyu logları Karayolları tarafından hazırlanmıştır.

2.3. Laboratuar Deneyleri İçin Örnek Alımı

Çalışma alanındaki zeminlerin dane dağılımını, kıvam limitlerini, özgül ağırlığını, serbest basınç direncini, efektif kohezyon ve içsel sürtünme açısını, birim hacim ağırlıklarını, su muhtevasını, porozitesini, boşluk oranını ve doygunluk derecesini

belirlemek için heyelanlı alandan ve heyelan alanının dışından altı adet örnek alınmıştır. Örnek alımında 38cm ve 15cm çaplı çelik tüpler kullanılmıştır. Zeminin arazideki özelliğini muhafaza etmesi için, örnek alımından hemen sonra tüpler hava almayacak şekilde sarılarak laboratuara getirilmiştir.

2.4. Jeoteknik Özellikler

2.4.1. Zeminin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

2.4.1.1. Porozite (n)

Zemin içindeki boşluk hacminin zeminin toplam hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$n = \frac{e}{1+e} \tag{1}$$

2.4.1.2. Boşluk Oranı (e)

Zemin içerisindeki boşluk hacminin danelerin hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$e = \frac{V_b}{V_s} \tag{2}$$

2.4.1.3. Doygunluk Derecesi (S)

Zemindeki su hacminin toplam boşluk hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$S = \frac{V_w}{V_b} \tag{3}$$

2.4.1.4. Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_{doy})

Zeminin bütün boşluklarının su ile dolu olduğu (S=1) durumdaki kütlesinin toplam hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\gamma_{doy} = \frac{W_k + V_b * \gamma_w}{V} \tag{4}$$

2.4.1.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)

Zeminin 105 ^{0}C de 24 saat kurutulmasından sondaki kuru kütlesini toplam hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V} \tag{5}$$

2.4.1.6. Batık Birim Hacim Ağırlık (γ')

Zemini su altında bulunması durumunda, zeminin doygun yoğunluğu ile suyun yoğunluğu arasındaki farka eşittir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\gamma' = \gamma_{doy} - \gamma_w \tag{6}$$

2.4.1.7. Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)

Zeminin doğal kütlesinin toplam hacmine oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\gamma_n = \frac{W}{V} \tag{7}$$

2.4.1.8. Su Muhtevası (w)

Suyun kütlesinin danelerin kütlesine oranı olan su muhtevası (w), örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir. Ağırlıkları belirlenen cam kaplarla birlikte tartıldıktan sonra 105 ^{0}C' de 24 saat süreyle kurutulup tekrar tartılmıştır.

$$M_w = M_{tws} - M_{tds} \tag{8}$$

$$M_s = M_{tds} - M_t \tag{9}$$

$$\%w = \frac{M_w}{M_s} * 100 \tag{10}$$

M_s = Su Kütlesi

M_{tws} =Dara+Islak Zemin

M_{tds} = Dara+Kuru Zemin

M_s = Katı Parçacıkların Kütlesi

M_t = Dara

2.4.1.9. Özgül Ağırlık

Zemin içerisinde doğal olarak oluşmuş, organik maddeler gibi su içinde çözünmeyen malzeme içermeyen danelerin ortalama değeridir (ASTM D854, 2002). Aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$G_s = \frac{M_s * G_{WT}}{M_s - M_{bws} + M_{bw}} \tag{11}$$

G_s = Zeminin Özgül Ağırlığı

G_{WT} = T sıcaklığındaki damıtık suyun özgül ağırlığı

M_{bws} = T sıcaklığındaki piknometre ve damıtık suyun kütlesi

M_{bw} = T sıcaklığında, su, zemin ve piknometre kütlesi

2.4.2. Dane Dağılımı

Örnekler içerisindeki dane dağılımını belirlemek için yıkamalı elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır.

Elek analizi deneyinde, 500 gr örnek, 1lt saf su ve 2 gr sodyum heksameta-fosfat ($Na_8P_3O_{10}$)'la hazırlanan karışım içinde 24 saat bekletilerek ayrıştırılır. Sırasıyla 4-8-10-25-40-60-100 ve 200 nolu eleklerden yıkayarak elenir. Eleme işlemi bittikten sonra her elek üzerinde kalan malzeme ağırlıkları daha önceden belirlenmiş cam kaplarla etüvde 24 saat 105 ^{0}C sıcaklıkta kurutulup, tekrar tartılarak her elek üzerinde kalan zemin ağırlığı belirlenir.

Her elekten geçen yüzde (%P) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$\% \text{ P} = \frac{\text{Elekten Geçen Malzeme Miktarı}}{\text{Elemeye Tabi Tutulan Toplam Malzeme Miktarı}} * 100 \tag{12}$$

Dane çapı logaritmik yatay eksene, elekten geçen malzeme yüzdesi düşey eksende gösterilerek dane dağılım (granülometri) eğrisi çizilir.

200 nolu elekten geçen ince daneli malzemenin dane dağılımı hidrometre analiz yöntemi ile belirlenir. Kuru numune, 250 ml'lik cam kap içerisine yerleştirilerek üzerine 1lt saf su ve 40 gr sodyum heksameta-fosfat ($Na_8P_3O_{10}$) ilave edilerek hazırlanan çözeltiden 125 ml eklenerek karışım hazırlanır, 24 saat bekletilerek mikserle karıştırılır. Su-zemin karışımı hidrometre şişesine konarak üzerine saf su eklenerek 1000 ml'ye tamamlanır. Hidrometre şişesinin ağzı el ayası ile kapatılarak alt-üst edilerek süspansiyonun her noktasında konsantrasyonun aynı olması sağlanır. Hidrometre süspansiyon içine bırakılarak belirli zaman aralıklarında okuma alınır.

152 H tipi hidrometre için dane çapları (D) ve yüzde geçenler (P') aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$$\text{D} = \sqrt{\frac{30*\mu}{980*(G_s - G_w)}} * \sqrt{\frac{L}{t}} \tag{13}$$

$$\%P' = \frac{aR}{M_s} * 100 \tag{14}$$

$$a = \frac{G_s}{2{,}65} \tag{15}$$

L= Efektif derinlik

t = Bekleme süresi

a = Zeminin özgül yoğunluğunun G_s sabitine oranı

R= Hidrometre okuması

μ= Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi

Yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi ile elde edilen granülometri eğrilerinde bir süreklilik elde etmek için, hidrometre analizinden bulunan geçen yüzdesi bağıntı da yerine konularak, yıkamalı elek analizindeki ağırlıkça geçen yüzde hesaplanır.

$$\% \, P = \% \, P' * \frac{\text{200 Nolu Elekten Geçen Malzeme Miktarı}}{\text{Elemeye Tabi Tutulan Toplam Malzeme Miktarı}} * 100 \qquad (16)$$

Yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi sonuçlarının birleştirilmesi ile elde edilen dane dağılım (granülometri) eğrisi kullanılarak, Massachusetts Instute of Technology (MIT) tarafından geliştirilen sınıflamadaki (Tablo 3) sınır değerine göre zemin grupları belirlenir.

Tablo 3. Dane çapına göre zeminlerin sınıflandırılması (MIT)

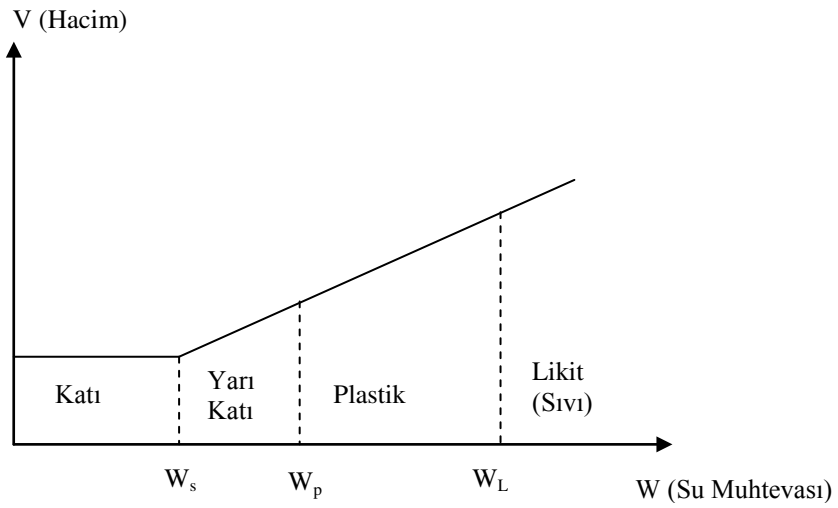
Zemin Sınıfı		Dane Çapı, D, (mm)
BLOK	-	200-60
ÇAKIL	İri Çakıl	60-20
	Orta Çakıl	20-6
	İnce Çakıl	6-2
KUM	İri Kum	2-0,60
	Orta Kum	0,60-0,20
	İnce Kum	0,20-0,06
SİLT	İri Silt	0,06-0,02
	Orta Silt	0,02-0,006
	İnce Silt	0,006-0,002
KİL	Kil	0,002 den küçük

2.4.3. Kıvam Limitleri

Zeminlerde danelerin oluşturduğu hacim katı hacim, sıvı ve gaz hacimlerinin toplamı ise boşluk hacmini oluşturmaktadır. Kurak mevsimlerde özellikle killi zeminler kuru halde yüksek bir dayanıma sahipken yağışlı mevsimlerde suyu emmesi ile akıcı hale gelerek dayanımı azalmaktadır. Bu durum boşluklarda bulunan suyun şartlara bağlı olarak buharlaşması veya boşlukları doldurması ile değişmektedir ve aynı zeminin farklı yüklemeler altında farklı davranışlar göstermesine neden olmaktadır (Şekil 4).

2.4.3.1. Likit Limit

Likit limiti belirlemek için ASTM D 4318 standartlarına göre likit limit deneyi yapılmıştır. Örselenmiş örneklerden alınan numune açık havada kurutulur daha sonra 40 nolu elekten elenir ve yaklaşık 250-300 gr. numune alınır. Porselen bir kap içerisine koyulur. Üzerine damıtık su ilavesiyle homojen bir hamur durumuna gelene kadar palet bıçağıyla iyice karıştırılır ve desikatör içerisinde 24 saat süreyle bekletilir. Numune desikatörden çıkarılır en az 10 dk. süreyle yeniden karıştırılır. Hazırlanan bu numuneden bir miktar alınarak Casagrande aletindeki pirinç kap içine yüzeyi tabana paralel olacak şekilde konur. Oluk açma bıçağı kullanılarak zemin belirgin bir şekilde iki eşit kısma bölünür. Bu işlem yapılırken oluk açma bıçağı pirinç kap yüzeyine dik olarak tutulmalıdır. Alet çalıştırılır, zeminin iki parçasının oluk tabanından 1 cm boyunca birleşmesini sağlayacak darbe sayısı saptanır. Su içeriğinin belirlenmesi için, birleşen kısımdan kuru ve temiz spatula ile bir miktar (yaklaşık 10 gr) yaş numune alınıp ağırlığı bilinen bir numune kabına konulur. 0.01 gr duyarlıklık bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir. 24 saat sonunda etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su içeriği hesaplanır. Bu işlem aynı zemin üzerinde değişen su içeriğine göre en az 4 darbe sayısı elde edene kadar tekrarlanır. Elde edilen su içeriğine karşı darbe sayısı yarı logaritmik kağıda su içeriği değerleri düşey eksene, darbe sayısı yatay eksene işaretlenir ve bir akma eğrisi elde edilir. Bu grafikte 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri likit limit olarak belirlenir.



Şekil 4. Killerin kuruma sırasında gösterdiği hacim değişimi

Tablo 4. IAEG (1976)' nin likit limit değerlerine göre yaptığı zemin sınıflaması

Plastisite Özelliği	Likit Limit Değeri (%)
Düşük plastisiteli	<35
Orta plastisiteli	35-50
Yüksek plastisiteli	50-70
Çok yüksek plastisiteli	70-90
Çok daha yüksek plastisiteli	>90

2.4.3.2. Plastik Limit

Plastik limitin belirlenmesinde, likit limit deneyinde yapıldığı gibi 40 nolu elekten geçen zemin örneği saf su ile yoğrulur. Cam plaka üzerinde el ayası ile 3 mm çapında iplikçikler haline getirilir. Ağırlıkları belirlenmiş cam kaplarla tartılarak, 105 ^{0}C ve 24 saat süreyle etüvde kurutulur ve tekrar tartılarak ağırlıkları belirlenir. Aynı zemin için deney 3 kere tekrarlanarak ortalaması alınır.

2.4.3.3. Plastisite İndisi

Likit limit ile plastik limit arasındaki fark hesaplanarak, plastisite indisi belirlenir.

$$I_p = W_L - W_p \qquad (17)$$

I_p= Zeminin plastisite indisi

W_L = Zeminin likit limiti

W_p = Zeminin plastik indisi

İnce taneli zeminlerde, plastisite indisine göre Burmister (1962), Leonards (1976) ve Uluslar Arası Jeoloji Komisyonu (IAEG, 1976) tarafından önerilen sınıflamalar sırayla Tablo 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Tablo 5. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Burmister, 1962)

Plastisite İndisi (PI %)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
0-5	Önemsiz derecede plastisiteye sahip	Killi Silt
5-10	Düşük plastisiteli	Silt ve Kil
10-20	Orta plastisiteli	Kil ve Silt
20-40	Yüksek plastisiteli	Siltli Kil
>40	Çok yüksek plastisiteli	Kil

Tablo 6. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Leonards,1976)

Plastisite İndisi (PI %)	Plastisite Derecesi
0	Plastik değil
5-15	Az plastik
15-40	Plastik
>40	Çok plastik

Tablo 7. Plastisite indisinin, plastisite özelliğine göre sınıflaması (IAEG,1976)

Plastisite Özelliği	Plastisite İndisi (PI %)
Plastik olmayan	<1
Az plastisiteli	1-7
Orta plastisiteli	7-17
Yüksek plastisiteli	17-35
Çok yüksek plastisiteli	>35

2.4.3.4. Rötre (Büzülme) Limit, Likitlik İndisi ve Kıvamlılık İndisi

Likit limiti - plastisite indisi grafiğinde A doğrusu ve U doğrusunun kesişim noktası (x noktası) belirlenir. Daha sonra elde edilen likit limit ve plastisite indisi değerleri grafiğe işlenir. Bu değerler X noktası ile birleştirilir ve yatay ekseni kestiği nokta rötre limit değerini verir.

Kıvam limitlerinin laboratuarda belirlenmesinden sonra likitlik indisi hesaplanır.

$$I_L = \frac{w_n - W_P}{W_L - W_P} = \frac{W_n - W_P}{I_P} \tag{18}$$

I_L= Likitlik İndisi

W_n= Zeminin doğal su içeriği

Likitlik indisine benzer olarak, zeminin doğal halindeki kıvamı aşağıdaki eşitlikle belirlenir. Zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflandırılması Tablo 8. verilmiştir.

$$I_c = \frac{w_L - W_n}{W_L - W_P} = \frac{W_L - W_n}{I_P} \tag{19}$$

I_c= Kıvamlılık indeksi

Tablo 8. Zeminlerin kıvamlılık indinse göre sınıflaması (Ulusay, 2001)

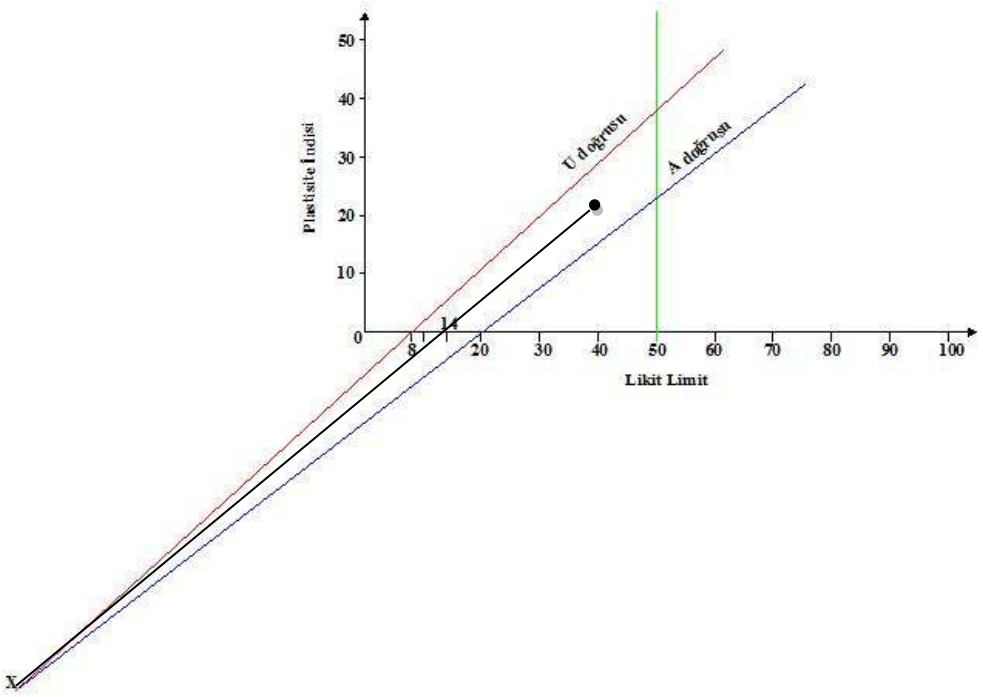
Kıvamlılık İndisi (I_c)	Tanımlama
<0	Akışkan (Çamur)
0-0,25	Çok yumuşak
0,25-0,50	Yumuşak
0,50-0,75	Orta
0,75-1,00	Katı
>1,00	Çok katı

Kıvam indisi, I_c= 1 iken zemin plastik limitte, I_c=0 iken zemin likit limitte demektir. I_c < 1 olması zeminin su içeriğinin likit limitin üstünde olduğunu gösterir. I_c>1 olması ise zeminin yarı katı veya katı durumda olduğunu gösterir (Aytekin, 2004).

Likitlik indisi ve kıvamlılık indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişki Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Likitlik indisi ve kıvamlılık indisine göre zemin kıvam sınıfları (Aytekin, 2004)

Zemin Kıvamı	I_L	I_c
Viskoz Sıvı	$I_L > 1$	$I_c > 1$
Plastik	$0 < I_L < 1$	$0 < I_c < 1$
Katı	$I_L < 0$	$I_c > 0$



Şekil 5. Rötre limitin plastisite kartından bulunması (Önalp, A. 2002)

2.4.4. Killerin Aktivite ve Şişme Potansiyeline Göre Sınıflandırılması

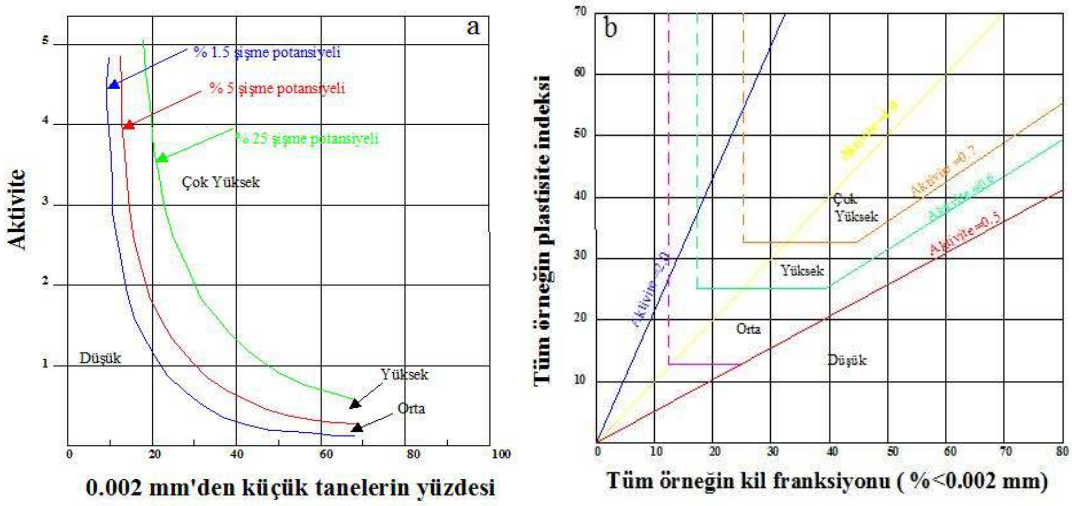
Killerin su içeriğine bağlı olarak hacimde meydana gelen değişimi göstermek için aktivite katsayısı belirlenir. Aktivite, plastisite indisinin zemine ait 0,002 mm çapına karşılık gelen geçen yüzdesine (%P) oranı ile belirlenir ve bulunan değerlere göre killer aktivitelerine göre sınıflandırılır.

$$A_C = \frac{I_p}{\%P\ (<0{,}002mm)} \tag{20}$$

Tablo 10. Killerin aktivite sınıflaması (Mitchell, 1981)

Aktivite	Sınıflama	
<0,75	Aktif olmayan killer	(Kaolinit)
0,75-1,25	Normal killer	(İllit)
>1,25	Aktif killer	(Montmorillonit)

Killerin aktivitelerine göre sınıflamasında, Şekil 6 da görülen aktivite abağı da kullanılmaktadır. Kil franksiyonu yatay eksene, plastisite indisi düşey eksene getirilerek çizilen abağa tüm örnekler düşürülerek örneklerin aktiviteleri belirlenir. Aktivite katsayısı düşey eksene, 0,002 mm'den küçük tanelerin yüzdesi yatay eksene işaretlenerek çizilen grafikle ise örneklerin şişme potansiyeli belirlenir.



Şekil 6. a) Şişme potansiyel sınıflama grafiği (Seed,1962), b) Aktivite abağı (Seed, 1962)

2.4.5. Kil Minerallerinin İncelenmesi

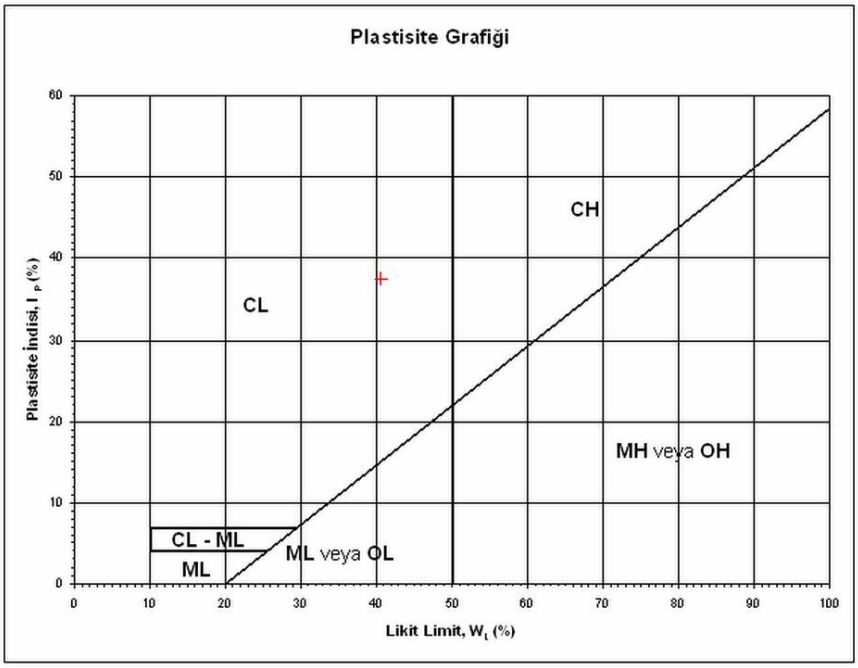
Örneklerdeki killerin özellikleri şişme potansiyel sınıflama grafiği (Seed,1962) ve aktivite abağı (Seed, 1962) yardımıyla belirlenmiştir. Kil cinslerinin belirlenmesinde

ayrıca X-Ray difraktometre çekimleri yapılmıştır. 200 nolu eleğin altına geçen malzeme öğütülerek suda yüzdürme yöntemiyle diğer malzemelerden ayrılmıştır. Etüvde 24 saat ve 105 ^{0}C'de kurutulan örnek cam plaka üzerine yerleştirilmiştir. X-Ray difraktometre çekimleri yapılarak elde edilen grafikler yorumlanmıştır.

2.4.6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS)

Zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan diğer bir yöntemde, 1942 yılında Arthur Casagrande tarafından geliştirilen birleştirilmiş zemin sınıflamasıdır. Deneylerde bulunan dane büyüklüğü ve kıvam limitleri kullanılarak yapılan bu sınıflamada zeminlerin adları aşağıdaki Tabloda görülen ikili harf sistemi ile belirlenmiştir.

İnce daneli zeminlerin sınıflandırılabilmesi için Atterberg limitleri ve plastisite grafiği (Şekil 7) kullanılmaktadır. USCS son olarak 1984'te ASTM tarafından yeniden gözden geçirilerek "Grup Sembolüne" ek olarak "Grup Adı" da ilave edilmiştir (Şekil 8), (Tablo 11).



Şekil 7. Casagrande Plastisite Grafiği (Kartı)

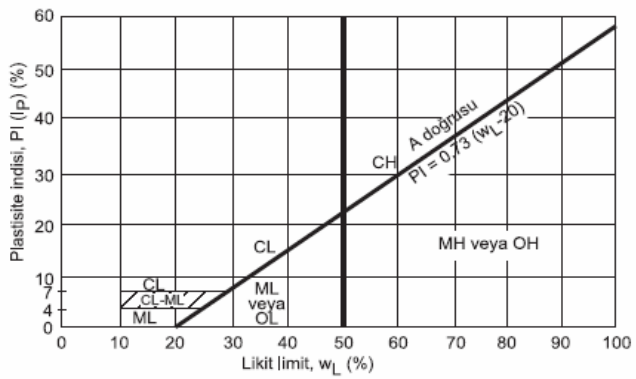
Tablo : Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistremi (USCS)

ANA GRUPLAR (75 mm'den iri malzeme hariç tutulmuştur.)			Grup sembolü	Tipik isimler
İRİ TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçmez.)	ÇAKIL (İri malzemenin % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçmez.)	Temiz çakıl (İnce az veya yok.)	GW	İyi derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
			GP	Kötü derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
		Çakıl (Oldukça incesi var.)	GM	Siltli çakıllar, killi kumlu çakıllar
			GC	Killi çakıllar, killi kumlu çakıllar
	KUM (İri malzemenin % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçer.)	Temiz kum (İnce az veya yok.)	SW	İyi derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
			SP	Kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
		Kum (Oldukça incesi var.)	SM	Siltli kumlar
			SC	Killi kumlar
İNCE TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçer.)	SİLTLER ve KİLLER (Likit Limit < 50) Plastisite grafiği kullanılır.		ML	İnorganik siltler, inorganik siltli veya killi ince kumlar (Düşük plastisiteli)
			CL	İnorganik killer, inorganik siltli killer (Düşük plastisiteli)
			OL	Organik siltler ve organik siltli killer (Düşük plastisiteli)
	SİLTLER ve KİLLER (Likit Limit > 50) Plastisite grafiği kullanılır.		MH	İnorganik siltler (Yüksek plastisiteli)
			CH	İnorganik killer (Yüksek plastisiteli)
			OH	Organik killer (Yüksek plastisiteli)
Çok organik zeminler			Pt	Turba veya diğer çok organik zeminler

Laboratuvar sınıflandırma ölçütleri

Granülometri eğrisinden çakıl ve kum yüzdeleri bulunur. 200 No'dan geçen ince malzeme yüzdesine göre iri taneli zeminler şöyle sınıflandırılır:
% 5'den az: **GW, GP, SW, SP**
% 12'den fazla: **GM, GC, SM, SC**
% 5-12 arası sınır durumudur. iki sembol kullanılır.

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} = 1 \sim 3$		GW
GW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar		GP
Atterberg limitleri A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $I_p = 4 \sim 7$ ise sınırdadır. Her iki sembol beraber kullanılır.	GM
Atterberg limitleri A hattının üstünde ve $I_p > 7$		GC
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} = 1 \sim 3$		SW
SW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar		SP
Atterberg limitleri A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $I_p = 4 \sim 7$ ise sınır halidir. İki sembol beraber Kullanılır.	SM
Atterberg limitleri A hattının üstünde veya $I_p > 7$		SC



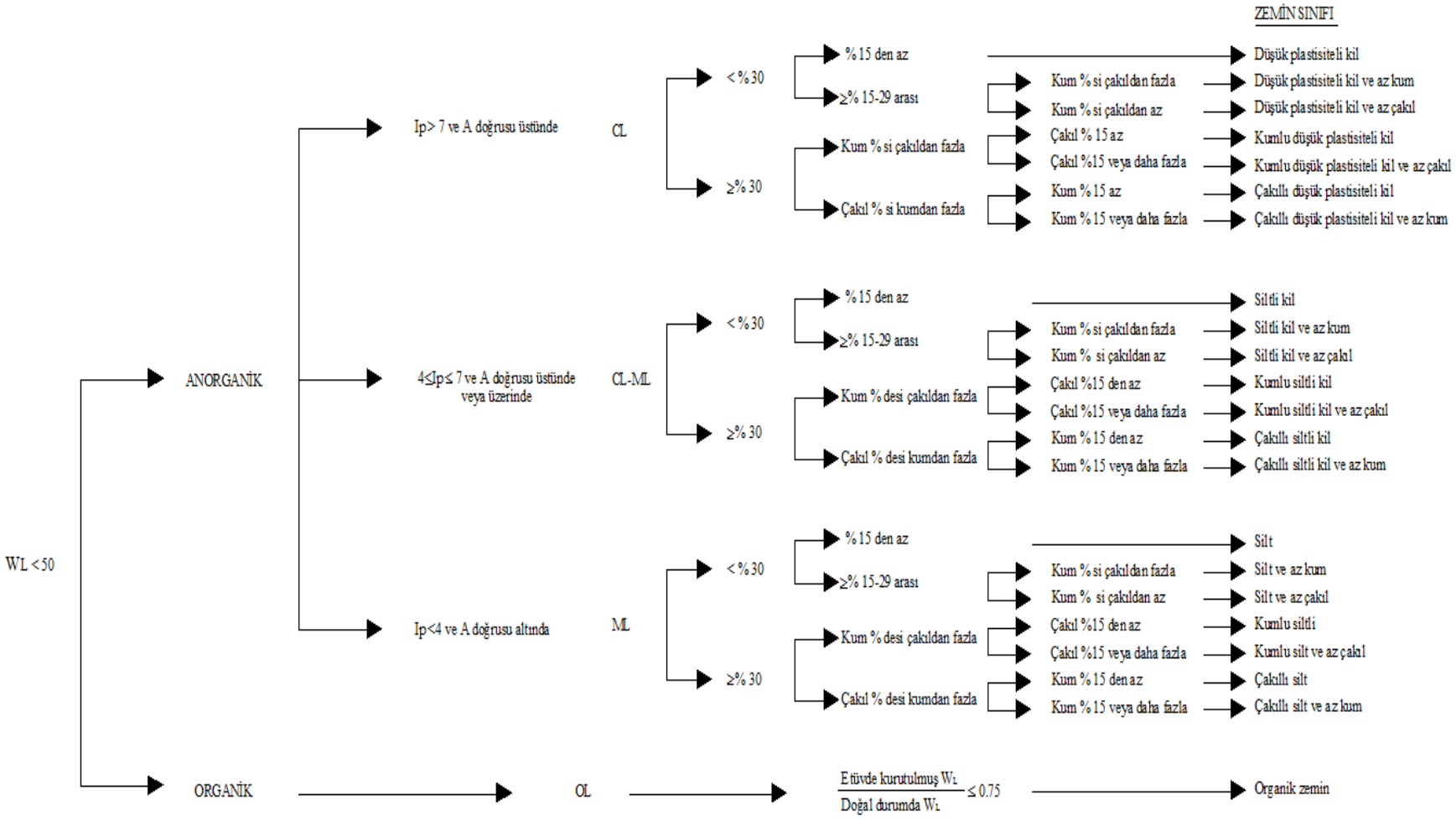
(Not: Tablo iki sayfa ile bir bütün olup; yatay çizgiler ve bunların oluşturduğu aralıklar, her iki sayfada karşılıklı gelmek üzere devam ederler.)

Şekil 8. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi (USCS)

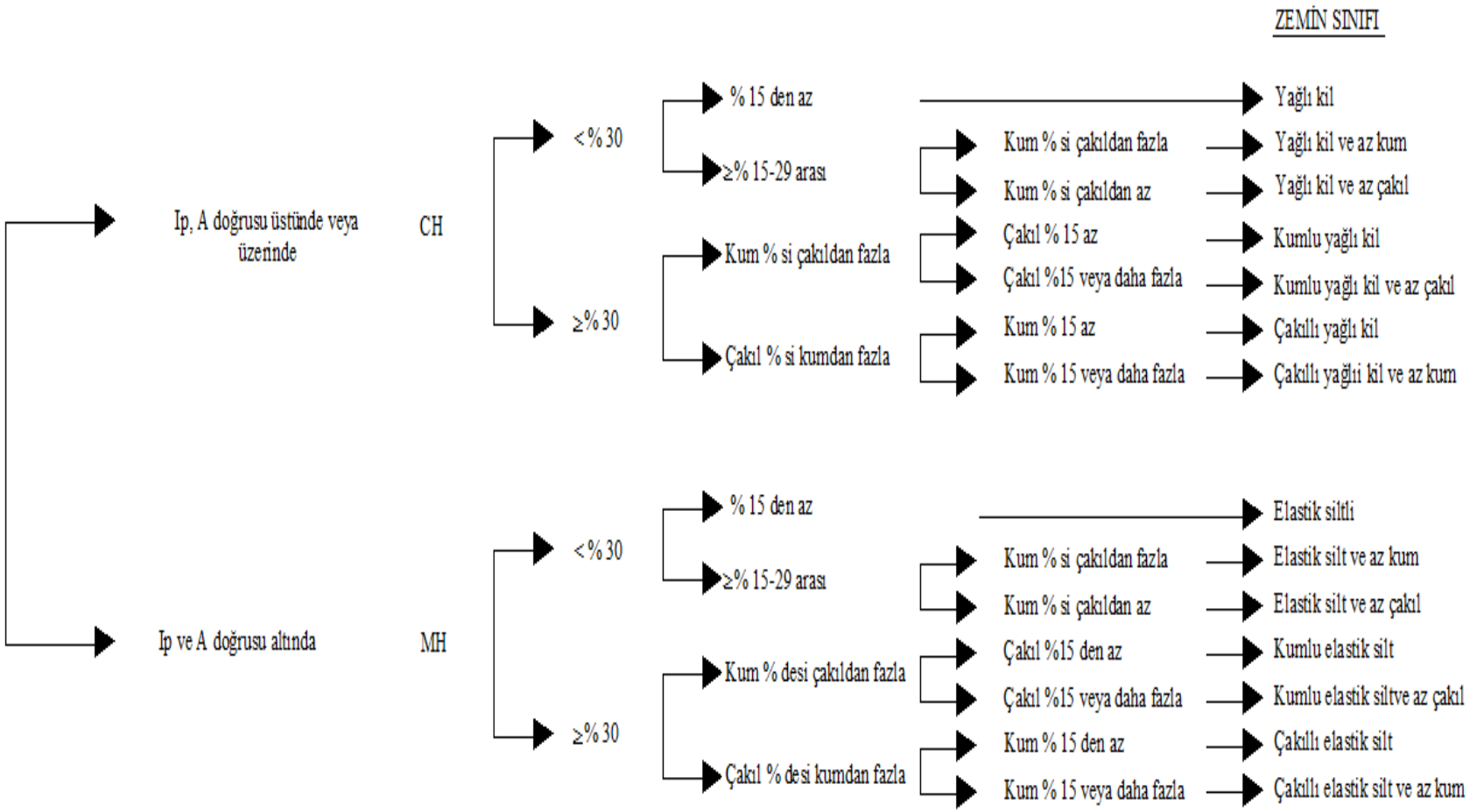
Tablo 11. Grup sembolleri ve temsil ettikleri zeminler

Birinci Harfler		İkinci Harfler	
G	Çakıl	W	İyi derecelenmiş (düzgün dane dağılımlı)
S	Kum	P	Kötü derecelenmiş
M	Silt	M	Siltli
C	Kil	C	Killi
O	Organik	H	Yüksek plastisiteli
Pt	Bitkisel ve çok organik	L	Düşük plastisiteli

Örneklerin plastisite indisi ve likit limit değerleri kullanılarak casagrande kartı ve birleştirilmiş zemin sınıflama Tablosu ile adları belirlenir. Ayrıca örneklerin içerdiği çakıl ve kum yüzdeleri ile likit limit %50 den küçük ince daneli zeminlerin sınıflandırılmasın (Şekil 9) ve likit limiti %50 den büyük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması (Şekil 10) grafikleri kullanılarak adlandırma yapılmaktadır.



Şekil 9. Likit limit %50 den küçük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması



Şekil 10. Likit limit %50 den büyük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması

2.4.7. AASHTO Sınıflandırılması

Bu sınıflama, Holtertogler tarafından karayollarındaki stabilite, araç yüklerinin etkisi ve donma-çözülme özellikleri dikkate alınarak zeminler için yapılmıştır. A grubuna göre yapılan sınıflamada A-1'den A-8'e kadar olan 8 alt gruba ayrılmıştır (Tablo 12). Küçük indisten büyük indise doğru gidildikçe zeminin karayolu altyapısındaki performansı A-1 göstermektedir. Grupların tanımı aşağıdaki gibidir.

A-1 Grubu: Bu gruptaki zeminler dolgu olarak kullanıldıkları zaman iyi stabilite ve çok az oturma gösterirler.

A-2 Grubu: Biraz ince bir malzeme içerirler ve nemden A-1 grubundaki zeminlere göre daha fazla etkilenirler. Kaliteli A-1 grubundaki zeminlere göre daha düşüktür.

A-3 Grubu: İnce ve kohezyonlu zemin içerirler fakat büzülmeleri hemen hemen gibidir.

A-4 Grubu: Bu zeminler silt içerirler, kohezyonları çok düşüktür ve donmadan etkilenirler.

A-5 Grubu: Değişik içsel sürtünme açılarına sahiptirler, kohezyonları oldukça düşüktür, yüksek geçirimlilikleri vardır. Donmadan etkilenirler.

A-6 Grubu: Bol miktarda kil içerirler A-5'e benzer fakat kohezyon, plastisite ve sıkışabilirlikleri daha fazla, daha az geçirimli ve düşük içsel sürtünme açısına sahiptirler.

A-7 Grubu: Plastisite, kohezyon, deformasyon şişme ve büzülme özellikleri geniş bir dağılım aralığına sahip killerdir.

A-8 Grubu: Yapı malzemesi olarak kullanılmayacak olan toz ve mil boyutundaki bol organik malzeme içeren zeminlerdir.

Grup İndisi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$GI= (F-35)*[0.2+0.005*(LL-40)]+0.01*(F-15)*(PI-10) \quad (21)$$

F= 200 no'lu elekten geçen toplam zemin yüzdesi

W_L= Likit Limit

W_I= Plastisite İndisi

Grup indisi (GI) tam rakama yuvarlatılmalıdır. Eğer GI sıfırdan küçük olarak hesaplanırsa sıfır olarak alınmalıdır. GI yükseldikçe zeminin altyapıda kullanılması için uygunluğu düşer..

Tablo 12. Amerikan Karayolları (AASHTO) Zemin Sınıflandırma Sistemi

GENEL SINIFLAMA	İri Daneli Malzemeler (%35 veya daha az 200 No'lu elekten geçen)							İri Daneli Malzemeler (Siltli-Killi) (%35 veya daha fazla 200 No'lu elekten geçen)			
GRUP SINIFLANDIRMASI	A-1		A-3[I]	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5[2] A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
ELEK ANALİZİ Yüzde geçen No:10 No:40 No: 200	 50Max 30Max 15Max	 50Max 25Max	 51Min 10Max	 35Max	 35Max	 35Max	 35Max	 36Min	 36Min	 36Min	 36Min
No:40 altına geçen kısmın özellikleri W_L W_I	6Max		NP	40Max 10Max	41Min 10Max	40Max 11Min	41Min 11Min	40Max 10Max	41Min 10Max	40Max 11Min	41Min 11Min
GRUP İNDİSİ	0	0	0	0	0	4Max	-	8Max	12Max	16Max	20Max
Ana malzemenin ekseriya görülen tipleri	Taş parçacıkları Çakıl ve kum		İnce Kum	Siltli veya killi çakıl ve kum				Siltli Zeminler		Killi Zeminler	
Taban olarak genel değerlendirme	Fevkalade iyi							Orta ile Kötü			

A-5-7 ara grubunun plastisite indisi (W_I) 30'a eşit veya azdır.
A-7-6 ara grubunun likit limiti (W_L) 30'dan fazladır.

2.4.8. Kayma Dayanımı Parametreleri

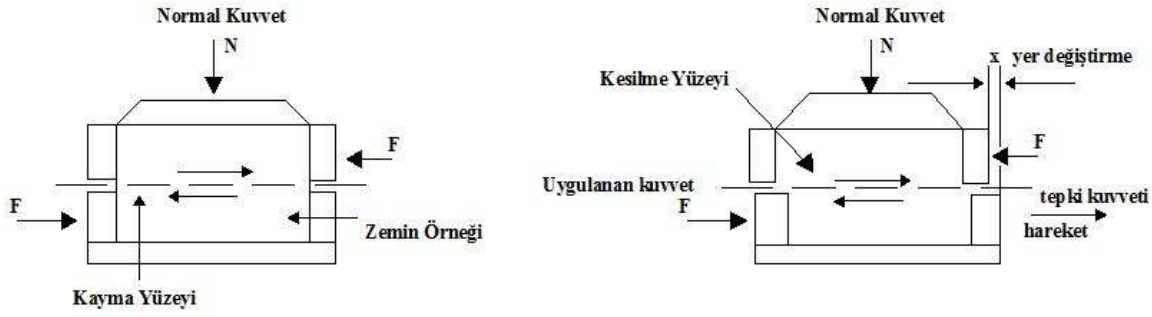
Zemin üzerinde yapılacak yüklemelerde stabilite ve deformasyon koşullarının aynı anda sağlanması gerekir. Her iki koşulun incelenmesinde zemine ait kayma direnci, parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreler kesme kutusu ve serbest basınç deneyi yapılarak belirlenir

2.4.8.1. Kesme Kutusu Deneyi

Zeminlerin kayma direnci, zemine uygulanan yük altında zemin danelerinin birbirine göre rölatif hareketlerine gösterdikleri direnç olup ve şevlerin denge analizinde çok önemli bir parametredir. Kohezyonlu zeminlerin kesilme süreçleri boşluk suyundan dolayı kohezyonsuz zeminlere göre daha farklıdır. Kohezyonlu zeminlerin kapiller sistemi daha gelişmiş olması kohezyon miktarının da artmasına neden olmaktadır. Kohezyonlu zeminlerin sürtünme dirençleri kohezyonsuz zeminlerden daha azdır, bunun nedeni saf kil partiküllerinin daha kolay deforme olmasıdır. Killerde kil partiküllerinin toplam temas yüzeyi çok daha fazladır bundan dolayı killerin kohezyonu kumlarınkinden çok daha fazladır. Gerçek kohezyonda killerin bu temas yüzeylerindeki artıştır.

Kesme kutusu deneyi, zemin numunesinin kare kesitli ve iki parçadan oluşan bir kutu içine konularak sabit normal gerilme ve artan kesme kuvveti altında kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilen ve böylece numunenin ortasından geçen bir düzlem boyunca zeminin kaymaya zorlanarak kırılması esasına dayanır.

Şekil 11. Kesme kutusu deney aleti



Şekil 12. Kesme kutusu deneyinin yapılma prensibi

Kesme kutusu deneyleri, zeminin özelliklerine göre konsolidasyonsuz drenajsız (UU), konsolidasyonu drenajsız (CU), konsolidasyonlu drenajlı (CD) olmak üzere üç değişik şekilde yapılır.

Konsolidasyonsuz drenajsız (UU) deneyde, örneğin konsolide olmasına izin verilmeden eksensel gerilmenin arttırılması ile yapılır ve kesme ani olarak gerçekleştirilir. Bu nedenle hızlı deney olarak da bilinmektedir. Drenaja izin verilmediği için numunenin su içeriği ve hacmi değişmez. Boşluk suyu basınçları sistem dışına çıkamadığı için en yüksek düzeye çıkar. Yamaçların, temellerin, dayanma yapılarının, kazıların vb. ilk analizlerinde çok yararlı olan UU deneyden drenajsız kayma direnci elde edilir.

Konsolidasyonlu drenajsız (CU) deney, konsolidasyon aşaması ve kesme aşaması olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Zemin örneği kesme aşamasından önce yerindeki çevre basıncına eşdeğer basınçta, normal gerilme altında 24 saat konsolide edilir. CD deneyden farklı olarak kesme aşamasında drenaja izin verilmez. Konsolidasyon bitiminde yatay kuvvet arttırılarak örnek kesilir. Bu deney de direnç parametreleri toplam ve efektif gerilmeler türünden bulunabilir.

Konsolidasyonlu drenajlı (CD) deneyde önce numune CU deyindeki gibi öngörülen çevre basıncında konsolide edilir. Konsolidasyon tamamlandıktan sonra yatay kuvvet deney esnasında örnekten su çıkabilecek veya boşluk suyu basıncı oluşmayacak kadar yavaş arttırılır ve örnek kesilir. Bu deneye yavaş deney de denir. Boşluk suyu basıncı sıfır olduğu için bulunan gerilmeler efektif gerilmelerdir.

$$\sigma = \sigma' + u \tag{22}$$

Efektif gerilmelere göre yapılan hesaplamalarda boşluk suyu basıncının bilinmesi gerekmektedir. Kesme kutusu deneyinde boşluk suyu basıncı belirlenemediği için zemin örneğinin boşluklarındaki suyun drenajına müsaade edilir. Dolayısıyla boşluklardaki suyun drenajı için yatay kuvvet çok düşük hızla uygulanmalı ki boşluklardaki su kesilme esnasında bir kuvvet oluşturmadan dışarı çıkabilsin. Kesme, boşluklarda ilave basınç oluşmasına engel olacak bir yavaşlıkta yapıldığı için deneylerdeki efektif ve toplam gerilmeler birbirine eşit olurlar.

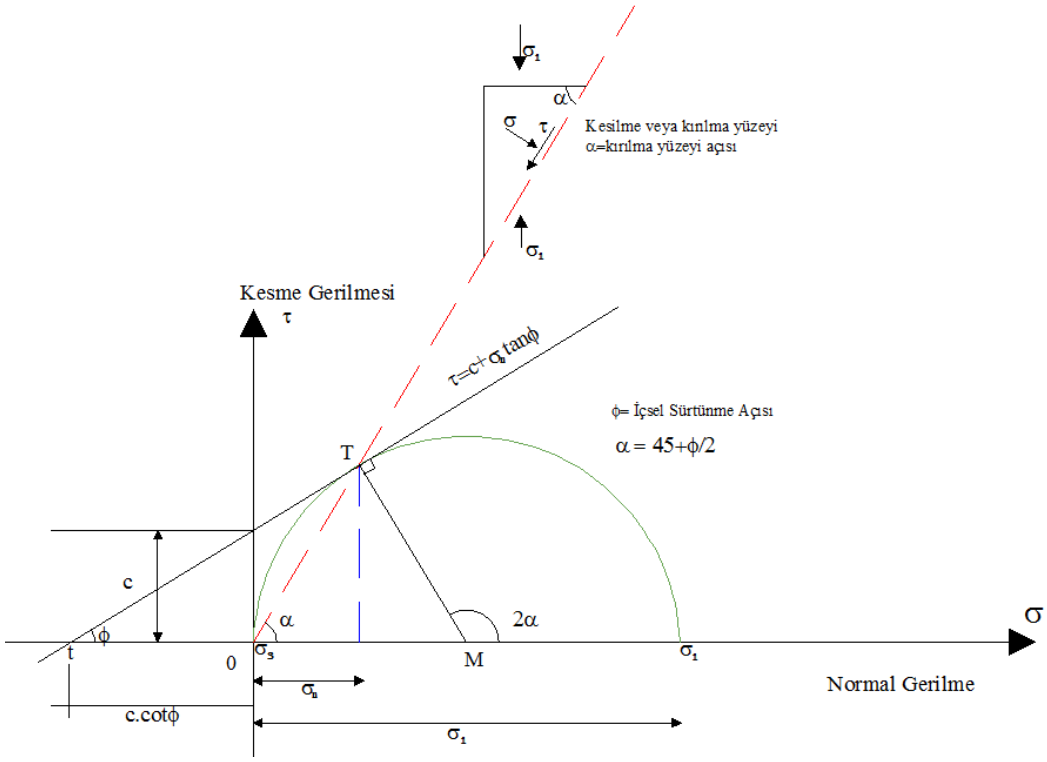
Kesme kutusu aleti hücre düzeneğine yerleştirilen örneğe normal yük uygulanarak kesilmesi sağlanır. Deney esnasında ulaşılan en büyük kayma gerilmesi o zeminin belirli bir normal gerilme altında kayma gerilmesini vermektedir. Yapılan işlemler farklı normal gerilmeler altında tekrarlanarak bir doğru elde edilir. Bu doğrunun eğimi zeminin efektif içsel sürtünme açısını ($\emptyset'$) ve doğrunun kayma gerilmesi eksenini kestiği noktanın ordinatı ise zeminin efektif kohezyonunu (c') verir.

Deneyde uygulanan normal gerilmeler 14.745, 24.745, 34.745 kg/cm^2' dir.

2.4.8.2. Serbest Basınç Dayanımı

Kohezyonlu doygun zeminlerin kayma direnci en kolay şekilde serbest basınç deneyi ile belirlenir. Deney üç eksenli UU deneyinin özel bir biçimi olup küçük asal gerilme sıfırdır ($\sigma_3 = 0$). Diğer deyişle numune tek eksende basınç uygulanarak kırılır. Çevre basıncı uygulanmadığı için deney zeminin kendini desteksiz tutabileceği dayanımı yansıtır. Bu deney, deney esnasında nem kaybının olmadığı varsayımına dayanır.

Bu deneyde dikkatli şekilde hazırlanmış silindirik örnekler kademeli olarak artan düşey kuvvete maruz bırakılır ve deney esnasında örneklerde deformasyon miktarı ölçülür. Serbest basınç deneyinde zemin örneği zayıf bir zon boyunca kırılır. Serbest basınç deneyinin prensibi Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 13. Serbest basınç deneyi prensibi

Serbest basınç deneyi, doygun olmayan, örselenmemiş kohezyonlu zeminlerde uygulanır. Kum, çakıl gibi kohezyonsuz zeminlerde uygulanmaz.

Serbest basınç deneyi, kohezyonlu zeminlerin kesme dirençlerinin belirlenmesinde daha erken sonuç elde edilebilen ve uygulanması basit deneylerden biridir.

Kohezyonlu zeminlerde serbest basınç deneyi ile elde edilen değerler;

- Maksimum serbest basınç direnci
- Yaklaşık olarak maksimum kesme gerilmesi
- Yaklaşık olarak içsel sürtünme açısı,Ø
- Kohezyon,c (Mohr gerilme dairesinden)

Serbest basınç deneyinden elde edilen sonuçlar yaklaşık değerlerdir. Ancak bunlar kohezyonlu zeminlerin kıvam dereceleri, zemin şevleri ve diğer zemin kütlelerinin dayanımları hakkında bilgi verir. Bu veriler gerilme özellikleri hakkında temel bilgiler sağlar ve böylece zemin temellerinde muhtemel taşıma kapasiteleri hakkında tahmin yapabilmemize yardımcı olur. Ayrıca, hızlı kırılma durumlarındaki gerilme- basınç ilişkisini gösterir.

Mohr- Coulomb kırılma kriterine göre, zeminlerde kesme direnci

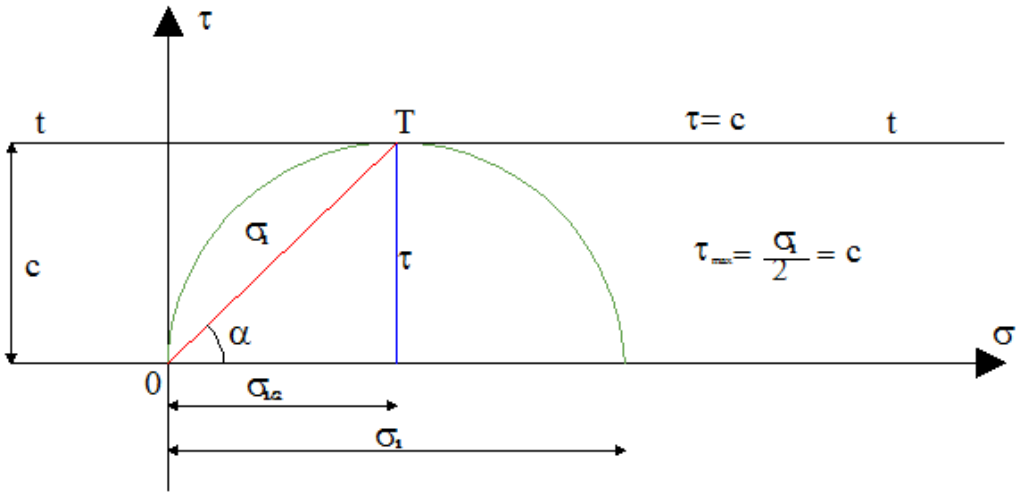
$$\sigma_1 = \sigma_3 tg^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) + 2c.tg(45 + \frac{\emptyset}{2}) \quad (23)$$

eşitliği ile tanımlanır.

Serbest basınç mukavemeti deneyinde σ_3=0 olduğunda, serbest basınç direnci ;

$$\sigma_1 = 2c.tg(45 + \frac{\emptyset}{2}) \quad (24)$$

olur.



Şekil 14. Sürtünmesiz-kohezyonlu zeminler için Mohr gerilme dairesi

Şekil 15. Serbest basınç deney aleti

Deney esnasında eksensel yük artışı uygulanır, deney esnasında ve kırılma anındaki yük ve boy kısalması saptanır. Deneylerden elde edilen veriler kullanılarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla serbest basınç mukavemeti ve kayma mukavemeti tespit edilir.

$$q_u = \frac{P_{max}}{A_f} = \sigma_1 \tag{25}$$

$$A_f = \frac{A_0}{1-\frac{\Delta H}{H_0}} \tag{26}$$

$$\tau_f = c_u = \frac{q_u}{2} \tag{27}$$

$$2c_u = \frac{P_{max}}{A_f} = q_u \tag{28}$$

Serbest basınç değerlerinden yararlanılarak zeminin kıvamı belirlenebilmektedir (Tablo 13).

Tablo 13. Serbest basınç direnci, q_u, değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı (Aytekin, 2004)

KIVAM	q_u (kg/cm^2)
Çok yumuşak	0.25 den küçük
Yumuşak	0.25-0.50
Yumuşak-orta sert	0.50-1.0
Orta sert	1.0-2.0
Sert	2.0-4.0
Çok sert	4.0 dan büyük

2.4.9. Stabilite (Duraylılık) Analizleri

Duraylılık analizi, bir yamaç ya da şevde dengeyi koruyan kuvvet veya momentlerin, kaymayı sağlayan kuvvet veya momentlere oranı olarak tanımlanan güvenlik sayısını belirlemek için yapılmaktadır.

Duraylılık analizleri genel olarak iki yöntemle yapılmaktadır.

- Limit Gerilme Yöntemi

- Limit Denge Yöntemi

2.4.9.1. Limit Gerilme Yöntemi

Deformasyon analizi diye de bilinen bu yöntemde, ilk olarak sistemin belirlenmesi, uygulanan gerilmelerin saptanması ve malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu özellikler belirlendikten sonra gerilmelerin nerelerde yoğunlaştığı ve bunun sonucunda kayma direncinin aşıldığı noktalar belirlenerek stabilite durumları incelenir. Bu yöntemin uygulanması ortam özelliklerinin her yerde ve doğru olarak belirlenememesi gibi nedenlerden dolayı sınırlıdır. Son yıllarda geliştirilen sonlu elemanlar yöntemi ile şevdeki gerilme-deformasyon özelliklerini bulmak kolaylaşmıştır. Ancak, bu işlemler esnasında yapılan gözlemler çok büyük önem arz etmektedir, çünkü elde edilen verilerdeki hata direkt sonuca etkimektedir. Eğer laboratuarda yapılan deneylerden elde edilen sonuçlarda tereddüde düşülüyorsa bu yöntemin uygulanması doğru olmayacaktır.

Bütün bunlara rağmen limit gerilme yaklaşımı gerçekçi bir yaklaşım olup, dış yükler ve kendi ağırlığı altındaki ortamın hangi ölçüde hareket edeceği, gerilmelerin hangi noktalarda yoğunlaştığı ve bunun sonucunda kaymanın olup olmayacağının incelenmesi esasına dayanır. Ancak bu yaklaşım, gerilme analizini yapacak yöntem ve araçların bulunmasını ve ortamın özelliklerinin her noktada doğru olarak belirlenmesini gerektirir. Sonlu elemanlar yöntemi ve sayısal analiz tekniklerinin gelişmesiyle birinci zorluk büyük ölçüde kaldırılmıştır. Ortam özelliklerini tanımlamada karşılaşılan güçlükler, yapılan birçok çalışmaya rağmen henüz tamamen çözülememiştir (Önalp, 2002).

Ortam özelliklerini tanımlamada karşılaşılan güçlükler şunlardır;

- Temel malzemesinde, gerilme-deformasyon modelinin saptanamaması, başka bir deyişle rijitliğin verilememesi
- Malzeme özelliklerinde yersel, yönsel değişimin varlığı
- Üniform olmayan boşluk ve çatlak suyu basınçlarının varlığı
- Özellikle kayaçta yönü ve şiddeti belli olmayan doğal gerilmelerin varlığıdır.

Bu güçlüklerden dolayı limit gerilme analizinin şev stabilitesi incelenmesindeki kullanımı kısıtlıdır.

2.4.9.2. Limit Denge Yöntemi

Limit denge metotlarının esası, kayma olasılığı olan bir yüzey varsaymak ve bu yüzey boyunca kaymaya yol açacak gerilmeleri bulmaktadır. Bunun için bu yöntemlerde kayma yüzeyinin yeri ve şekli önceden kabul edilir ve sonra kayma bölgesindeki kütlenin dengesi elde edilen verilerle hesaplanır. Denge halinde bulunan veya belirlenen bir yamacın stabilitesi hesaplanmak isteniyorsa, belirlenen bir çok deneme kayma yüzeyi için güvenlik sayıları hesaplanır ve elde edilen güvenlik sayıları içerisinden en küçük olanı kritik değer kabul edilir.

Zeminlerin kesme direnci, normal olarak Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre verilmektedir.

$$\tau = c + \sigma tan\emptyset \tag{29}$$

$$\tau = c_u \qquad \text{(toplam gerilme analizi için)} \tag{30}$$

$$\tau = c' + \sigma' tan\emptyset' \qquad \text{(efektif gerilme analizi için)} \tag{31}$$

Duraylı bir kütlenin analizinde, malzemenin harekete geçmesinden sonra sahip olacağı uyanmış (mobilized) kesme direnci kaymadan önceki kesme direncinden daha küçüktür. Bunu ifade için G_s diye tanımlanan güvenlik sayısı,

$$G_s = \frac{\text{Harekete karşı koyan mevcut kayma direnci}}{\text{Stabilite için gerekli kesme direnci}} \tag{32}$$

Direnen kuvvetlerin azalması, harekete geçiren kuvvetlerin artmasıyla güvenlik sayısı değeri azalır ve yamaç dengesini kaybeder. Yamacın dengesini bozan faktörler Tablo 14'te gösterilmektedir.

Tablo 14. Yamaç dengesine etkenler (TS 8853)

Gerilme Artışı	Dirençte Azalma
Yamaç üstünde yük artışı	Aşınma, yıpranma
Topuğa yakın bölgeden malzeme kaybı	Süreksizlik yüzeylerinde su basıncı
Deprem ve diğer titreşim ivmeleri	Kuru ortamda ani ıslanma ve yapının bozulması
Boşluk veya çatlak suyundaki artış	Zaman ve hareket sonucu dirençte maksimumdan kalıcıya düşme
Çekme çatlaklarına su dolması	Killi matrisin şişmesi
Giderek kırılma olayı	Çatlak ve boşluklarda buz merceklerinin erimesi
Yamaç dışındaki su düzeyinde düşme	Çimentolayıcı malzemenin yıkanması

En genel hali ile bir yamacın duraylılığı için yamaçta;

$G_s < 1$ (duraysız)

$G_s = 1$ (limit denge)

$G_s > 1$ (duraylı)

Verilen bu sınır değerleri en genel hal olup yapılan hesaplamalarda TS 8853'de önerilen güvenlik sayıları Tablo 15 sınır değer olarak alınmıştır.

Tablo 15. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları (TS 8853)

Şart	Güvenlik Sayısı, G_s		
	Toplam Gerilme	Efektif Gerilme	Deprem
Dolgularda yapım sonu	1.50	-	-
Yarmalar	1.50	1.25	1.0
Barajda sızıntı	1.50	1.25	-
Barajda ani su düşmesi	1.50	1.10	-
Laboratuar maksimum direnç parametreleri kullanımı ile	1.50	1.35	1.0
Kalıcı dirence göre	-	1.20	1.0
Uzun vadede duraylılık	-	1.20	-
Yamaç üzerinde yapı bulunması	1.80	1.50	1.20
Fisürlü killer	-	1.50	-

Limit denge yönteminde hesaplamalar toplam ya da efektif gerilmelere göre yapılır. Bu duraylılığın kısa ya da uzun süreç için belirlenmesinde gereklidir. Doğal yamaçlarda hareketler, genellikle yamacın etkisi altında bulundukları gerilmelerin yer ve şiddetindeki değişiklikler sonucu oluşmaktadır. Boşluk suyu basıncındaki değişikliklere gerilme

değişimleri başka bir deyişle yamacın veya yamaç üzerine açılmış şevin etkisi altında bulunduğu yüklerin değişim söz konusudur. Eğer bu yük değişimi malzemenin konsolidasyon süresinden çok hızlı ise söz konusu yapının kısa süre içerisindeki stabilitesi belirlenmelidir. Aksi halde yapının uzun süre içerisindeki stabiltesinin belirlenmesi gerekecektir.

Yamaç ve şevlerin duraylılık analizlerinde buralara uygulanan bir müdahale sonrası (yapılan ek yüklemeler ya da kazılar) boşluk suyu basınçlarında değişimler olacaktır. Kısa süre içerisindeki duyarlılık analizlerinde boşluk suyu basınçları hesaba katıldığından analizlerde toplam gerilmelere göre bulunan $\emptyset$ ve c parametrelerinin kullanılması uygundur. Oysa uzun süreli duraylılık analizlerinde, boşluk suyu basıncı etkili olmayacağından efektif gerilmelere göre belirlenecek $\emptyset'$ ve c' parametreleri ile yapılması gerekir.

Doğal yamaçlarda kaymalar genellikle kütle üzerine gelen yüklerdeki küçük değişiklikler sonucunda gerçekleşmektedir. Bu tip problemlerde duraylılığın uzun vadede incelenmesi gerekir. Örneğin yoğun yağışların izlendiği bir mevsim sonunda yer altı su seviyesindeki yükselim kütle içindeki efektif gerilmelerin, buna bağlı olarak da potansiyel kayma yüzeyindeki kayma direncinin düşmesine neden olmaktadır. Ancak gevşek kumlar veya çabuk kil olarak nitelenen zeminler çok küçük deformasyonlar boşluk suyu basınçlarında önemli artışlara sebep olacağından bu malzemedeki kayma parametreleri ve boşluk suyu basınçlarının belirlenmesinde büyük itina gösterilmelidir.

Bu çalışmada yapılan stabilite hesaplarında efektif gerilmelere göre bulunan $\emptyset'$ ve c' parametreleri kullanılmıştır.

Limit denge metotlarının kullanımında kayma yüzeyinde şekil değişmeleri olabilir. Collin bu kayma yüzeylerinin belli bir eğime sahip olduğunun fakat bunların topografya, stratigrafik dizilim ve süreksizliklerden etkilendiği zaman düzlemsel bir kesite sahip olabileceğini ifade etmektedir.

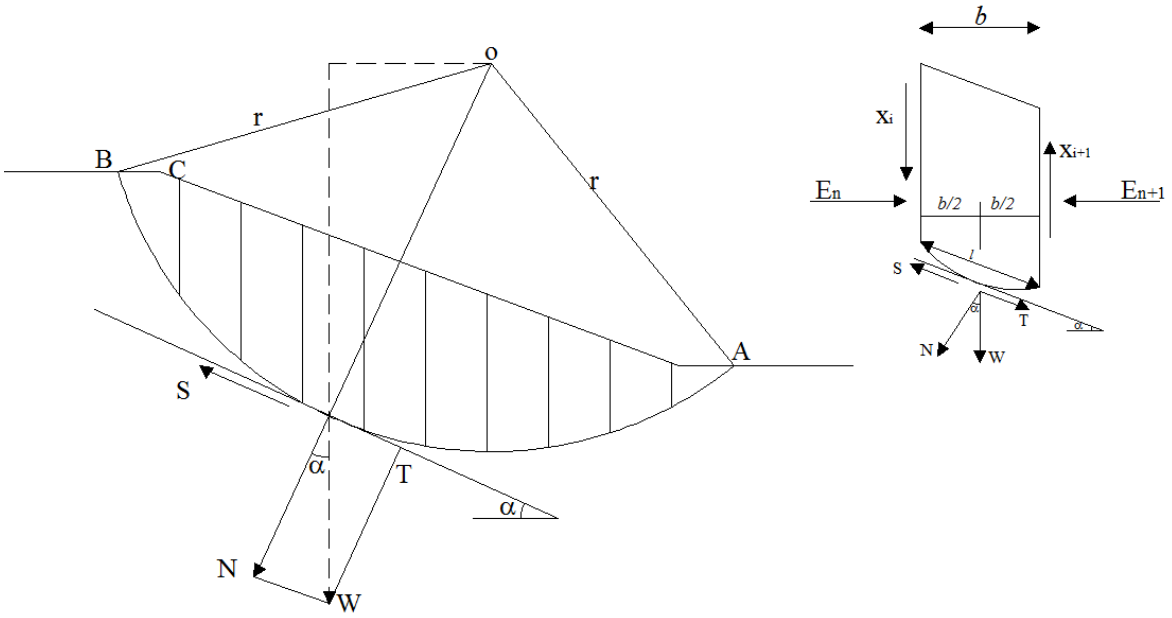
Bir şev parçası için analiz metodu seçileceği zaman muhtemel kayma yüzeyi şeklinin belirlenmesi çok önemlidir. Böylece dairesel yada dairesel olmayan analiz metodunun hangisinin daha uygun olacağı belirlenir.

Tablo 16 da limit denge analiz metotları kayma yüzeyi şekline göre sınıflandırılmıştır. Bunların tamamı iki boyutlu ve sonsuz genişlikte bir yüzey olarak kabul edilir. Tablodaki E ve X dilimler arası kuvvetlerin yatay ve düşey bileşenleridir.

Tablo 16. Limit denge analiz metotları (Hunt, R.E.,1986)

Kayma yüzeyi	Yöntem	Kabuller	Kaynak
Düzlemsel	Sonsuz yamaç Culmann	Sonsuz genişlikte değişmez yamaç Topuktan geçen düzlemsel kayma yüzeyi	Taylor (1948) Culmann (1866)
Düzlemsel	Kama	Yanal kuvvetlerle blok kayması	Hoek ve Bray (1977) Seed ve Sultan(1967) Morgenstern (1968) NAVFAC (1982)
Dairesel	Dilim	Yanal kuvvetler her dilimin kenarında eşit	Fellenius (1936)
	Sürtünme dairesi	Bileşke yarıçapı Rsin Ø olan sürtünme dairesine teğet	Taylor (1948)
	Bishop	Toplam kuvvet sistemi dilim kenarlarına etkiyor	Bishop (1955)
	Sadeleştirilmiş Bishop	Toplam kuvvet sistemi basitleştirilmiş	Bishop (1955)
	Spencer	Dilimler arası kuvvetler paralel	Spencer (1967)(1981)
Düzensiz (Genel şekilli)	Morgenstern ve Price	Bishop kuvvet sistemine dayanır	Morgenstern ve Price (1965)
	Janbu	Yanal kuvvetlerin yeri	Janbu (1954)(1971)

Zeminin homojen, kayma yüzeyinin benzer özellikli olmaması ve boşluk suyu basınçlarının yerel değişiklik göstermesi gibi özelliklerinden dolayı kütlenin tümünü inceleyen analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar yaklaşık değerlerdir. Bundan dolayı günümüzde kütleyi daha ince dilimlere ayırarak kütleye ait özellikleri daha iyi belirginleştiren ve dolayısıyla gerçeğe daha yakın sonuçlar veren dilim yöntemleri kullanılmaktadır. Dilim yöntemlerinde zemin kütlesi içerisinden bir deneme kayma yüzeyi geçirildikten sonra zemin kütlesi n sayıda düşey dilimlere bölünür (Şekil 16).



Şekil 16. Dilim yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler

Burada W dilim ağırlığı, S dilim tabanına etkiyen kesme kuvveti, N normal kuvveti, E dilimler arası yanal kuvvet, X ise bu dilimlerden gelen kesme kuvvetini göstermektedir.

Eğer bir şevin efektif gerilme analizi yapılacaksa, kayma yüzeyi etrafındaki efektif gerilmelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu, zeminin dilimlere ayrılmasıyla belirlenebilir. Analizlerin başlangıcında bu kuvvetlerin çoğu ve etkime yerleri bilinmemektedir. Tablo 17, n tane dilime ayrılmış sadece 3n statik eşitliğin bilinmesine karşın, 5n-2 bilinmeyenin bulunduğunu gösterir. Böylece problemin çözümü için 2n-2 kadar tahmin yapılması gerekmektedir.

Basitleştirilmiş yöntemlerde dilimler arası yatay kuvvetler 0 (sıfır) alınır, normal kuvvetin dilim tabanı ve orta noktasına etki ettiği kabul edilir. Detaylı analizler için yapılan kabullenmeler ise şunlardır ;

- Kayma yüzeyi etrafındaki normal gerilme dağılımı hakkında yapılan kabuller,
- Dilimler arası kuvvetlerin etki çizgisinin yeri üzerinde yapılan kabuller
- Dilimler arası kuvvetlerin eğimlerinde yapılan kabullerdir.

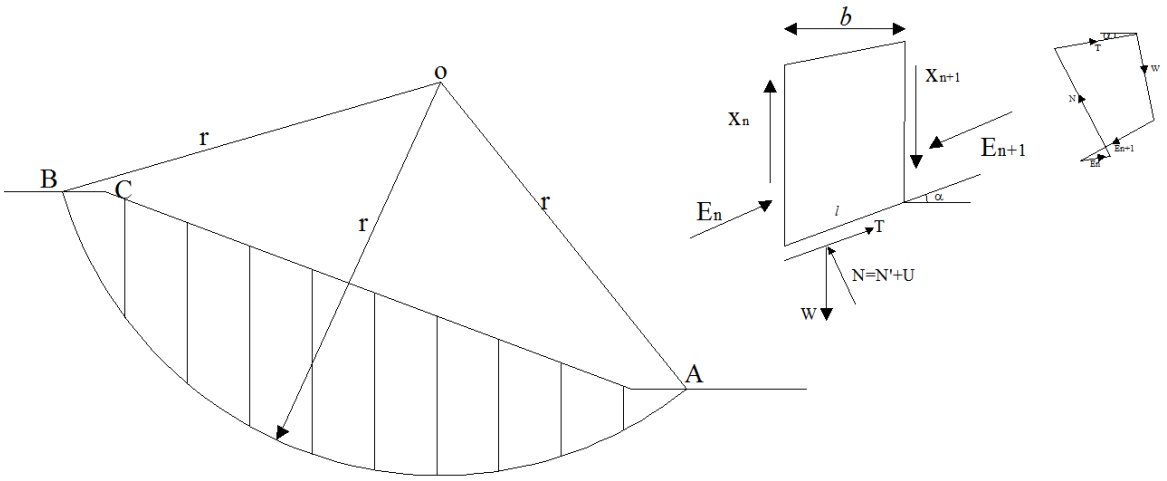
Limit denge analiz yöntemlerinde kullanılan başlıca analiz yöntemleri şunlardır ;

Tablo 17. Dilim metotlarında bilinmeyenler ve eşitlikler

Elde edilebilen denklemler	3n (yatay, düşey ve moment denklemleri)
Bilinmeyenler	1 Normal kuvvet P ve kesme kuvveti T ile belirlenen F güvenlik faktörü
	n Dilim tabanındaki normal kuvvet P
	n P kuvvetinin etkime yeri
	n-1 Dilimler arası kuvvet eğimi Θ
	n-1 Dilimler arası kuvvetin etkime yeri yüksekliği h
	n-1 Dilimler arası bileşke kuvvet Z
Toplam	5n-2

2.4.9.2.1. Fellenius (İsveç Dilim) Yöntemi

İlk olarak Fellenius adındaki bilim adamı tarafından ileri sürülen yöntemde Şekil 18 de gösterildiği gibi zemin kütlesinden deneme kayma yüzeyleri geçirilir ve zemin kütlesi eşit genişlikli düşey dilimlere ayrılır. Her dilim kendi ağırlığı (W), altında, dilimler arası sınırda ve sınır kenarındaki X ve E kuvvetlerinin etkisi altında hareket eder.



Şekil 17. Fellenius yönteminde tipik bir dilime etki eden kuvvetler ve kuvvet poligonu

Dilim tabanının eğimi α ve boyu l'ye göre hareket eden kuvvetler kesme direnci T ve normal kuvvet N'dir. Daha keskin bir çözüm içeren zemin kütleleri için şu koşullar sağlanmalıdır;

- Her dilimdeki kuvvetler denge durumunda olmalıdır.
- Kayan kütlenin tamamı denge durumunda olmalıdır.

Şev malzemesinin basınç-gerilme ve deformasyon özelliklerine bağlı olan X ve E kuvvetlerini belirlemek zordur. Dilimler arası X ve E kuvvetlerinin aynı doğrultuda fakat zıt yönde ve birbirine eşit oldukları kabul edilir dolayısıyla bu kuvvetler hesaba katılmaz. Basit bir yaklaşımla her dilimin tabanındaki toplam normal gerilme bir dilimin tabanındaki düşey ve teğetsel bütün kuvvetlerin çözümü ile elde edilir.

Yapılan hesaplamalarda yanal kuvvetlerin bileşkesinin her dilimin tabanına paralel etkidiği kabul edilir ve dolayısıyla tabana dik kuvvetler etki etmektedir. Sonuçta bu yöntem ile bulunan güvenlik sayısı en düşük değerde çıkmaktadır.

Bu analiz yönteminde kaymanın, zemin kütlesinin O merkezli dairesel bir yüzeyde olduğu kabul edilir ve O noktasına göre momentler alınarak denge durumu araştırılır. Herhangi bir i dilimi ele alındığında bunun ağırlığı W_i, dilim tabanında normal ve teğetsel doğrultuda olmak üzere iki bileşkene ayrılır. $\alpha_i$dilim yay ortasının yatayla yapmış olduğu açıyı göstermek üzere ağırlığın normal ve teğetsel bileşenleri ;

$$N_i = W_i \cos\alpha_i \tag{33}$$

$$T_i = W_i \sin\alpha_i \tag{34}$$

olarak her dilim için ayrı hesaplanır. ABCA zemin kütlesi, W ağırlığı ile kaymaya neden olduğundan, kaydırıcı moment;

$$M_o = \sum_1^i r.T_i = \sum_1^i r.W sin\alpha_i \tag{35}$$

dir.

Dilimin kaymasına karşı koyan kuvvet, zeminin kayma direncinden meydana gelip;

$$T_f = \Delta L \tau_f = \Delta L(c + \sigma \tan\emptyset) \tag{36}$$

$$T_f = \Delta L\left(c + \frac{N}{\Delta L}\tan\emptyset\right) \tag{37}$$

$$T_f = \Delta Lc + N\tan\emptyset \tag{38}$$

dir.

Böylece kaymayı önleyici moment ise;

$$M_o = \sum_1^i rc\Delta L + \sum_1^i (r.W\cos\alpha_i)\tan\emptyset \tag{39}$$

olarak bulunur.

Buradan kaymayı önleyici momentin kaydırıcı momente oranı olan güvenlik sayısı ise;

$$G_s = \frac{c.L + \tan\emptyset \sum(W\cos\alpha)}{\sum W.\sin\alpha} \tag{40}$$

şeklinde bulunur.

Bu yöntemin uygulanmasında eğer ortamda yer altı suyu var ise bu durumda efektif gerilmeler ve boşluk suyu basınçları hesaba katılarak aşağıdaki güvenlik sayısı formülü yazılabilir.

$$G_s = \frac{\Sigma c\prime.L + tan\emptyset\prime \sum[(W cos\alpha - ul)]}{\sum W.sin\alpha} \tag{41}$$

İsveç dilim yöntemi genel bir yöntem olduğu için bir çok şev stabilite analizinde kullanılmaktadır. Bu metotla bulunan güvenlik sayısı diğer metotlara nazaran daha küçük çıkmaktadır. α açısının büyük değişiklik gösterdiği derin kritik dairesel kayma yüzeylerinde ve boşluk suyu basıncının arttığı yerlerde bulunan güvenlik sayısındaki hata miktarı artmaktadır. Bu nedenle bu yöntem $\emptyset$ açısının değişiklik gösterdiği şevlerde ve kuru şevlerde diğer metotların kontrolünde kullanılmaktadır (Chowdhury,1978).

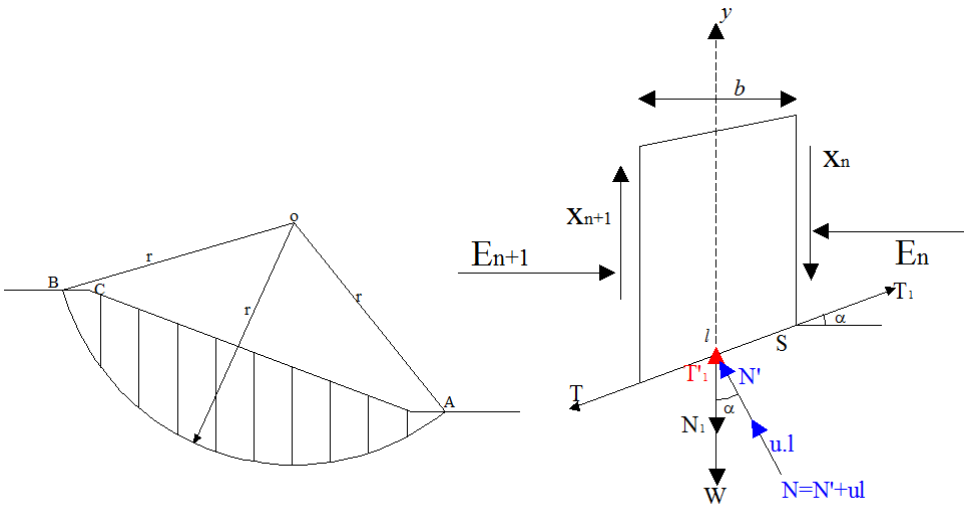
İsveç dilim yönteminde stabilite hesabında kullanılan cetvel Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. İsveç dilim yöntemi stabilite hesap tablosu

Dilim	W	l	α	c	u	$u.l$	$Wcos\alpha$	$Wcos\alpha - ul$	$tan\emptyset$	$(Wcos\alpha - ul).tan\emptyset$	$c.l$	$W.sin\alpha$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
										Σ	Σ	Σ

2.4.9.2.2. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi

İlk olarak Bishop (1955) tarafından ileri sürülen basitleştirilmede her dilime etkiyen E kuvvetlerinin yaklaşık olarak her dilimde dengelendiği kabul edilmektedir. Bu durumda kuvvetler çokgeni Şekil 19'da gösterilen şekli alır ve problem statik olarak tamamen belirgin olur. Çoğu hassas analizlere kıyasla, bu kabulün yapılması genellikle güvenlik sayısının daha küçük elde edilmesine neden olur. Bu fark r_u boşluk basıncı oranının yüksek olması halinde daha da büyür. Bu fark ekonomik açıdan sakıncalı olabilir.Basitleştirilmiş yöntemin kullanılıp kullanılmamasına karar verilmesinde, hesapta kullanılan değerlerin, muhtemel hatası yanında, zeminin üniform olmaması ve kayma yüzeyinin dairesel şekilden sapması göz önünde tutulmalıdır. Basitleştirilmiş metotta hesaplar aşağıdaki belirtilen şekillerde yapılır.



Şekil 18. Bishop yöntemine göre bir dilime etkiyen kuvvetler

Şekil 18'den;

$$G_s = \frac{T_1}{T} \tag{42}$$

$$S = \frac{T_1}{l} \rightarrow T_1 = S.l = l(c' + \sigma' \tan\emptyset') = l\left(c' + \frac{N}{l}\tan\emptyset'\right) = c'.l + N.\tan\emptyset' \tag{43}$$

$$G_s = \frac{T_1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{G_s}c'.l + N'\tan\emptyset' \tag{44}$$

$$N_1 = N.\cos\alpha \tag{45}$$

$$T'_1 = T_1 \sin\alpha \tag{46}$$

$$N = N' + ul \tag{47}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow W + X_n - N_1 - T'_1 - X_{n+1} \tag{48}$$

$$W = N_1 + T'_1 \tag{49}$$

$$W = N.\cos\alpha + T_1 \sin\alpha \tag{50}$$

$$W = \cos\alpha(N' + ul) + \frac{1}{G_s}(c'l + N'\tan\emptyset')\sin\alpha \tag{51}$$

$$N' = \frac{W - ul\cos\alpha - \frac{c'l}{G_s}\sin\alpha}{\cos\alpha + \frac{1}{G_s}\tan\emptyset'\sin\alpha} \tag{52}$$

$$G_s = \frac{c'l + N'\tan\emptyset'}{W\sin\alpha} \tag{53}$$

$$\cos\alpha = \frac{b}{l} \rightarrow \frac{b}{\cos\alpha} \rightarrow l = b.\sec\alpha \tag{54}$$

$$G_s = \frac{\frac{\sec\alpha\{[c'b + W.\tan\emptyset'(W - u.b)]\}}{1 + \frac{1}{G_s}\tan\emptyset'\tan\alpha}}{W.\sin\alpha} \tag{55}$$

bir dilime ait Bishop güvenlik sayısı bu şekilde bulunur. Tüm dilimlere ait güvenlik sayısı ise;

$$G_s = \frac{\sum\frac{\sec\alpha\{[c'b + W.\tan\emptyset'(W - u.b)]\}}{1 + \frac{1}{G_s}\tan\emptyset'.\tan\alpha}\}}{\sum W.\sin\alpha} \tag{56}$$

r_u boşluk suyu katsayısı $r_u = \frac{u.b}{W}$ şeklinde yılasbilir.

$$G_s = \frac{\sum \frac{\sec\alpha\{[c'b+\tan\emptyset'(1-r_u)]\}}{1+\frac{1}{G_s}\tan\emptyset'.\tan\alpha}\}}{\sum W.\sin\alpha} \tag{57}$$

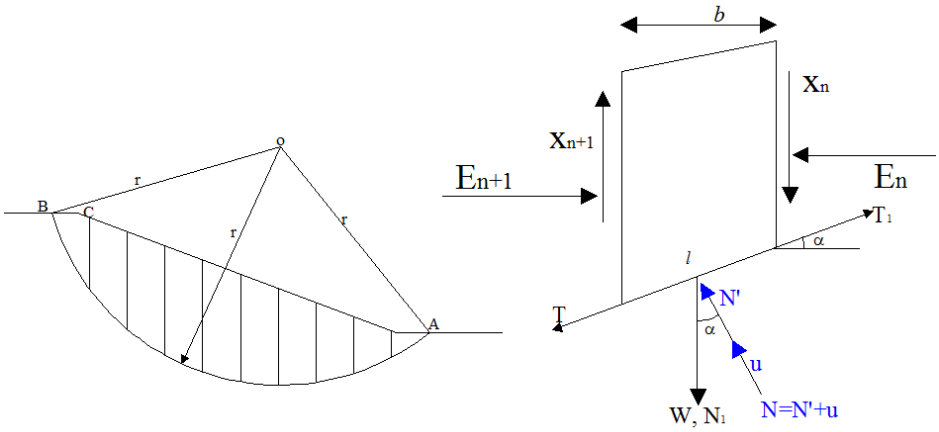
olur.

Tablo 19. Bishop yöntemi stabilite hesap tablosu

Dilim	W	b	α	$sin\alpha$	$c'b$	$sec\alpha$	$Wsin\alpha$	$tan\alpha$	$W.(l - r_u).tan\emptyset''$	$c'b' + W.(L - r_u)tan\emptyset'$	$\frac{sec\alpha}{1+\frac{tan\emptyset'.tan\alpha}{G}}$
										$G_s = 1.5$ için	Bulunacak G_s
1											
2											

2.4.9.2.3. Sadeleştirilmiş Janbu Yöntemi

Janbu tarafından geliştirilen yöntemin en önemli özelliği her tipteki kayma yüzeyine uygulanabilir olmasıdır. Bu metoda göre dilimler arası kuvvetlerin sıfır olduğu kabul edilmiş böylece aynı Bishop yönteminde olduğu gibi her dilim tabanındaki gerilme toplam kuvvetlerin değerlendirilmesiyle elde edilir. Şekil 20'de sadeleştirilmiş Janbu yöntemine göre bir dilime etkiyen kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 19. Sadeleştirilmiş Janbu yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler

Şekil 19' da ki kuvvetlere göre denge denklemi yazılırsa,

$$T_1 + E_{n+1}.\cos\alpha + x_{n+1}.\sin\alpha - T - E_n.\cos\alpha - x_n.\sin\alpha \rightarrow T_1 - T = 0 \quad (58)$$

$$T = W.\sin\alpha \qquad T = [c'.l + (N - ul).\tan\emptyset'].\frac{1}{G_s} \quad (59)$$

$$N' = \frac{W - u.l.\cos\alpha - \frac{c'.l}{G_s}.\sin\alpha}{\cos\alpha + \frac{1}{G_s}.\tan\emptyset'.\sin\alpha} \quad (60)$$

bu denklemlerden yararlanarak aşağıda ifade edilen Janbu yöntemindeki güvenlik sayısı formülü elde edilir.

$$G_s = \frac{\frac{\sec\alpha[c'.b + \tan\emptyset(W - u.b)]}{1 + \frac{1}{G_s.\tan\emptyset'.\tan\alpha}}.\frac{1}{\cos\alpha}}{W.\sin\alpha.\frac{1}{\cos\alpha}} \quad (61)$$

$$G_s = \frac{\frac{\sec^2\alpha[c'.b + \tan\emptyset(W - u.b)]}{1 + \frac{1}{G_s}.\tan\emptyset'.\tan\alpha}}{W.\tan\alpha.} \quad (62)$$

Janbu'nun sadeleştirilmiş yönteminde kullanılan hesaplama cetveli ise Tabo 20'de gösterilmiştir.

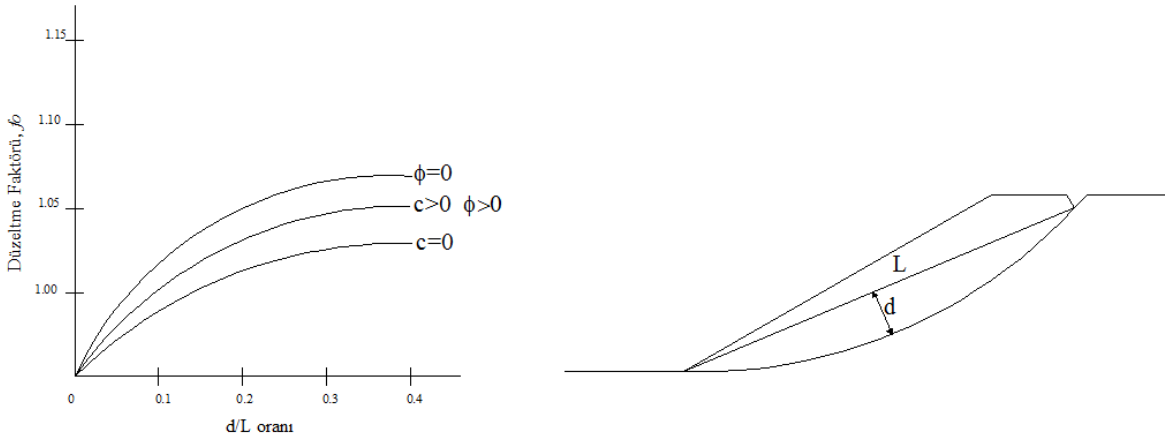
Tablo 20. Janbu yöntemi stabilite hesap tablosu

Dilim	W	b	α	$tan\alpha$	u	$u.l$	$Wtan\alpha$	$sec^2\alpha$	$c'.b$	$W - u.b$	$tan\emptyset.(W - ub)$	$1 + \frac{1}{G_s}.tan\emptyset'.tan\alpha$	A/B	$u.b$	$c'b + tan\emptyset.(W - ub)sec^2\alpha$
1															
2															

Janbu, yönteminde yapılan hesaplamalardaki bazı hataları ortadan kaldırmak ve dilimler arası kaymaya kuvvetlerinin etkisini hesaba katmak için, bulunan güvenlik sayısı ampirik bir düzeltme faktörü ile çarpılmaktadır. Bu düzeltme faktörü şekil 21'deki

diyagramdan bulunup aşağıdaki bağıntıda yerine konur ve düzeltilmiş güvenlik sayısı elde edilir.

$$G_{sdüzeltilmiş} = G_s . f_0$$



Şekil 20. Sadeleştirilmiş Janbu yönteminde kullanılan düzeltme faktör

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi

Giresun-Espiye karayolunun Km: 1+30-1+170 arasında yer alan çalışma alanında Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından hazırlanan "Stratigrafi Sınıflandırma ve Adlama Kuralları" esaslarına göre 2 birim ayırtlanarak haritalanmıştır (Şekil 21).

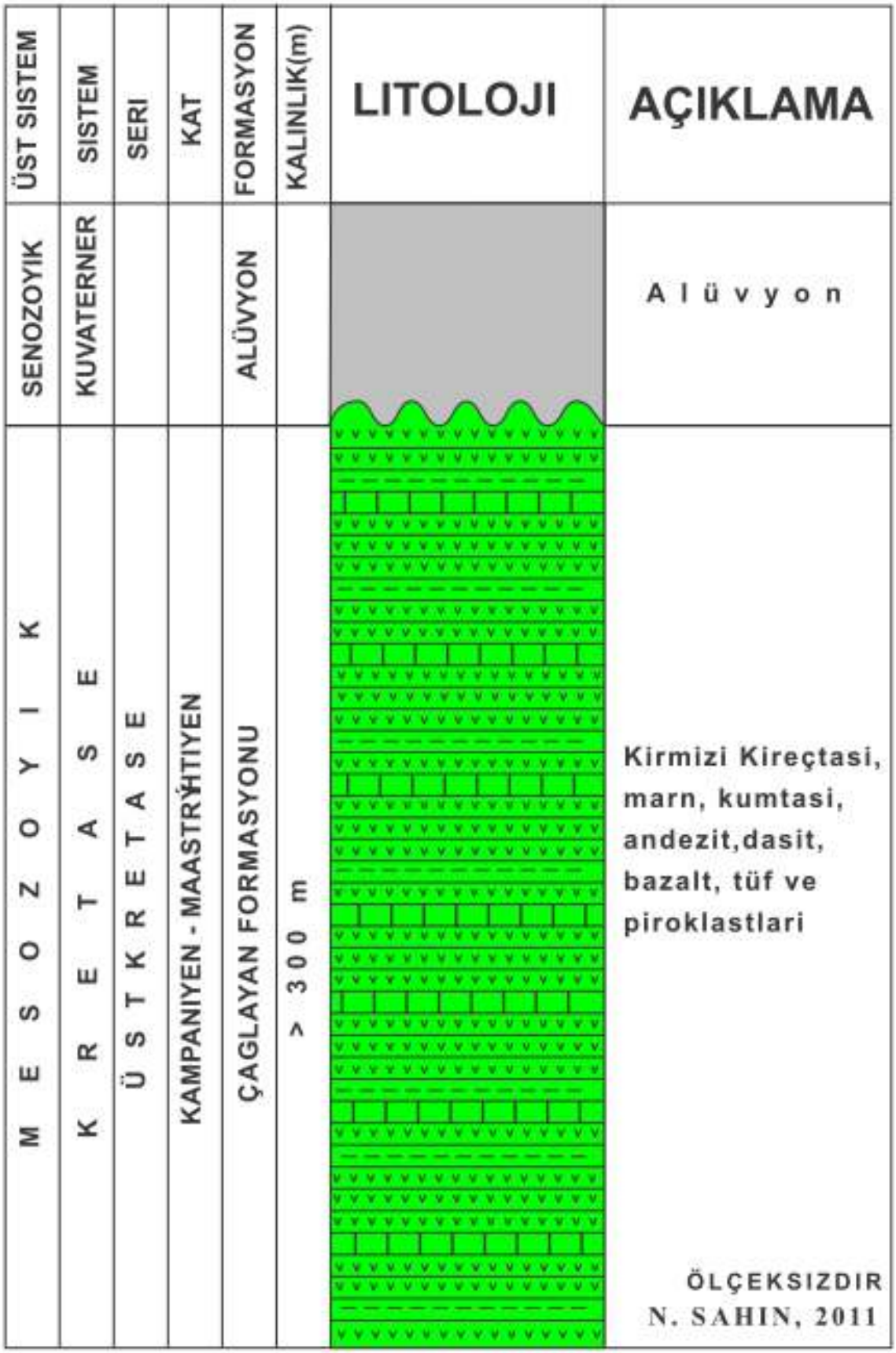
Bu birimler yaşlıdan gence doğru;

1. Çağlayan Formasyonu (Üst Kretase)
2. Alüvyon (Kuvaterner) dır.

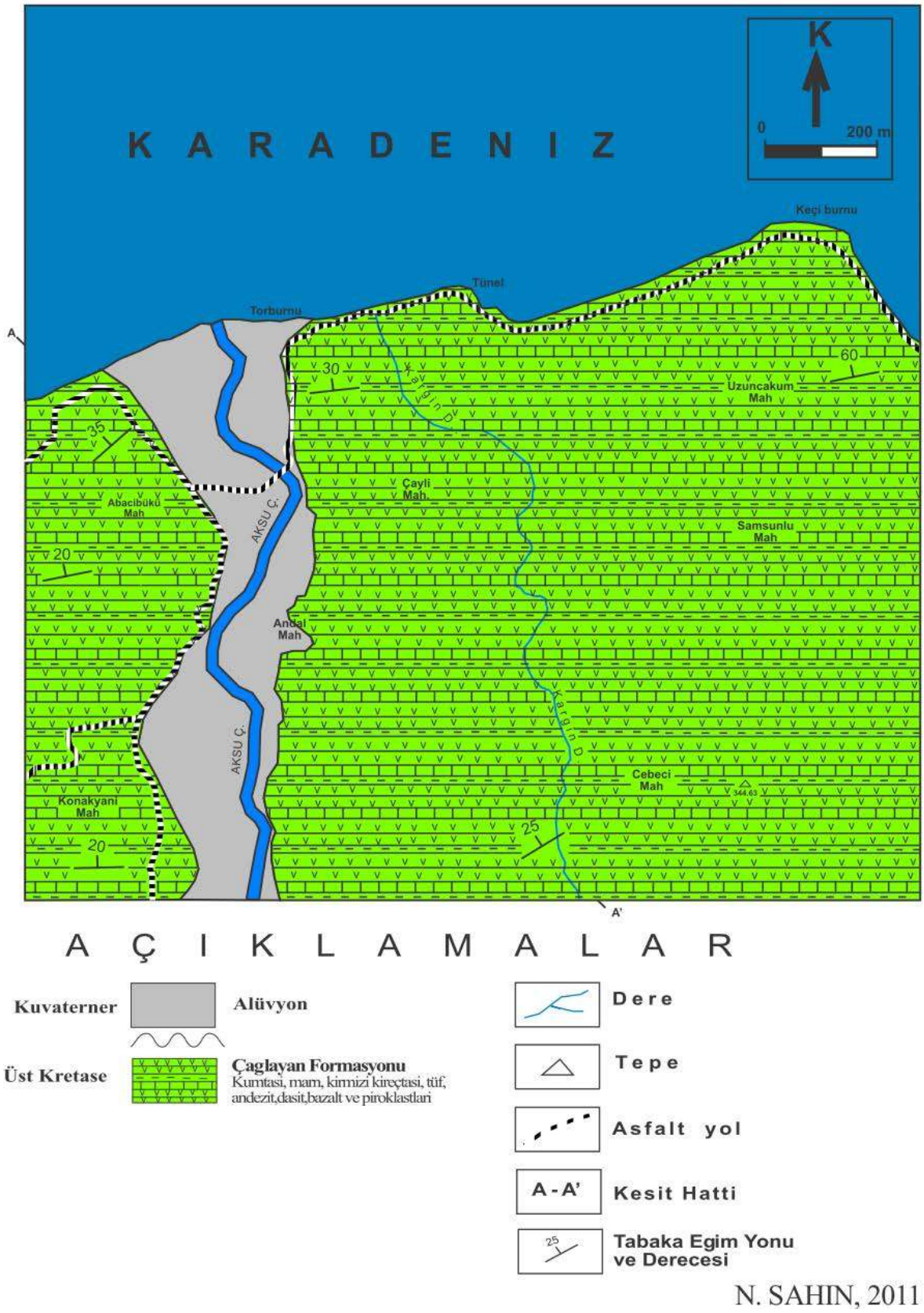
3.1.1. Çağlayan Formasyonu

Maçka (Trabzon) kuzeyindeki Çağlayan köyü ve civarında en iyi yüzeylenmesini veren Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı bazik volkano-tortul kayaçlardan oluşan birim, ilk olarak Güven (1993) tarafından "Çağlayan Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının temelini oluşturan bazik volkano-tortul istif Çağlayan Formasyonu ile benzer litolojik ve staratigrafik özelliklere sahip olduğundan, Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

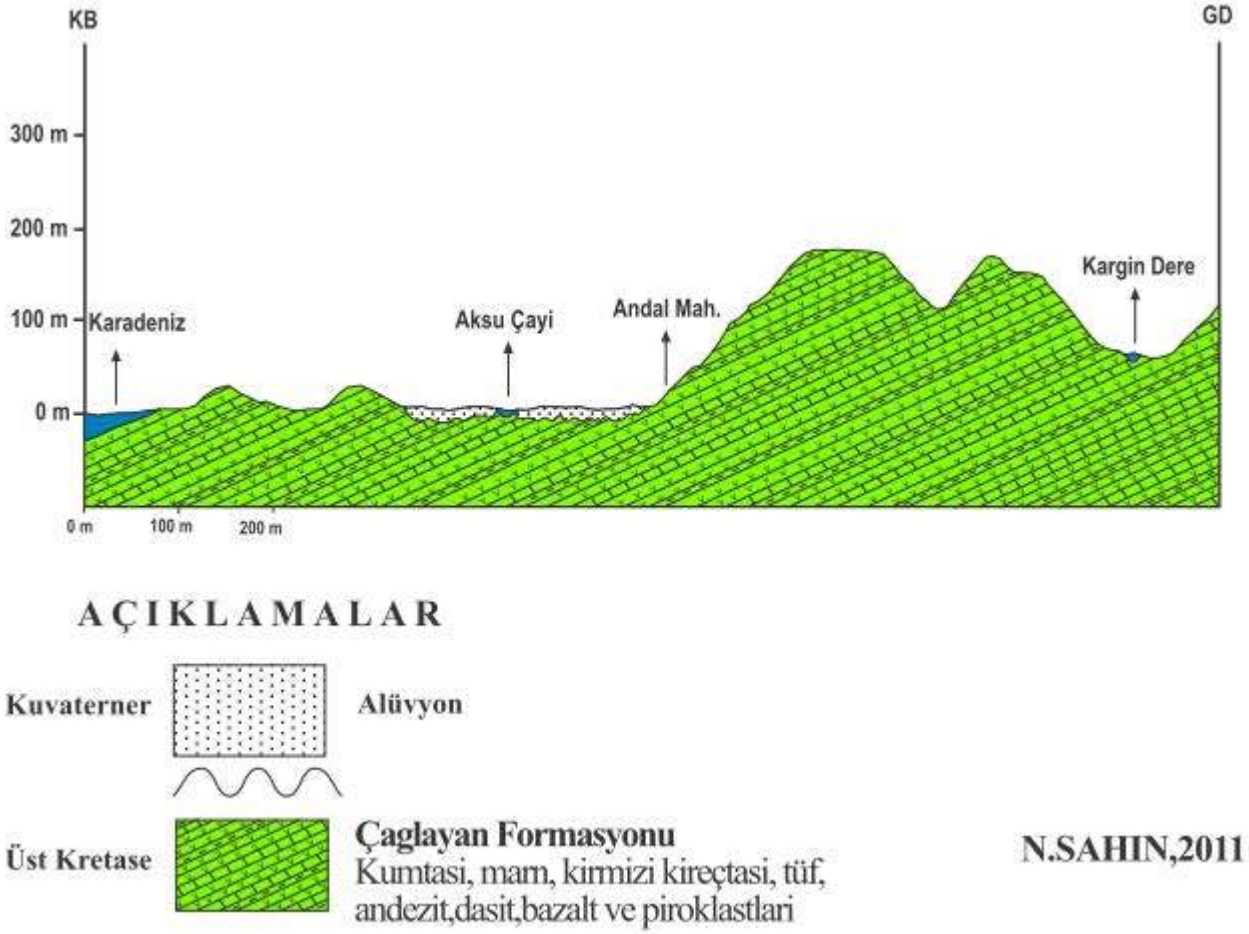
Çağlayan Formasyonu, çalışma alanının tamamında yüzeylenmiştir. Başlıca kumtaşı, marn, kırmızı kireçtaşı ve andezit, dasit, bazalt ve tüf içermektedir. Çağlayan Formasyonu'ndaki bazalt ve andezitler genellikle koyu gri ve yeşilimsi renklerde gözlenir (Şekil 22).



Şekil 21. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 22. Çalışma alanının jeoloji haritası



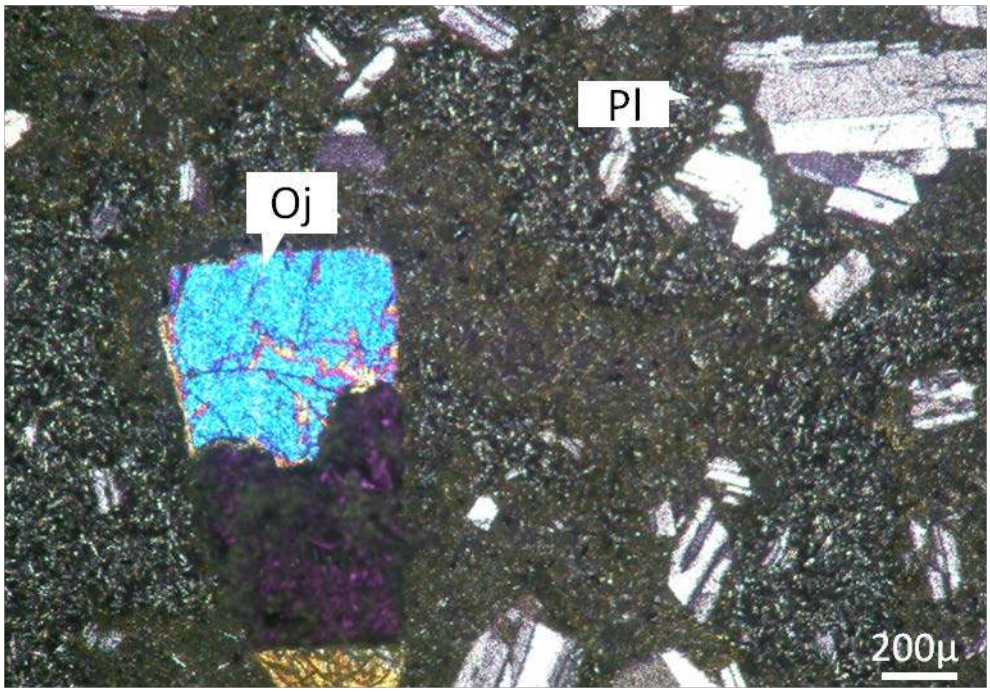
Şekil 23. Çalışma alanının jeolojik kesiti

Şekil 24. Çağlayan Formasyonunda ki bazaltların genel görünümü (Yer: Aksu Tüneli)

Çağlayan Formasyonu volkanitleri arasında ara katkılı olarak genellikle kırmızı renkte olan kireçtaşları, marnlar, kumtaşları, kumlu kireçtaşları gözlenmiştir. Bu tortul ara katmanlar belirgin bir tabakalanma göstermemekte, bazı yerlerde değişik kalınlıkta mostralar vermektedir.

Şekil 25. Çağlayan Formasyonuna ait kırmızı kireçtaşları (Yer: Konakyanı Mah.)

Birimden alınan numunelerden yapılan ince kesitlerde şu özellikler gözlenmiştir;



Şekil 26. Çağlayan Formasyonu'ndaki ojitli bazaltlardaki mikroliktik porfirik doku (ÇN; Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit, Yer: Cebeci Mah. civarı)

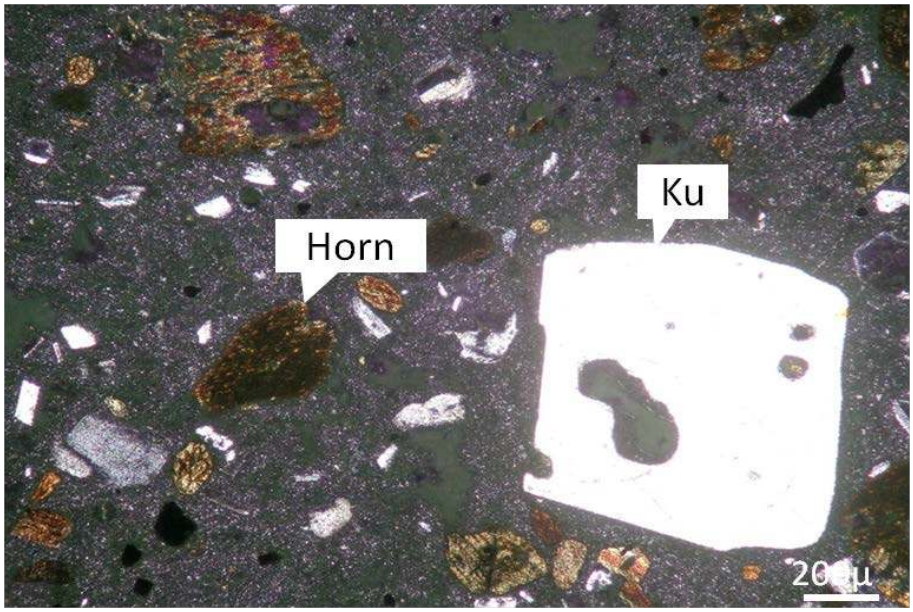
Doku: Mikrolitik Porfirik

Kayaç Adı: Ojitli Bazalt

Plajiyoklas: Genelde yarı özşekilli, hamur içerisinde orta boyda kristaller halinde bulunur. Yer yer kloritleşmiş ve kalsitleşmişlerdir. Hamur içinde büyük latalarda yapılan sönme açısı tayinlerinde (010)'a göre 54^{0}'lik sönme açısına göre plajiyoklas türünün Labrador olduğu saptanmıştır.

Ojit: Ojit mineralleri hamurda fenokristaller halinde bulunmaktadır. Bunlar yarı özşekilli kristaller şeklindedir.Ojit mineralleri tek nikolde kahverengimsi yeşil, çapraz nikolde ise II. Sıranın mavi, yeşil renkleri gözlenmektedir.

Hamur: Yer yer kloritleşmiş ve kalsitleşmiştir. Az miktarda opak minareler içermektedir.



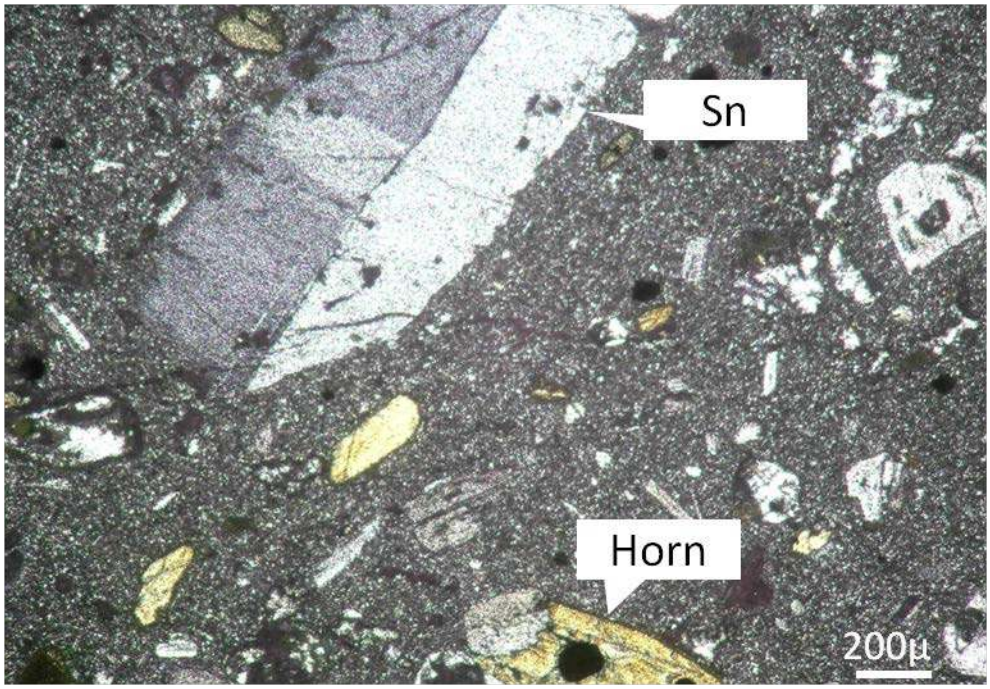
Şekil 27. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan hornblendli dasitlerdeki Porfirik doku (ÇN, Ku: Kuvars, Horn: Hornblend, Yer: Andızlı Mah. civarı)

Doku: Profirik Doku

Kayaç Adı: Hornblendli Dasit

Hornblend: Kesit içerisinde gözlenen hornblendler özşekilsiz değişiken boyutlu taneler halinde izlenir. Renk pleokroizma belirgin bir şekilde görülmektedir. Bazıları altere olmuştur, dilinimleri belirgin bir şekilde görülmemektedir.

Kuvars: Hamur içerisinde özşekilli kristaller halinde görülür. Kuvarsların genelinde yenme dokusu gözlenir.



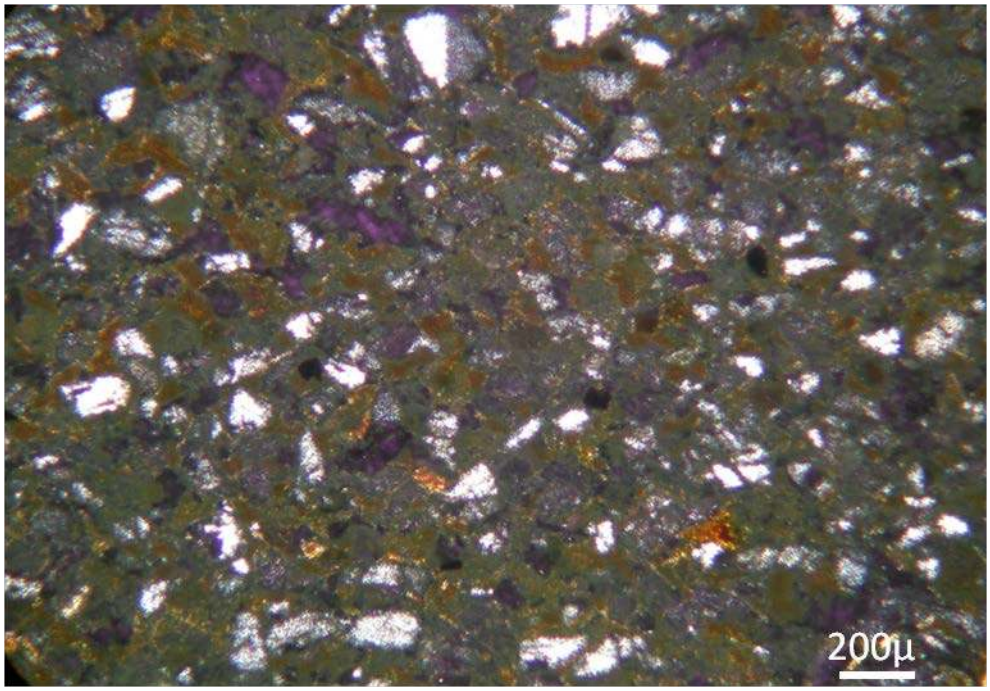
Şekil 28. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan Trakiandezitteki Porfirik doku (ÇN, Sn: Sanidin, Amf: Amfibol, Yer: Samsunlu Mah. civarı)

Doku: Porfirik Doku

Kayaç Adı: Traki Andezit

Sanidin: Kesitte yarı özşekilli ve büyük kristaller halinde gözlenir. Sanidinlerde karlspad ikizi görülmektedir.

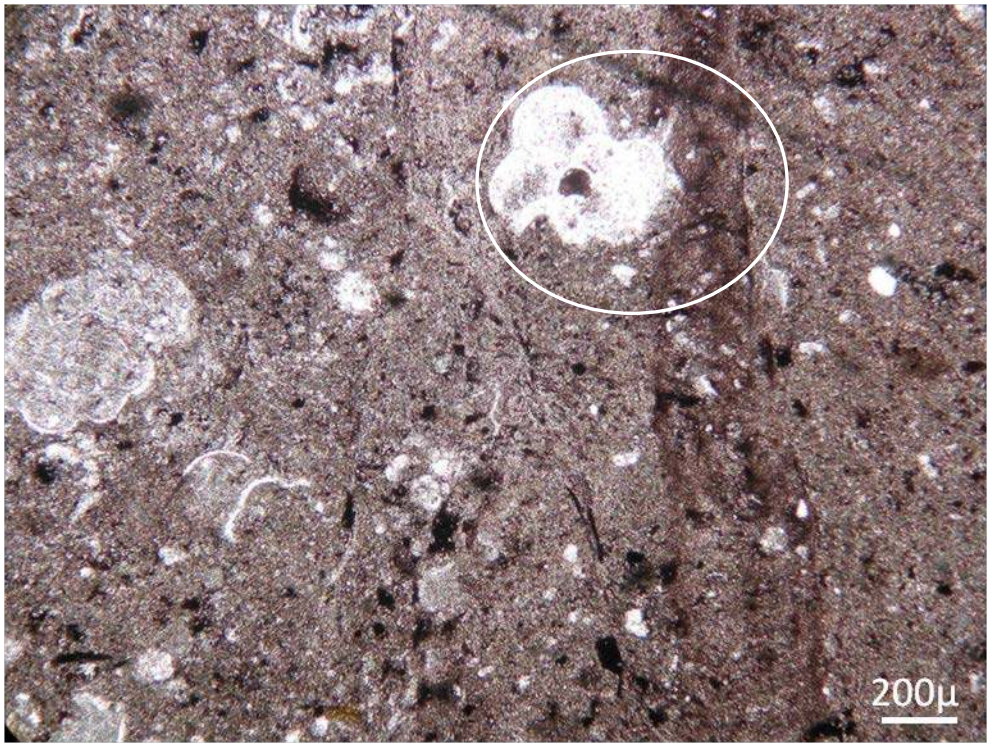
Hornblend: Kesit içerisinde gözlenen hornblendler özşekilsiz değişiken boyutlu taneler halinde izlenir. Renk pleokroizması belirgin bir şekilde görülmemektedir. Bazıları altere olduğundan dolayı dilinler belirgin bir şekilde gözlemlenememiştir.



Şekil 29. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan Kristalen tüf

Kayaç Adı: Kristalen Tüf

Kristal parçalarından oluştuğu için kristalen tüf olarak adlandırılmıştır. Kristal parçalarının büyük bölümünü plajiyoklaslar ve az oranda da piroksenler ve opak minerallerden oluştuğu görülmektedir.



Şekil 30. Çağlayan Formasyonu'ndaki kırmızı kireçtaşlarında gözlenen Globotruncana (TN)

İnceleme alanında Çağlayan Formasyonu içerisinde kırmızı kireçtaşları gözlenmiştir. Yapılan mikroskobik çalışmalara göre bu kireçtaşlarında bileşenler mikritle bağlanmıştır. Tane oranı % 10'dan fazla olduğu için kayaç; Dunham (1962)'ye göre vaketaşı, bağlayıcısı mikrit olduğu için Folk (1962)'ye göre biyomikrit olarak tanımlanmıştır.

Güven (1993), bu birim içindeki tortul kayaçlardan aldığı örneklerde *Globotruncana Arca CUSHMAN*, *Globotruncana Lapparenti Tricarinata (QUERREAU), Globotruncana cf. Bulloides VOGLER, Globotruncana Coronate Bolli, Globigerina sp., Gümbelina sp.* Fosil türlerine göre Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşını vermiştir. Bu çalışmada Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılan birim Hamsiköy tortul- volkanit karmaşığı olarak haritalayan Yalçınalp (1992), bu karmaşık içindeki kırmızı biyomikritlerde Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşını veren *Globotruncana tricarinata QUEREAU, Globotruncana linneiana d'ORBIGNY, Globotruncana arca CUSMAN, Globotruncana bulloides VOGLER, Globotruncana cf. Stuartiformis DALBIEZ, Globotruncana fornicata PLUMMER, Globotruncana falsostuarti SIGAL ve Globotruncana ganserri BOLLI* mikrofosillerini belirlemiştir. Bu fosil bulguları nedeniyle Çağlayan Formasyonu'nun Kampaniyen-Maastrihtiyen olduğu kabul edilmiştir.

Bu formasyon, Doğankent (Giresun) civarında Üst Bazik Volkanik Seri , Zigana yöresinde (Gümüşhane) Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu'nun A2 Üyesi, Güzelyayla (Maçka-Trabzon) yöresinde Hamsiköy Tortu-volkanik Karmaşığı; Çaykara (Trabzon) yöresinde Karona Üyesi, Maçka (Trabzon) güney yöresinde Andezit-bazalt ve piroklastlardan oluşan B2 Üyesi, Kürtün (Gümüşhane) yöresindeki Kirazlık Formasyonu Diker Üyesi ile hem litolojik hem de stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.2. Alüvyon

Aksu Deresi ve yan dereler boyunca görülür. Elemanları blok boyutundan kil boyutuna kadar değişmekte olup genelde magmatik kayaçlar ve az miktarda da kireçtaşı parçaları içerir.

3.2. Yapısal Jeoloji

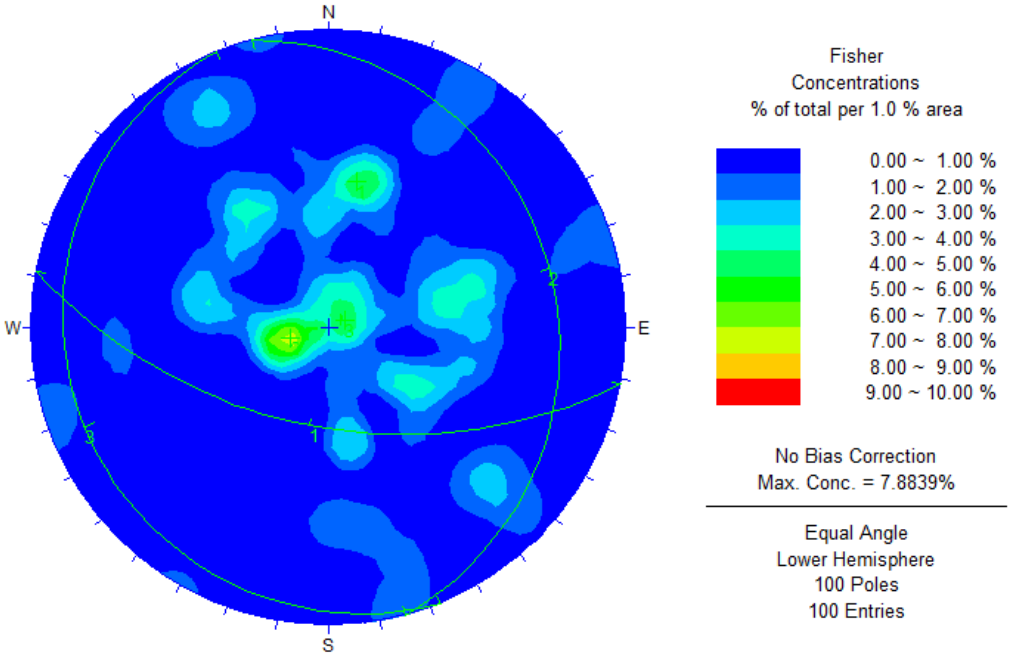
İnceleme alanı içerisinde yapısal özellikler tabakalanma ve çatlak şeklinde olup, fay ve kıvrımlanma görülmemiştir. Doğu Pontid Kuzey zonunda yer alan inceleme alanı mağmatik aktivitenin yoğun olması nedeniyle oldukça kırıklı yapıya sahiptir.

3.2.1. Tabakalar

Çağlayan Formasyonu volkanitleri arasında ara katkı olarak bulunan kireçtaşları, marnlar, kumtaşları, kumlu kireçtaşları belirgin tabakalanma göstermekte olup tabaka kalınlığı 1- 3 m arasında değişmektedir. Aksu Deresinin her iki yakasında ve Cebeci Mahallesi ve Samsunlu Mahallesinde mostra veren bu kayaçlar, Aksu Deresinin batı yakasında KD-GB doğrultulu 20- 35^0 derece KB ya eğimli, doğu yakasında olanlar KD-GB doğrultulu 30^0 KB ya eğimli, Samsunlu Mahallesi'nde KD-GB doğrultulu 60^0 KB ya eğimli, Cebeci Mahallesi'nde KD-GB doğrultulu 25^0 KB ya eğimlidir.

3.2.2. Çatlaklar

İnceleme alanında yer alan bazalt birimlerinde çatlaklar belirgin olarak izlenmektedir. Çatlak açıklıları 0,1-3 cm arasında, genelde çatlak yüzeyleri düzgün fakat pürüzlü ve ondülasyonludur. Egemen çatlak yönlerini belirlemek için projeksiyon ağı kullanılarak Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu (Şekil 31) için kontur diyagramı hazırlanmıştır. Kontur diyagramı incelendiğinde egemen çatlak konumu 35/15, 247/7, 197/53 olduğu Dips programıyla belirlenmiştir.



Şekil 31. Çağlayan Formasyonuna ait çatlak kontur diyagramı

3.3. Depremsellik

Çalışma alanı ve çevresi, Türkiye deprem bölgeleri haritasında 4. derecede deprem bölgesinde yer alır.

3.4. Heyelan Mekanizması

Giresun-Espiye karayolunun Km:1+030-1+170 arasında heyelan, fosil bir heyelan bölgesi içerisinde meydana gelmiştir.

Fosil heyelan bölgesi topuğunda kazı yapılmak sureti ile bir restaurant binası inşa edilmiş ve binayı çevreleyen dik kazı şevleri bir betonarme dayanma yapısı ile desteklenmiştir. Gerek zemin yükü, gerekse hidrostatik basınç nedeni ile bu dayanma yapıları kısmen deforme olmuştur. Mevcut alanda yapılması öngörülen iksa duvarlarının Km: 1+040 – 1+060 aralığı için yapılan kazı çalışması sonrasında ise ana kütle hareketi başlamış ve arazide izlenen gerilme çatlakları dışında restaurant binasında da bir kısım çatlaklar gelişmiş, bina gerisindeki betonarme dayanma yapısında önemli deformasyonlar oluşmuştur.

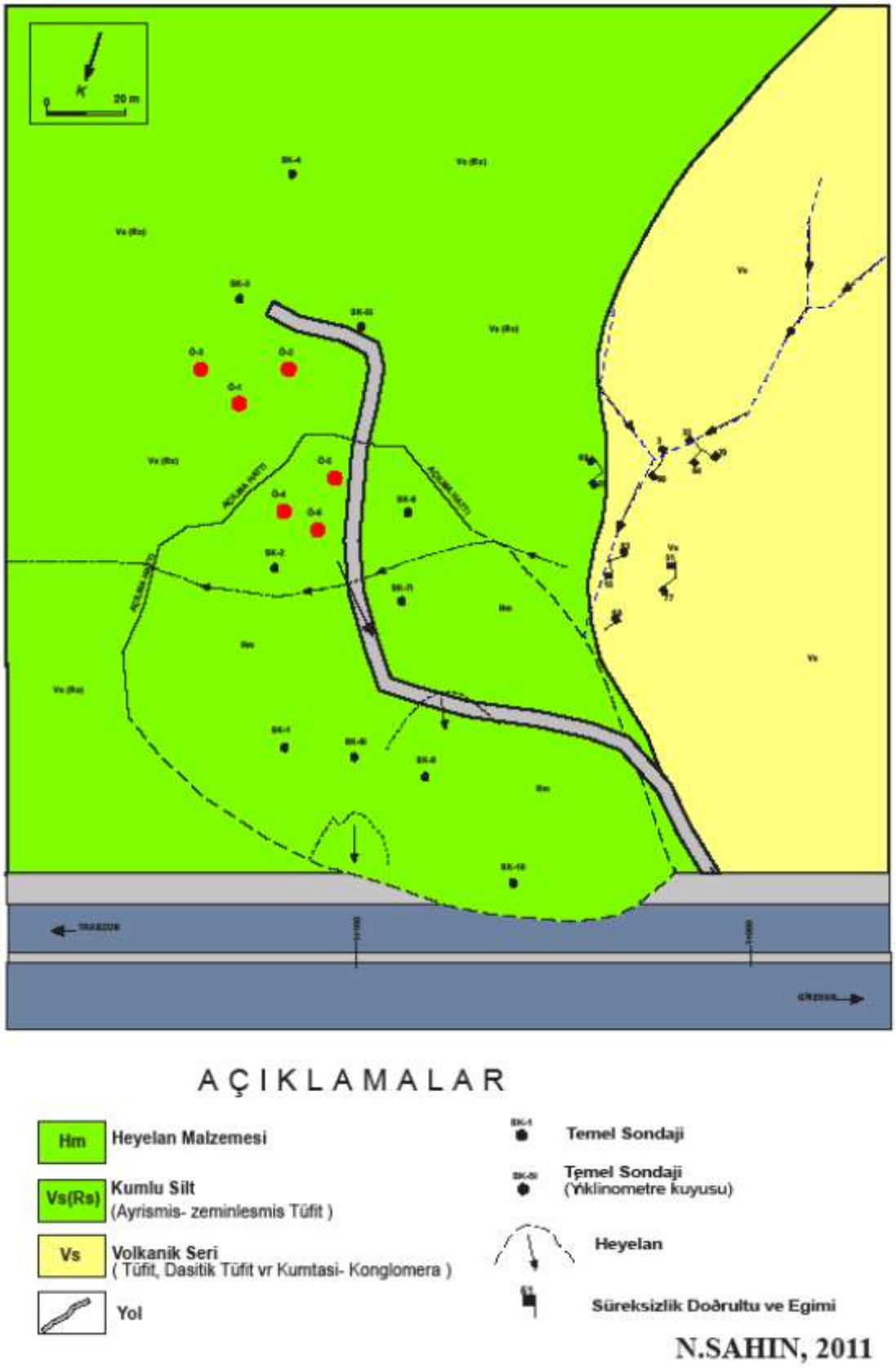
Km: 1+030-1+170 Heyelanı tümü kumtaşı – konglomera ara düzeyli volkano – sedimanter kayaçlardan kurulu Üst Kretase Volkanitleri içerisinde oluşmuştur. Birimin üst 7.00-9.00 metrelik kesimi yüksek derecede ve tamamen ayrışarak zemin haline dönüşmüştür. Karayolları tarafından yapılan jeolojik – jeoteknik çalışmalardan sağlanan verilere göre; oluşan kütle hareketinin boyu yaklaşık 120.00 m, eni yaklaşık 90.00 m olup, heyelanın taç ve topuk bölgeleri arasındaki kot farkı yaklaşık 19.00 metredir. Heyelan kütlesi kalınlığı ise kayma düzlemi boyunca yaklaşık 4.50 – 7.20 metre arasında değiştiği belirlenmiştir.

3.5. Temel Sondajları

Giresun-Espiye karayolunun Km.1+030-1+170 aralığında oluşan heyelanlı kesimin jeolojik – jeoteknik açıdan incelenmesi, bu kesimde yer alan birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, yeraltısuyu seviyesinin tespiti ve heyelan mekanizmasının incelenmesi amacıyla 10 lokasyonda toplam 137.00 m temel sondajı yapılmıştır.

Zeminlerin yerindeki mukavemetlerini belirlemek için zemin birimlerinde ve kayaçların çok ayrışmış seviyelerinde 1.50 m ara ile SPT yapılmıştır.

Heyelan bölgesindeki zemin ve kaya birimlerinin deformasyon özelliklerini belirlenmesine yönelik olarak, sondaj kuyularında Pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Deney yapılan kuyularda deformasyon modülü (Ep) ile limit basınçların (Pln) derinlik boyunca değişimi belirlenmiştir.



Şekil 32. Heyelan alanının jeoloji haritası

Heyelan bölgesinde kayma düzleminin derinliği, hareketin yönü ve hızını belirlemek amacıyla araştırma çalışmaları kapsamında 3 temel sondajı içerisine inklinometre borusu yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Sondaj kuyularına yerleştirilen özel boruların içerisinden dijital bir probe yardımı ile okumalar gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler bilgisayar ortamında grafiklere dönüştürülmüştür.

Tablo 21. Temel sondaj özet tablosu

Sondaj No	Koordinat		Kot (m)	Derinlik (m)
	N	E		
SK-1	454 647.79	4 531 455.07	17.62	12.00
SK-2	454 662.50	4 531 421.08	24.34	16.50
SK-3	454 690.17	4 531 371.61	38.03	13.50
SK-4	454 686.89	4 531 342.68	41.29	16.50
SK-5i	454 659.77	4 531 366.36	34.43	13.70
SK-6	454 635.14	4 531 398.66	22.88	15.00
SK-7i	454 630.48	4 531 416.60	20.55	15.30
SK-8i	454 630.15	4 531 450.85	17.44	13.50
SK-9	454 611.70	4 531 448.39	12.97	10.50
SK-10	454 583.27	4 531 461.33	12.35	10.50
TOPLAM				137.00

3.5.1. SK-1 Sondajı

Heyelan alanı içerisinde 17.62 m kotunda olup derinliği 12 metredir. Sondajda 0.00-0.20 m arasında bitkisel toprak, 0.20-3.80 m arasında kumlu silt, 3.80-5.60 m arasında çakıllı siltli kum, 5.60-6.70 m arasında kumlu silt, 6.70- 10.30 m arasında kumtaşı ile konglomera ardalanması 10.30-12.00 m arasında dasidik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.2. SK-2 Sondajı

Heyelanlı alanı içerisinde 24.34 m kotunda olup derinliği 16.50 metredir. Sondajda 0.00-0.30 m arasında bitkisel toprak, 0.30-5.50 m arasında siltli kum, 5.50- 10.80 m

arasında kumlu silt, 10.80-12.20 m arasında kumtaşı, 12.20- 14.50 m arasında kumtaşı ile konglomera ardalanması, 14.50-16.50 m arasında dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.3. SK-3 Sondajı

Heyelan alanı dışında 38.03 m kotunda olup derinliği 13.50 metredir. Sondajda 0.00-0.50 m arasında bitkisel toprak , 0.50-2.20 m arasında kumlu silt, 2.20- 5.80 m arasında siltli kum, 5.80- 6.80 m arasında kumlu silt, 6.80-9.40 m arasında tüfit, 9.40-11.50 m arasında konglomera, 11.50- 13.50 m arasında dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.4. SK-4 Sondajı

Heyelan alanı dışında 41.29 m kotunda olup derinliği 16.50 metredir. Sondajda 0.00-0.60 m arasında bitkisel toprak, 0.60- 4.00 m arasında kumlu silt, 4.00-7.30 m arasında çakıllı siltli kum, 7.30- 9.60 m arasında kumlu silt, 9.60-11.50 m arasında tüfit ile zayıf çimentolu konglomera arasındaki geçiş zonu, 11.50- 13.30 m arasında konglomera, 13.30-16.50 m arasında dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.5. SK-5i Sondajı

Heyelan alanı dışında 34.43 m kotunda olup derinliği 13.70 metredir. Sondajda 0.00-0.30 m arasında bitkisel toprak, 0.30-2.90 m arasında siltli kum, 2.90-4.30 m arasında kumlu silt, 4.30-6.60 m arasında çakıllı siltli kum, 6.60-9.40 m arasında tüfit, 9.40-11.30 m arasında filiş (kumtaşı,silttaşı, marn ardalanması), 11.30-13.70 m arası dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.6. SK-6 Sondajı

Heyelan alanı içinde 22.88 m kotunda olup derinliği 15.00 metredir. Sondajda 0.00-0.20 m arasında bitkisel toprak, 0.20-4.30 m arasında kumlu silt, 4.30-5.60 m arasında çakıllı siltli kum, 5.60-8.20 m arasında kumlu silt, 8.20-12.40 m arasında kumtaşı, 14.20-15.00 m arası dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.7. SK-7i Sondajı

Heyelan alanı içinde 20.55 m kotunda olup derinliği 15.30 metredir. Sondajda 0.00-0.30 m arasında bitkisel toprak, 0.30-5.70 m arasında kumlu silt, 5.70-6.80 m arasında siltli kum, 6.80-10.50 m arasında kumtaşı, 10.50-15.30 m arası dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.8. SK-8i Sondajı

Heyelan alanı içinde 17.44 m kotunda olup derinliği 13.50 metredir. Sondajda 0.00-0.40 m arasında bitkisel toprak, 0.40-2.50 m arasında kumlu silt, 2.50-4.20 m arasında çakıllı siltli kum, 4.20-6.80 m arasında kumlu silt, 6.80-10.60 m arasında kumtaşı-konglomera, 10.60-13.50 m arası dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.9. SK-9 Sondajı

Heyelan alanı içinde 12.97 m kotunda olup derinliği 10.50 metredir. Sondajda 0.00-0.20 m arasında beton, 0.20-1.40 m arasında yapay dolgu, 1.40-4.00 m arasında siltli kum, 4.00-5.40 m arasında konglomera, 5.40-6.30 m arasında kumtaşı, 6.30-10.50 m arasında dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.5.10. SK-10 Sondajı

Heyelan alanı içinde 12.35 m kotunda olup derinliği 10.50 metredir. Sondajda 0.00-0.20 m arasında kaplama beton, 0.20-0.90 m arasında yapay dolgu malzemesi, 0.90-4.10 m arasında kumlu silt, 4.10-7.40 m arasında kumtaşı, 7.40-10.50 m arasında dasitik tüf yer almaktadır (Ek 1).

3.6. Sondaj Çalışmasında Gözlenen Birimler

Heyelan bölgesinde yapılan jeolojik-jeoteknik araştırma çalışmaları sırasında esas olarak 3 değişik ana birim ayırtlanmıştır. Bunlar sırasıyla tamamen ayrışarak yer yer zeminleşmiş tüfit birimi kumtaşı-konglomera türü kayaçlardan oluşmuş filiş-tüfit birimi ve

tabanda izlenen dasitik tüfit birimleridir. Bu birimlere ait elde edilen jeolojik-jeoteknik veriler aşağıda sunulmaktadır.

3.6.1. Ayrışmış Tüfit Birimi

Km. 1+030-1+170 heyelan bölgesinde yaygın olarak izlenen birim tüfit türü kayaçların ayrışarak zeminleşmiş, ancak ilksel kırıntı boyutunu koruyan genel olarak kumlu silt ve siltli/çakıllı kum türü birimlerden oluşmaktadır. Birim tüm temel sondajlarında izlenmekte olup, kalınlığı 3.50-9.50 m arasında değişkenlik gösterir. Birim bu kesimde iki ayrı alt başlıkta incelenmiştir. Bunlar sırasıyla kumlu silt ve siltli/çakıllı kum düzeyleridir.

3.6.1.1. Kumlu Silt Düzeyi

Kumlu silt düzeyinin kalınlığı yer yer 5.50-6.00 metreye varmaktadır. Bu birim aynı zamanda heyelanda kayan birimdir. Birim genel olarak kahverengi- yeşilimsi kahverengi, çoğunlukla katı, yer yer yumuşak- sert, orta plastisiteli olup, bu düzey içerisinde yapılan SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ve bunların değişim aralıkları Tablo 22' de verilmiştir.

Tablo 22. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları

SPT (N)	13	4 < SPT(N) < 28
Net Limit Basınç (Pln)	9.30 kg/cm^2	1.23 < Pln < 10.23
Deformasyon Modülü (Ep)	117 kg/cm^2	19 Ep < 218

3.6.1.2. Siltli/Çakıllı Kum Düzeyi

Silt/çakıllı kum düzeyi, heyelanda taban birimi niteliğindedir. Siltli / çakıllı kum düzeyinin kalınlığı temel sondajlarında yer yer 4.00-4.50 metreye varmaktadır. Birim genel olarak kahverengi- sarımsı/yeşilmsi kahverengi, orta sıkı- yer yer çok gevşek, nemli özellikler sunmakta olup, bu düzey içerisinde yapılan SPT ve pressiyometre deney sonuçları ve bunların değişim aralıkları Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları

SPT (N)	13	4 < SPT(N) < 28
Net Limit Basınç (Pln)	5.34 kg/cm^2	1.23 < Pln < 10.23
Deformasyon Modülü (Ep)	89 kg/cm^2	19 < Ep < 218

3.6.2. Tüfit Birimi

Bu birim yapılan temel sondajlarında 2.50-3.00 metre kalınlığa ulaşmaktadır. Yapılan sondaj çalışmalarında tüfit birimi genel olarak, kahverengimsi yeşil- kahverengi, dağılgan, zayıf-çok zayıf, tamamen ayrışmış özellikler sunmakta olup, yer yer aglomeratik düzeyler içerir. Bu düzey içerisinde yapılan SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD değerlerleri ve bunların değişim aralıkları Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD

SPT (N)	-	47 < SPT(N) <R
Net Limit Basınç (Pln)	22.15 kg/cm^2	19.15 < Pln < 25.15
Deformasyon Modülü (Ep)	440 kg/cm^2	319 < Ep < 561
Karot Yüzdesi (TCR)	% 49	10≤TCR≤84
Kaya Kalite Değeri (RQD)	%0	

3.6.3. Fliş Birimi

Temel sondajlarında kalınlığı yaklaşık 2.00-4.50 metre arasında değişkenlik gösteren fliş birimi, bu kesimde genel olarak kumtaşı-konglomera ardalanmasından oluşmaktadır. Kumtaşları; sarımsı/yeşilimsi kahverengi- koyu kahverengi, dağılgan, çok zayıf, tamamen ayrışmıştır. Konglomera türü kayaçlar ise; kahverengi-gri renkli, dağılgan çok zayıf, tamamen ayrışmış, gevşek çimentolu matriks içerisinde %50-70 oranında, maksimum 50-70 mm, yuvarlak, sert, dayanımlı, volkanik kırıntılardan oluşmuştur. Fliş düzeyi içerisinde yer yer marn ara seviyeleri izlenir. Birime ait karot yüzdesi (TCR), RQD, SPT ve Pressiyometre deney sonuçları Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25. SPT ve Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD değerleri

SPT (N)	-	24 < SPT(N) <R
Net Limit Basınç (Pln)	33.47 kg/cm^2	-
Deformasyon Modülü (Ep)	912 kg/cm^2	-
Karot Yüzdesi (TCR)	% 46	8≤TCR≤100
Kaya Kalite Değeri (RQD)	%6	0≤RQD≤27

3.6.4. Dasitik Tüfit Birimi

Heyelan sahasında taban kayası niteliğinde olan dasitik tüfit birimi genel olarak, yeşil-mavimsi yeşim renkli, orta sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış özelliktedir. Birime ait Karot Yüzdesi, RQD ve Pressiyometre değerleri ve değişim aralıkları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Pressiyometre deney sonuçları ile Karot Yüzdesi ve RQD değerleri

Net Limit Basınç (Pln)	40.30 kg/cm^2	37.02 < Pln < 41.10
Deformasyon Modülü (Ep)	4382 kg/cm^2	1450 < Ep < 5695
Karot Yüzdesi (TCR)	% 95	75 ≤ TCR ≤ 100
Kaya Kalite Değeri (RQD)	%92	63 RQD ≤ 100

3.7. Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri

Arazi çalışmaları esnasında inceleme alanını temsil eden 6 ayrı noktadan örnek alınmıştır. Alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri tespit edilmiştir. Bunlardan örselenmiş örnekler ile yapılan deneyler sonucunda, örneklerin kıvam limitleri ve buna bağlı olarak aktivasyon katsayıları, özgül ağırlıkları, ıslak elek analizi ve hidrometre deneylerinden dane dağılım eğrileri elde edilmiştir. Örnekler USCS ye göre adlandırılmıştır. Örselenmemiş örnekler üzerine yapılan deneylerde ise örneklerin serbest basınç dirençleri, efektif kohezyonları, efektif içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları. Ayrıca örneklerin su muhtevaları, poroziteleri, boşluk oranları, doygunluk dereceleri, kuru birim hacim ağırlıkları bulunmuştur. Bunun

yanı sıra kil malzemeden suda yüzdürme ile hazırlanan örnekler üzerinde X-Ray difraktometre çekimleri yapılmış ve killerin cinsleri tespit edilmiştir.

3.7.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin özgül ağırlıklarını belirlemek için piknometre deneyi yapılmıştır. Ayrıca örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan deneylerle doğal birim hacim ağırlık, su muhtevası, kuru yoğunluk, porozite, boşluk oranı, doygunluk derecesi, doygun yoğunluk, batık yoğunluk değerleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 27'de gösterilmiştir.

Tablo 27. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri

Örnek No	γ_n (gr/cm^3)	γ_k (gr/cm^3)	γ_{doy} (gr/cm^3)	γ' (gr/cm^3)	W (%)	n %	e %	S_r %	Özgül Ağırlık
Ö-1	1,52	1,05	1,67	0,53	45,11	62	1,63	76	2,77
Ö-2	1,80	1,33	1,85	0,81	35,49	52	1,08	91	2,78
Ö-3	1,64	1,15	1,74	0,64	41,96	58	1,40	83	2,78
Ö-4	1,69	1,23	1,79	0,70	37,67	56	1,26	83	2,78
Ö-5	1,58	1,11	1,71	0,59	43,18	60	1,50	80	2,78
Ö-6	1,64	1,11	1,70	0,64	47,89	60	1,49	89	2,76

3.7.2. İnce Taneli Zeminlerin Sınıflandırılması

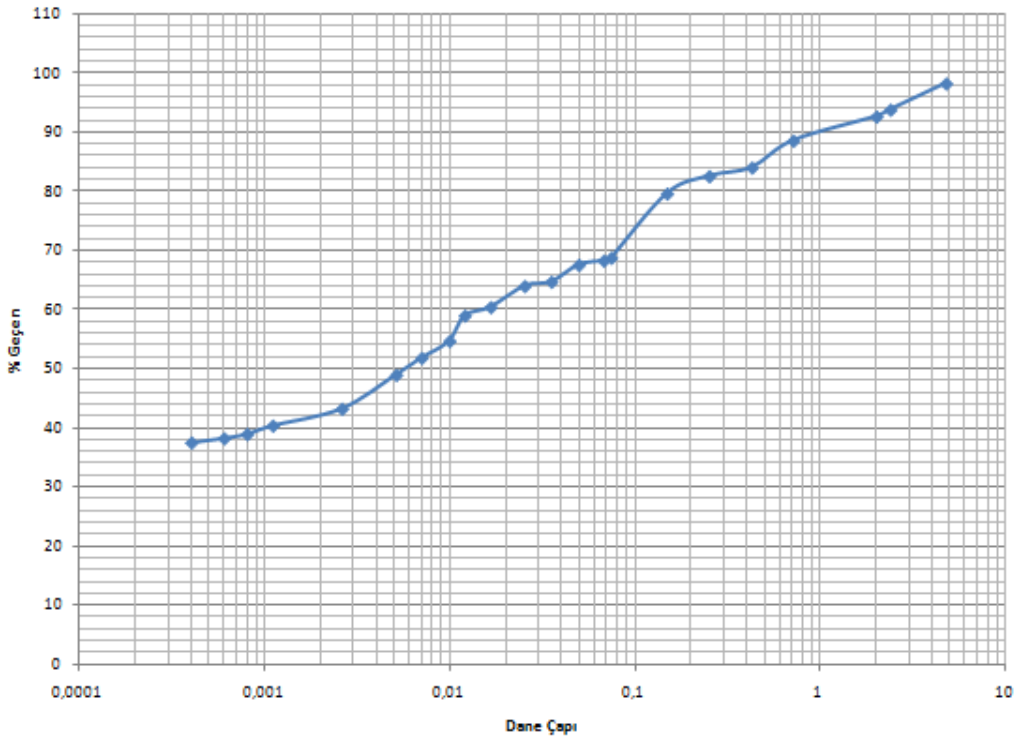
3.7.2.1. Dane Dağılım Eğrilerinin Hazırlanması

Zemin numunelerinden yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi yapılmış ve her iki deneyden elde edilen sonuçlar kullanılarak granülometri eğrileri çizilmiştir (Şekil 36-41).

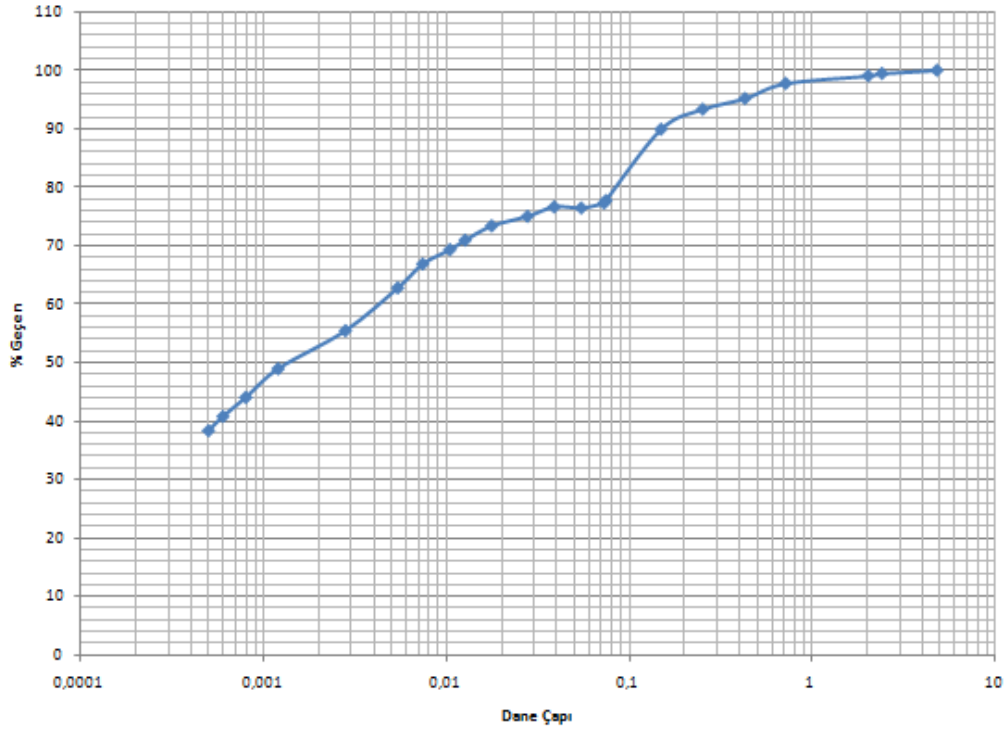
Şekil 33. Hidrometre analizi

Şekil 34. Islak elek analizi

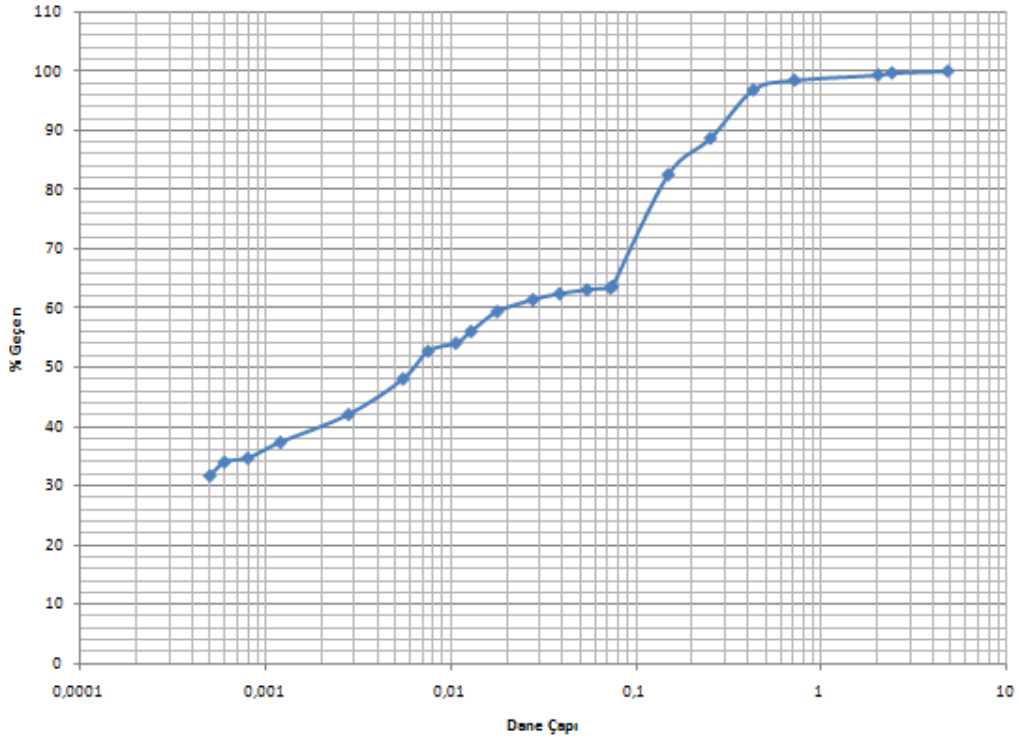
Granülometri eğrilerinden MİT sınıflamasındaki sınır değerlerine göre belirlenen zemin bileşenleri Tablo 28’ de sunulmuştur.



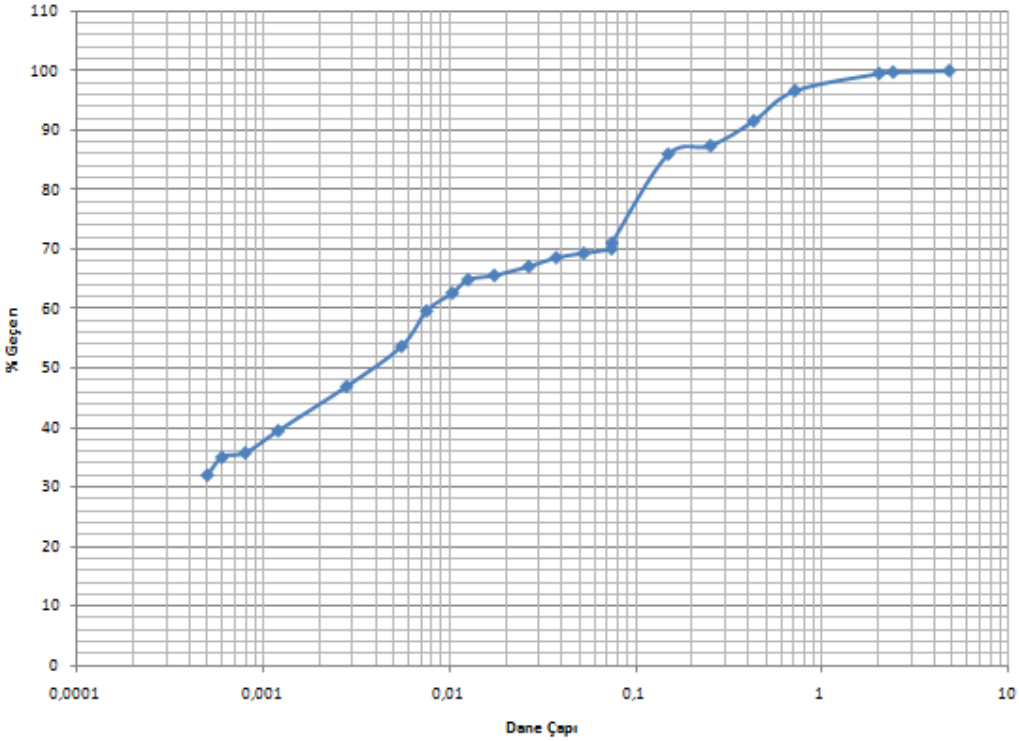
Şekil 35. 1 nolu örneğe ait granülometri eğrisi



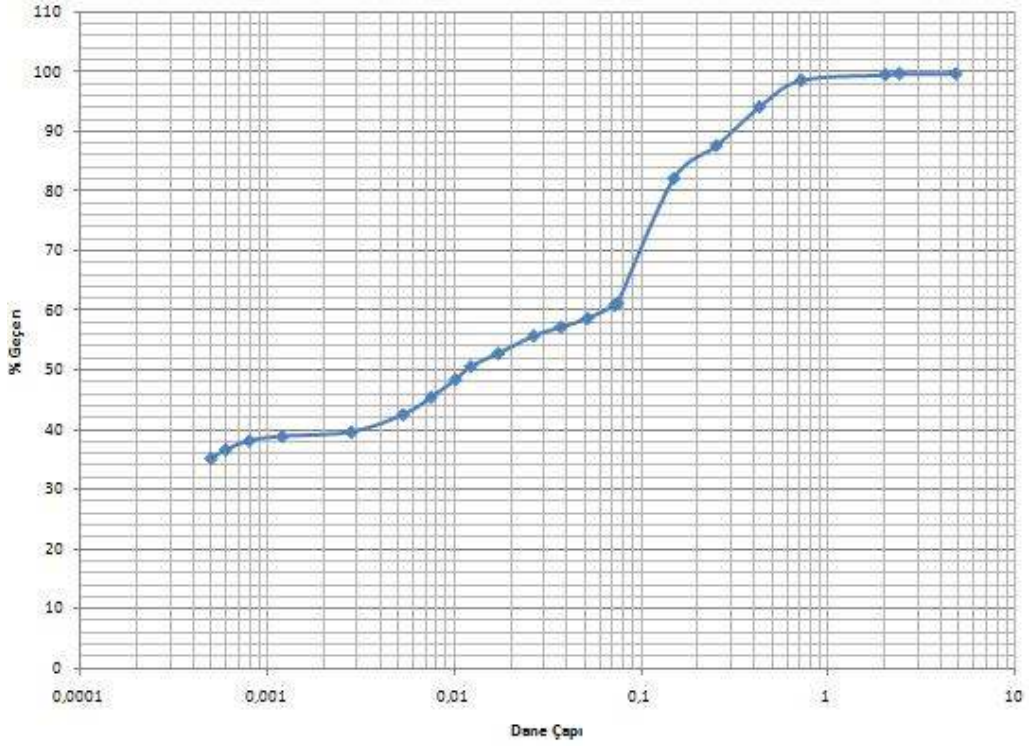
Şekil 36. 2 nolu örneğe ait granülometri eğrisi



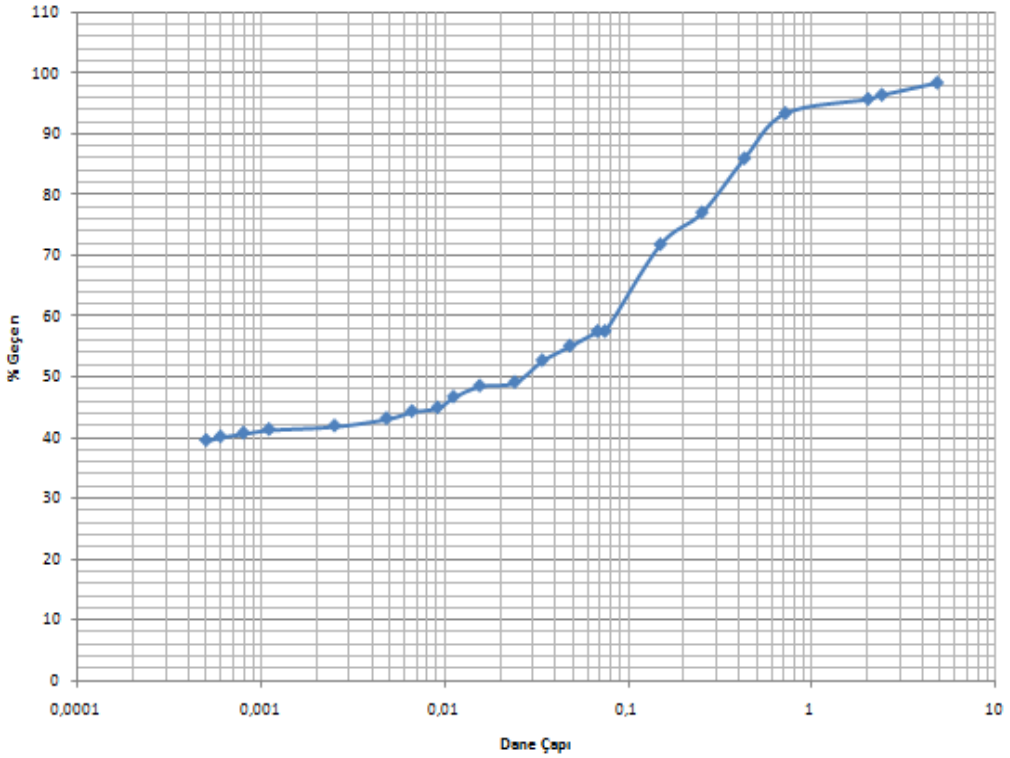
Şekil 37. 3 nolu örneğe ait granülometri eğrisi



Şekil 38. 4 nolu örneğe ait granülometri eğrisi



Şekil 39. 5 nolu örneğe ait granülometri eğrisi



Şekil 40. 6 nolu örneğe ait granülometri eğrisi

Tablo 28. Zemin gruplarının örnek numarasına göre dağılımı

Örnek No	KİL (%)	SİLT (%)				KUM(%)				ÇAKIL (%)
		İnce	Orta	Kalın	Toplam	İnce	Orta	Kalın	Toplam	
1	42	8	12	6	26	14	5	5	24	8
2	52,5	11,5	10	2	23,5	16	5	2	23	1
3	40	9	11	3	23	23,5	12	0,8	36,3	0,7
4	44	11,5	10,5	4	26	17,5	8	4	29,5	0,5
5	39	4,5	10,5	5	20	27	12	1,4	40,4	0,6
6	41,5	2,5	4,5	8	15	18,5	16,5	4,2	39,2	4,3

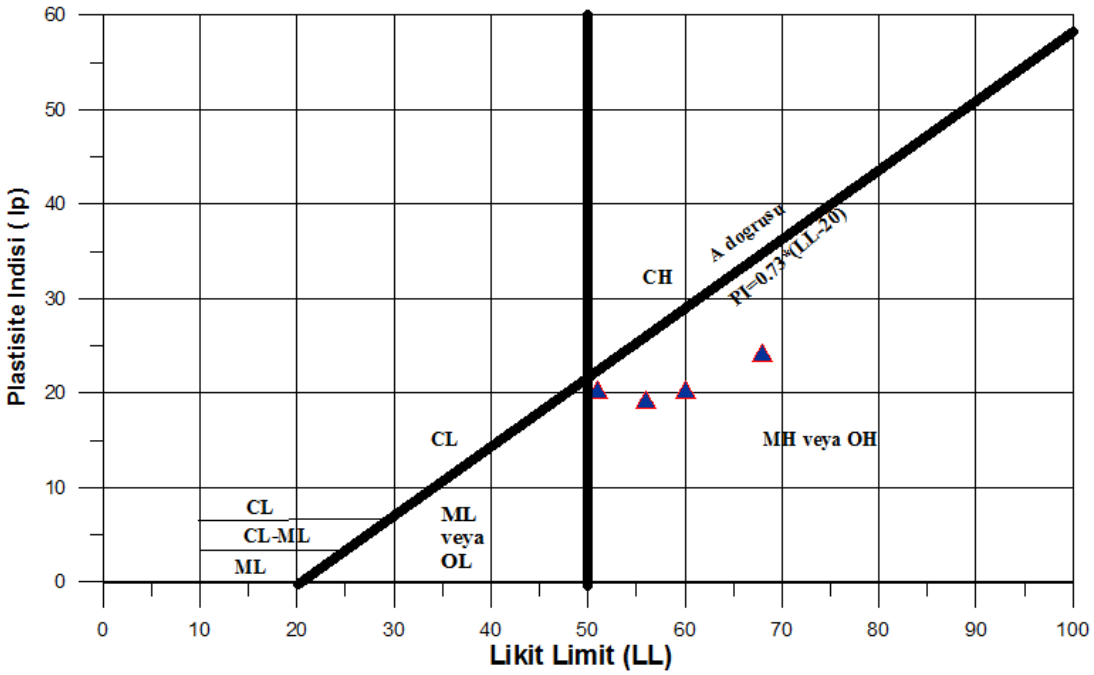
3.7.2.2. Kıvam Limitleri

Kıvam limitlerine ait deney sonuçları Tablo 28 de, örneklerin Casagrande grafiği üzerindeki yerleri ise Şekil 42'de verilmiştir. Örneklerin tümünün MH veya OH olduğu görülmektedir (Tablo 29).

Tablo 29. Örneklerin kıvam limitlerine ait deney sonuçları

Örnek Numarası	Likit Limit	Plastik Limit	Rötre Limit	Plastisite İndisi	Likitlik İndisi	Kıvam İndisi	Aktivite Katsayısı
1	68	44	33	24	0,046	0,953	0,57
2	56	37	29	19	-0,079	1,079	0,35
3	56	37	29	19	0,261	0,738	0,46
4	51	31	24	20	0,333	0,666	0,47
5	60	40	31	20	0,159	0,674	0,52
6	58	42	33	24	0,245	0,337	0,61

Deney sonucunda örneklerin, likit limitlerinin %51 ile % 68, plastik limitlerinin %31 ile % 44, rötre limitlerinin % 29 ile %33, plastisite indisinin %19 ile %24, likitlilik indisinin -0,079 ile 0,333, kıvam indisinin 0,337 ile 1,079, aktivite katsayısının 0,35 ile 0,61 arasında değişen değerler aldığı belirlenmiştir.



Şekil 41. Casagrande Plastisite Grafiği

Tablo 30. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre belirlenen zemin grubu sınıfları ve açıklamaları

ÖRNEK NO	AÇIKLAMA	ZEMİN GRUBU SINIFLAMA
1	MH	Kumlu Elastik Silt
2	MH	Kumlu Elastik Silt
3	MH	Kumlu Elastik Silt
4	MH	Kumlu Elastik Silt
5	MH	Kumlu Elastik Silt
6	MH	Kumlu Elastik Silt

Örneklerin hepsinin MH (kumlu elastik silt) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 31. Örneklerin, likit limit ve plastisite indisi değerleri ile belirlenen plastisite sınıflaması

Örnek no	Likit limite göre	Plastisite indisine göre
1	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli
2	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli
3	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli
4	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli
5	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli
6	Yüksek plastisiteli	Yüksek plastisiteli

Tablo 31 incelendiğinde örneklerin likit limit ve plastisite indisine göre yüksek plastisiteli olduğu anlaşılmaktadır.

İnce daneli zeminler için Burmister (1962) ve Leonards (1976) tarafından plastisite indisi kullanılarak sınıflama yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarının bu sınıflamadaki yerleri Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 32. Örneklerin plastisite indisine göre sınıflandırması

	Burmister (1962)		Leonards (1976)
Örnek No	Plastisite Derecesi	Tanımlama	Plastisite Derecesi
1	Yüksek Plastisiteli	Siltli Kil	Plastik
2	Orta Plastisiteli	Kil ve Silt	Plastik
3	Orta Plastisiteli	Kil ve Silt	Plastik
4	Yüksek Plastisiteli	Siltli Kil	Plastik
5	Yüksek Plastisiteli	Siltli Kil	Plastik
6	Yüksek Plastisiteli	Siltli Kil	Plastik

Örneklerin deneyler sonucunda ampirik formüller yardımıyla, kıvam indisleri bulunarak, ilgili sınıflamada ki yerleri belirlenmiştir (Tablo 32).

Tablo 33. Zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflaması (Ulusay, 2001)

Örnek No	Tanımlama
1	Katı
2	Çok Katı
3	Orta
4	Orta
5	Orta
6	Yumuşak

Diğer bir sınıflamaya göre ise kıvam indisinin sayısal değerine bakılarak Ö-1,3,4,5,6 örneklerinde olduğu gibi Ic'nin 1'den küçük olması zemini su içeriğinin likit limitin üstünde olduğunu gösterir, Ö-2'de ise Ic'nin 1'den büyük olması ise zeminin yarı katı veya katı durumda olduğunu gösterir.

Örneklerin, likitlik indisi ve kıvamlılık indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişki değerlendirilerek yapılan sınıflamadaki yerleri belirlenmiştir (Tablo 34).

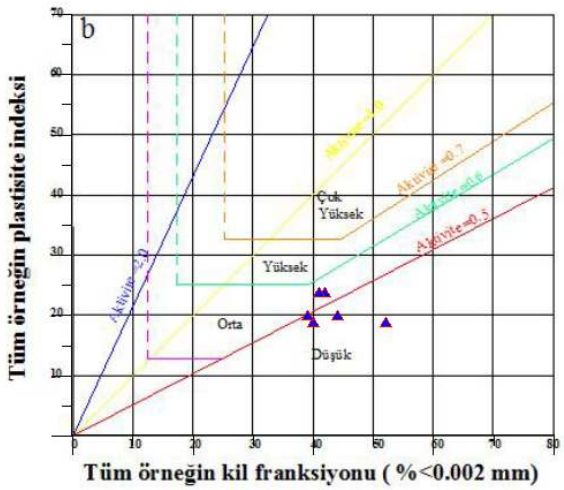
Tablo 34. Likitlik İndisi ve kıvamlılık indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişkiye göre yapılan sınıflama (Aytekin,2004)

Örnek No	Zemin Kıvamı
1	Plastik
2	Katı
3	Plastik
4	Plastik
5	Plastik
6	Plastik

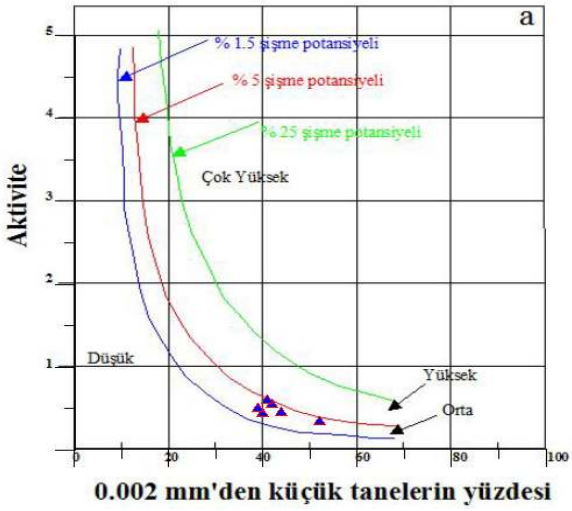
Killerin aktivitelerine göre sınıflandırılması Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 35. Killerin aktiviteye göre sınıflandırılması (Mitchell,1981)

Örnek No	Sınıflama	Kil
1	Aktif olmayan killer	Kaolinit
2	Aktif olmayan killer	Kaolinit
3	Aktif olmayan killer	Kaolinit
4	Aktif olmayan killer	Kaolinit
5	Aktif olmayan killer	Kaolinit
6	Aktif olmayan killer	Kaolinit



Şekil 42. Aktivite abağına göre sınıflama



Şekil43. Şişme potansiyeli

Tablo 36. Numunelerin şişme potansiyeline göre sınıflaması

Örnek No	Şişme Potansiyeli
1	Orta
2	Orta
3	Orta
4	Orta
5	Orta
6	Orta

Tablo 37. Zeminlerin aktivitesine göre sınıflandırılması

Örnek No	Aktivite
1	Orta
2	Düşük
3	Düşük
4	Düşük
5	Düşük
6	Orta

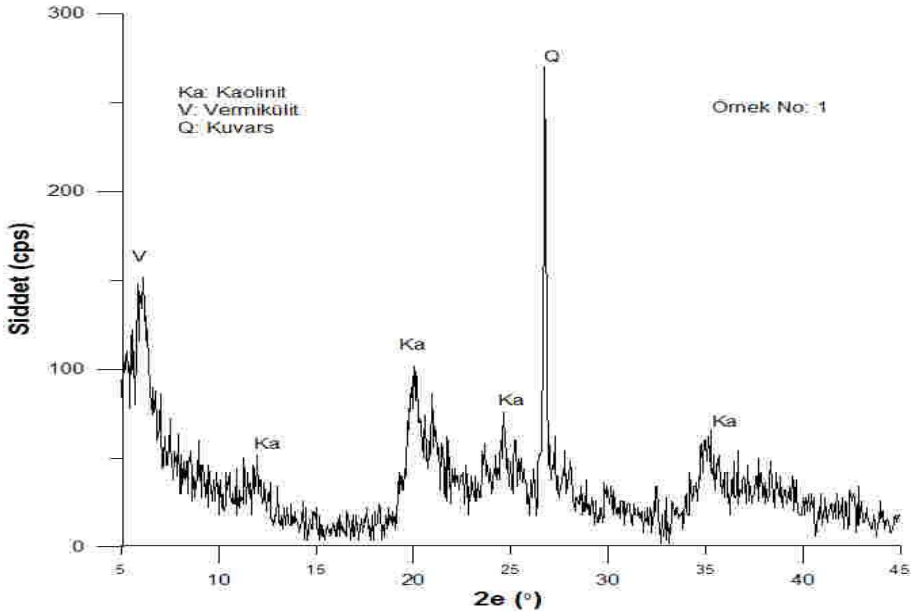
Bu sınıflamada örneklerin yüksek ve düşük aktivite değerlerine, şişme potansiyeline göre ise orta şişme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

Tablo 38. Amerikan Karayollarına (AASHTO) göre sınıflama

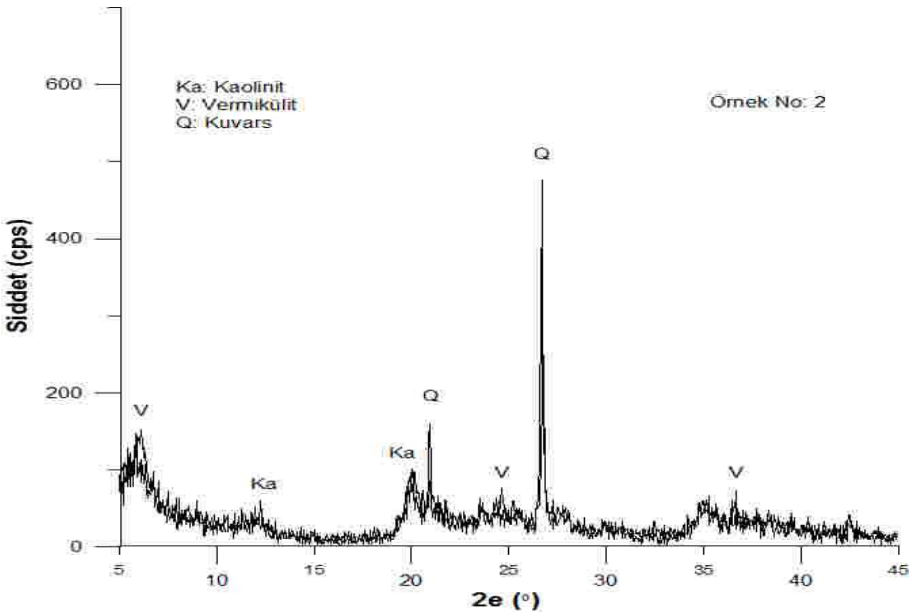
Örnek No	Sınıfı	Açıklama
1	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü
2	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü
3	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü
4	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü
5	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü
6	A-7	Killi zeminler/ Orta ve kötü

1950'de AASHTO (American Association of State Highway Officals) tarafından yapılan sınıflamaya göre bütün örnekler A-7 grubunda olduğu belirlenmiştir.

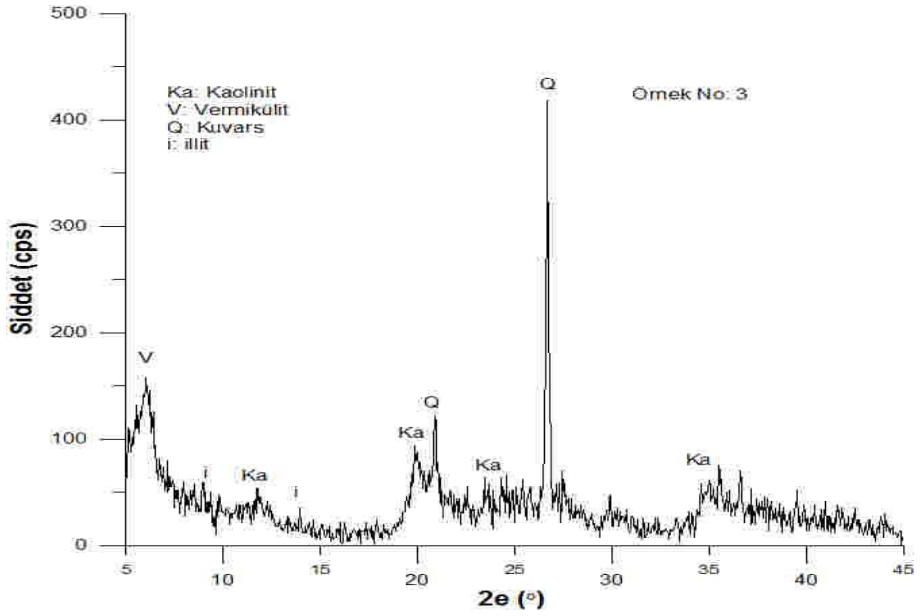
Zemin numunelerinin içerdiği kil boyutundaki malzemeye X-Ray difraktometre çekimleri yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 46-51'de verilmiştir.



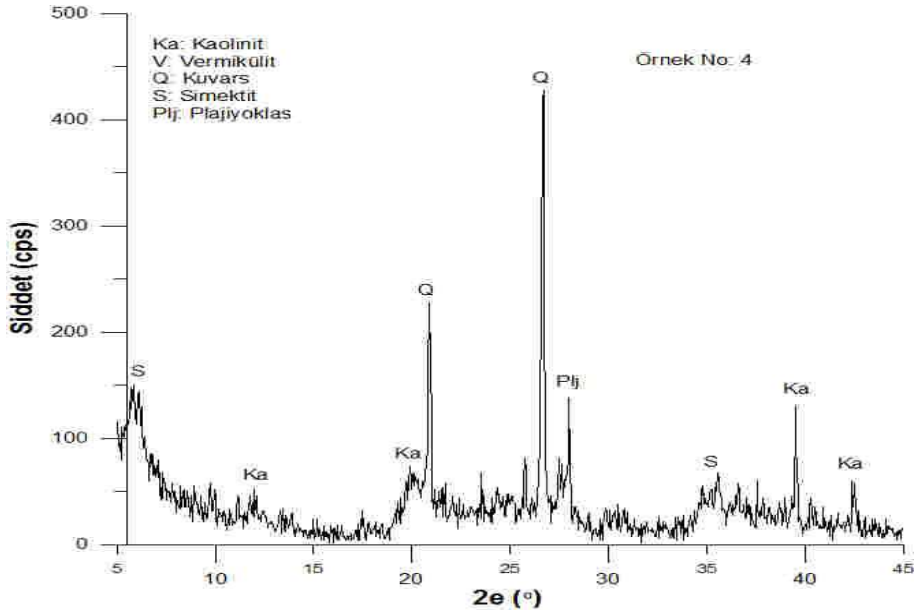
Şekil 44 1 nolu örneğe ait XRD difraktogramı



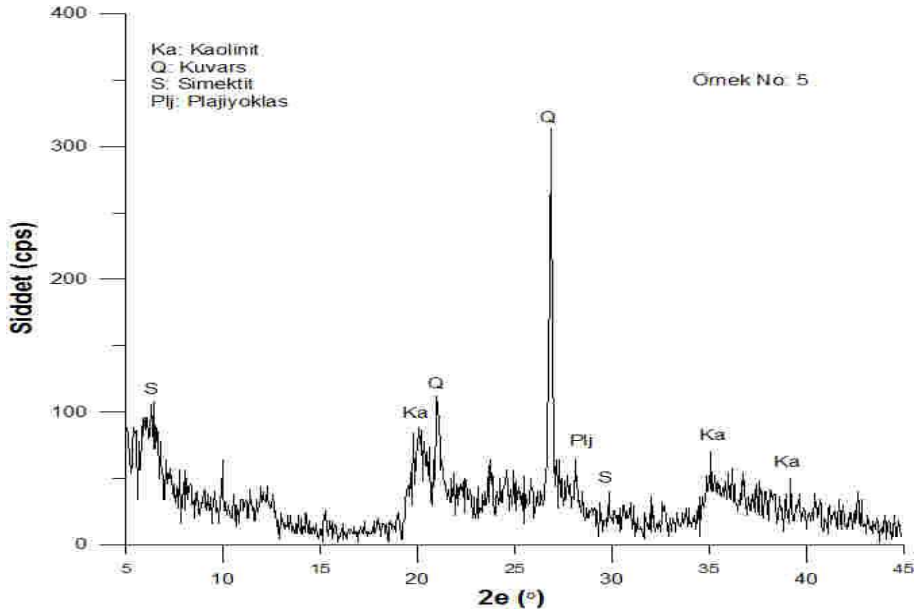
Şekil 45. 2 nolu örneğe ait XRD difraktogramı



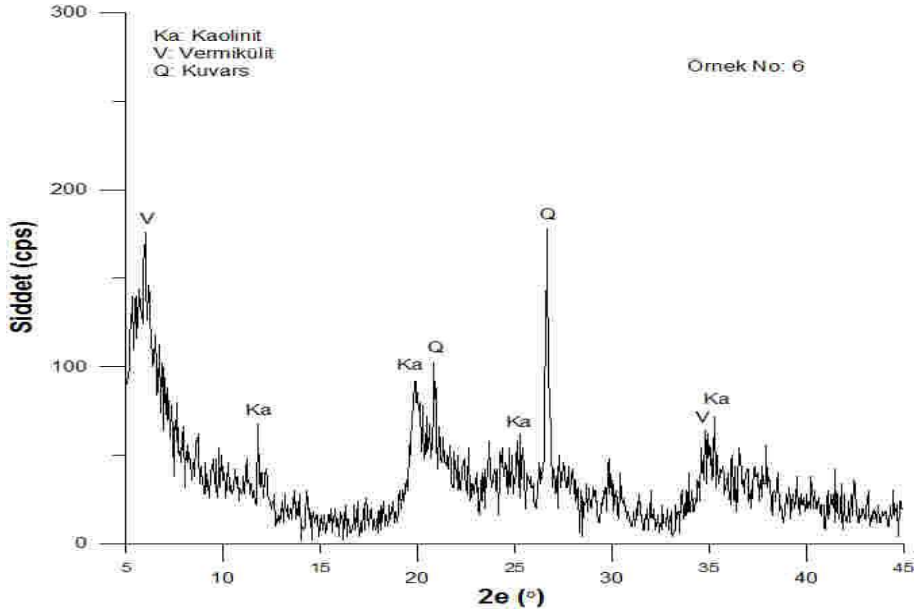
Şekil 46. 3 nolu örneğe ait XRD difraktogramı



Şekil 47. 4 nolu örneğe ait XRD difraktogramı



Şekil 48. 5 nolu örneğe ait XRD difraktogramı

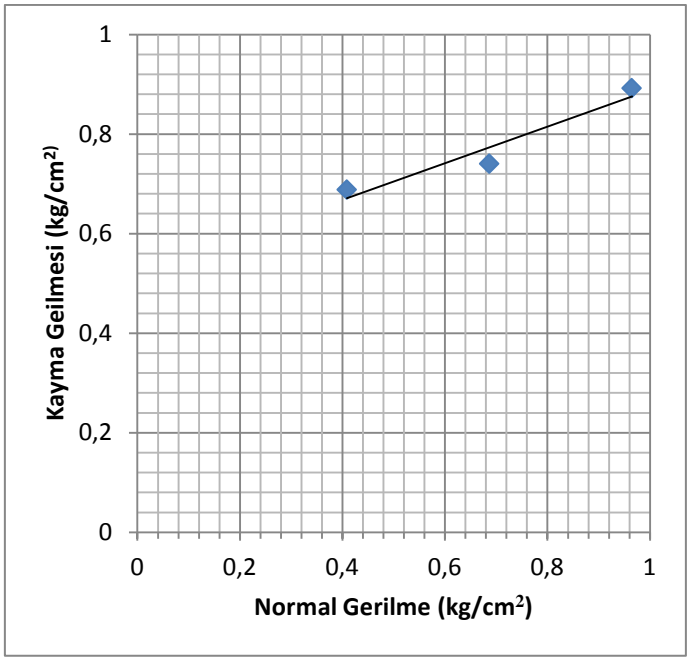


Şekil 49. 6 nolu örneğe ait XRD difraktogramı

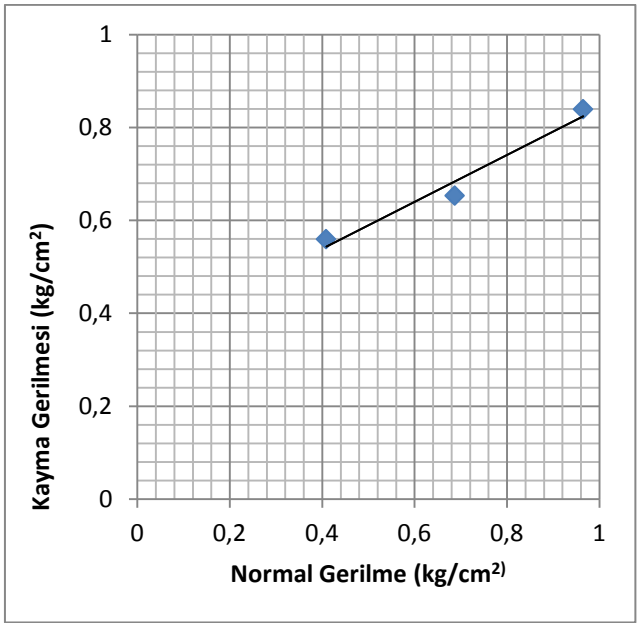
Sonuçlara göre az miktarda kuvars saptanmış ve kil türlerinin Kaolinit, Vermikülit, Simektit ve İllit olduğu belirlenmiştir.

3.7.3. Zeminin Kayma Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi

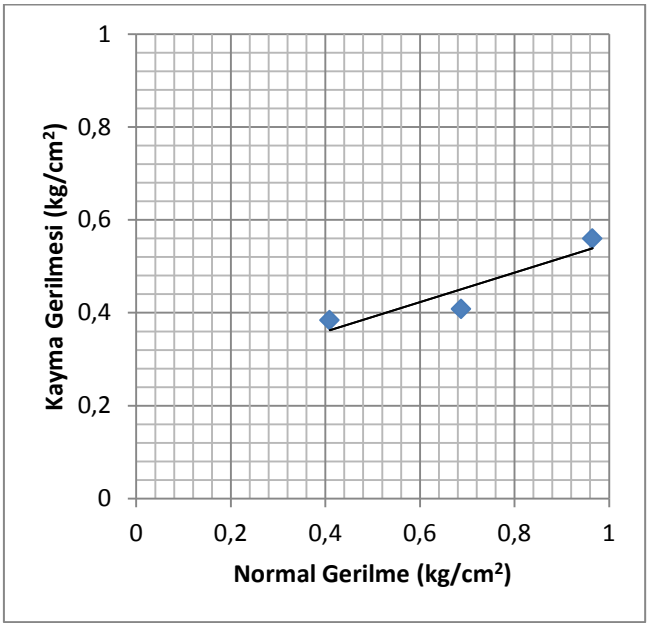
Zemin kayma dayanımı parametreleri olan içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlemek amacıyla kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen normal gerilme ve kayma gerilmesi değerleri Tablo 38'de , bu değerler kullanılarak çizilen normal gerilme-kayma gerilmesi grafikleri ise Şekil 50,51,52,53,54'de verilmiştir.



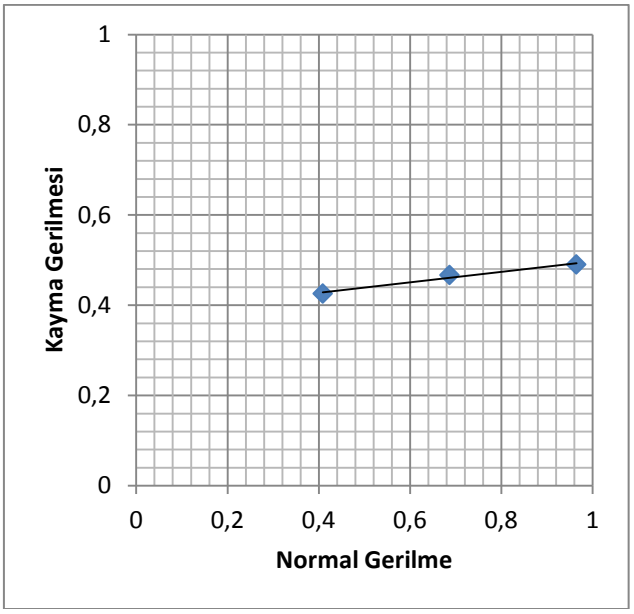
Şekil 50. 1 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği



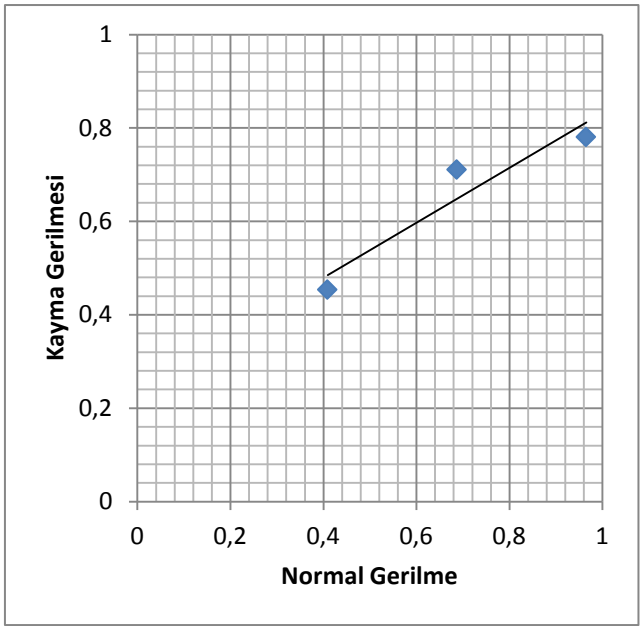
Şekil 51. 2 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği



Şekil 52. 3 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği



Şekil 53. 5 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği



Şekil 54. 6 nolu örneğe ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği

Tablo 39. Kesme kutusu deneyi sonuçları

Örnek No	c (kg/cm^2)	$\emptyset'$
1	0,52	20,14
2	0,33	26,73
3	0,23	17,56
5	0,38	6,59
6	0,24	30,45

Örneklerin içsel sürtünme açılarının 6,59^o ile 30,45^o arasında, kohezyonun ise 0,23 ile 0,52 kg/cm^2 arasında değişen değerler aldığı belirlenmiştir.

Tablo 40. Kesme kutusu deneyleri sonunda elde edilen normal ve kayma gerilmesi değerleri

Örnek No	Düşey Yük (kN/m^2)					
	14,745		24,745		34,745	
	Normal Gerilme (σ) kg/cm^2	Kayma Gerilmesi (τ) kg/cm^2	Normal Gerilme (σ) kg/cm^2	Kayma Gerilmesi (τ) kg/cm^2	Normal Gerilme (σ) kg/cm^2	Kayma Gerilmesi (τ) kg/cm^2
1	0.409	0.688	0.687	0.74	0.965	0.892
2	0.409	0.559	0.687	0.653	0.965	0.839
3	0.409	0.384	0.687	0.408	0.965	0.560
4	0.409	0.373	0.687	0.513	0.965	0.781
5	0.409	0.437	0.687	0.577	0.965	0.6
6	0.409	0.466	0.687	0.73	0.965	0.8

Serbest basınç deneyi sonucunda zeminin kıvamı belirlenmiştir (Tablo 40). deneyler sonucunda örneklerin serbest basınç mukavemeti ve kayma mukavemeti değerleri elde edilmiştir (Tablo 41).

Tablo 41. Serbest basınç deneyi ile belirlenen zemin kıvamları

Örnek No	Zemin Kıvamı
1	Orta sert
2	Sert
3	Sert
4	Sert
5	Sert
6	Sert

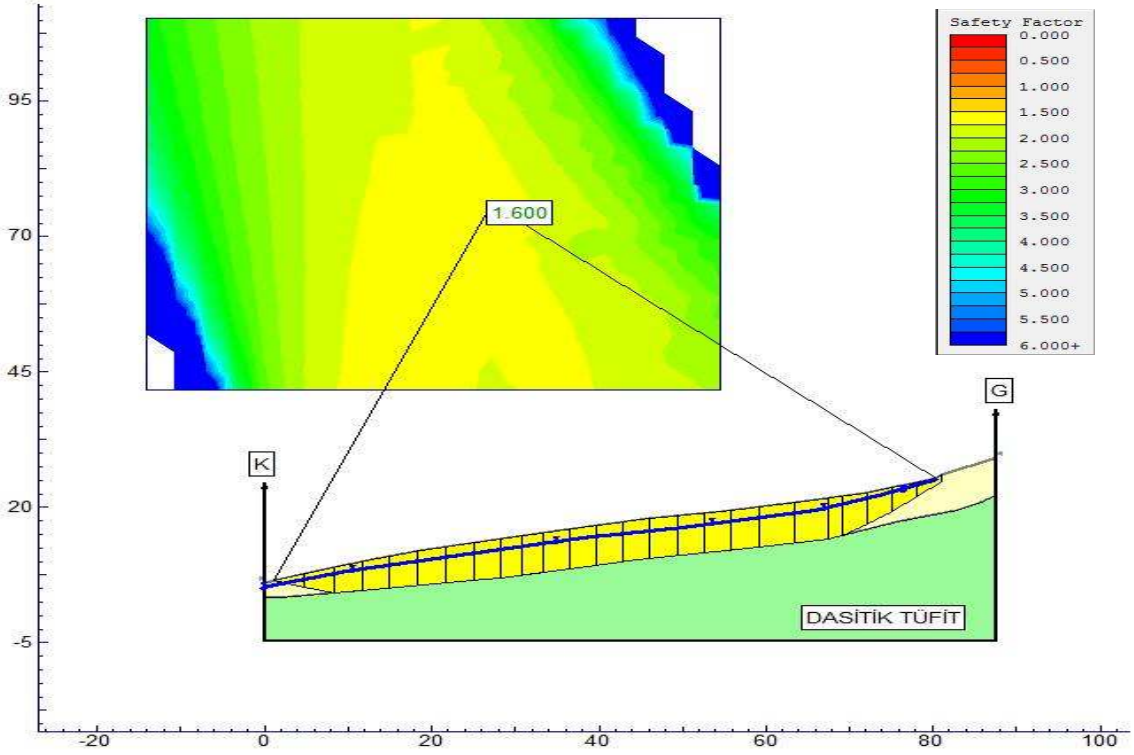
Tablo 42. Serbest basınç deneyi sonuçları

Örnek No	P_f (kg)	ΔH (cm)	A_0 (cm^2)	A_f (cm^2)	c (kg/cm^2)	Serbest Basınç Dayanımı (qu)(kg/cm^2)
1	14,41	0,32	8,042	8,189	0,88	1,76
2	21,97	0,42	7,84	8,08	1,36	2,72
3	14,372	0,46	6,469	6,641	1,082	2,164
4	25,85	0,28	8,24	8,373	1,544	3,088
5	19,564	0,16	6,559	6,618	1,478	2,956
6	18,154	0,53	6,649	6,655	1,364	2,728

3.7.4. Heyelanlı Sahanın Geriye Dönük Analizi

Heyelanlı sahanın stabilitesini belirlemek amacıyla limit denge şev stabilite analizi yapan Slide bilgisayar programı kullanılmıştır. Slide zemin şevleri için güvenlik sayılarının hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar programıdır. Program ile değişken özellikler gösteren, farklı geometrilerdeki yüzeyler gibi basit ve karmaşık problemler modellenebilmekte, boşluk suyu basıncı etkisi, zemin özellikleri ve çeşitli analiz yöntemleri ile yükleme koşulları belirlenebilmektedir. Ayrıca, programda analiz yaparken heterojen zemin tipleri ve karmaşık stratigrafik durumlarda değerlendirilebilmektedir. Analizler limit denge analizlerine göre yapılabildiği "Phase^2" (Plastic Hybrid Analaysis of Stress of Estimation of Support) programında altlık olarak kullanıldığında ise sonlu elemanlar analizi de yapılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, heyelanlı sahada yapılan araştırma sondajlarından elde edilen birim kalınlıklarından yararlanılarak heyelanlı sahanın jeolojik kesiti çizilmiştir. Daha sonra laboratuar çalışmalarıyla elde edilen birim hacim değerleri ve kayma direnci parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) kullanılarak zeminin özellikleri tanımlanmıştır. Analizlerde Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılmış olup, kayma şekli olarak düzlemsel-dairesel kayma türleri seçilmiştir. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre Gk: 1.605 olarak belirlenmiştir.



Şekil 58. Heyelanlı sahada yapılan geriye dönük Basitleştirilmiş Janbu kayma analizi

Şekil 59. Heyelanlı sahanın görünümü

Şekil 60. Heyelanlı alanda oluşmuş gerilme çatlağı

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Karadeniz Sahil Yolu geçişi sırasında meydana gelen heyelan, arazi ve laboratuar çalışmaları ile araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Çalışma alanının 1/10.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmış ve 2 litostratigrafik birim ayırtlanarak bunların stratigrafik ve petrografik özellikleri ortaya konmuştur. Ayırtlanan litostratigrafi birimlerinin yaşlıdan gence doğru sıralanışı şöyledir:
   - Çağlayan Formasyonu (Üst Kretase)
   - Alüvyon (Kuvaterner)
2. Yamaçtan alınan zemin numuneleri ile yapılan deneyler sonucunda zeminlerin özgül ağılığının 2.76 ile 2.78 gr/cm^3, doğal birim hacim ağırlığının 1.52- 1.80 gr/cm^3, kuru birim hacim ağırlığının 1.05- 1.33 gr/cm^3, doygun birim hacim ağırlığının 1.53- 1.81 gr/cm^3 ve batık birim hacim ağırlığının 0.53- 0.81 gr/cm^3 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
3. Zeminler ortalama % 43.16 kil, % 22.25 silt, % 32 kum ve % 2.58 çakıl içermektedir.
4. Zeminlerin likit limitlerinin % 51 ile % 68, plastik limitlerinin % 31 ile % 44, rötre limitlerinin % 29 ile % 33, plastisite indisinin % 19 ile % 24, likitlik indisinin -0.079 ile 0.333, kıvam indisinin 0.337 ile 1.079, aktivite katsayısının 0.35 ile 0.61 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
5. Zeminlerin Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre MH(kumlu elastik silt) olarak adlandırıldığı, kıvamlılıklarının çok katı, katı, orta ve yumuşak, aktivitelerine göre aktif olmayan kil içerdiği, şişme potansiyeline göre orta potansiyelde oldukları tespit edilmiştir.
6. Zeminlerin X-Ray difraktometre çekimlerine göre kil türlerinin kaolinit, illit, vermikülit ve simektit olduğu saptanmıştır.
7. Zeminlerin içsel sürtünme açılarının (Ø) 6.59^o ile 30.45^o arasında, kohezyonun (c) 0.23 ile 0.52 kg/cm^2 arasında ve serbest basınç mukavemetlerinin 1.76 ile 2.956 kg/cm^{2}değiştiği tespit edilmiştir.
8. Yamacın geriye dönük analizini yapmak için şev stabilite analizi yapan “Slide” bilgisayar programından yararlanılmış olup, yapılan analizler sonucunda

güvenlik katsayısı değeri Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre GS: 1.605 olduğu tespit edilmiştir.

9. Heyelanın oluşum koşulları incelendiğinde, Karadeniz Sahil Yolu'nun inşası, yamaca yapılan binanın ve yer altı suyunun yamacın dengesini bozarak heyelana neden olduğu saptanmıştır.
10. Karayolları tarafından heyelanlı sahanın stabilitesinin sağlanması için;
    - Harçlı iksa duvarı (taş duvar)
    - Topuk dolgusu
    - Yüzey ve yer altı suyu drenajı yapılmıştır.
11. Heyelan kütlesi üzerinde kesinlikle herhangi bir yapılaşmaya izin verilmemesi uygun bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

ASTM D 422-63, 1198. Standard Test Method for Particle- Size Analysis of Soils, ASTM, Philedelphia.

ASTM D 854-02, 1198. Standard Test Method for Gravity of Soil, 1985, Annual Book of ASTM Standards, Sec. 4, Vol 04.08, Soil and Rock; Building Stones, American Society for Testing and Meterials, Philedelphia, USA.

Arıoğlu, E. ve Tokgöz, N., 2005. Çözümlü Problemlerle Şev Stabilite Analizi, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Aytekin, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği, Genişletilmiş II. Baskı, Teknik Yayınevi, Ankara.

Bishop, A.W., 1955. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes, Geotechnique, 5.

Burmister, D.M., 1962. Physical Stress-Strain and Strength Responses of Granular Soils, ASTM, STP, 322.

Çellek, S., 2007. Gerze (Sinop) yöresindeki aktif heyelan alanlarının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,128.

Duncan, J.M. ve Wright S.G., 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı, Kayabalı K., Gazi Kitapevi, Ankara.

Erkan, O., 2010. Kürtün Barajı (Kürtün- Gümüşhane) göl alanı sol yamacındaki heyelan alanının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,44.

Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin 1/250.000 Ölçekli Komplikasyonu, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara, (Yanyınlanmamış).

Genç, D., 2008. Zemin Mekaniği ve Temeller, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 100, Ankara.

Haliloğlu, S.B., 1997. Heyelan analizinde kullanılan yöntemler ve sayısal çözümleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon,1998.

Hunt, R.E., 1968. Geotecnical Enginnering Tecniques and Partices, McGraw-Hill, USA.

Janbu, N., 1954. Stability Analysis of Slopes with Dimensional Parameters, Harvard Soil Mech. Series, No. 46, Harvard University, Cambridge.

Leonards, G.A., 1976. Estimating Consolidation Settlement of Shallow Foundations on Overconsolidated Clay, Transportation Research Board, Washington D.C.

Mitchell, J.K., 1981. Soil Improvement – State of the Art Report, Proc. 10th International Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, 509- 65.

Önalp, A., Kılıç, C., 1994. " Doğu Karadeniz Killerinde Likit Limitin Tek Nokta Yöntemiyle Bulunması," Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, ODTÜ, Ankara, 155-160.

Önalp, A., 2002. Geoteknik Bilgisi I, Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Özaydın, K., 2008. Zemin Mekaniği, Genişletilmiş Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Özdoğan, Ş., 2010. Torul barajı (Torul- Gümüşhane) göl alanı sağ ve sol sahillerinin duraylılığının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ktü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,152.

Seed, H.B., Woodward, R.J., ve Lundren, R., 1962. Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 88.

TSE, 1991. TS 8853, Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metotları- Zeminde, Ankara.

Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, II. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Ankara.

Uzuner, B.A., 2007. Temel Zemin Mekaniği, VII. Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon.

URL-1http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m =GIRESUN. 13 Nisan 2011.

URL-2 http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx 13 Nisan 2011.

Ünsal, N., 2004. Heyelanlar ve Kütle Hareketleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Ankara.

Yalçın, A., 2000. Kanlıca (Giresun-Yağlıdere) Heyelanı ve Çevresindeki Yamaçların Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 122.

Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka- Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşim ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,175.

6. EKLER

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-1
SAYFA Page	No :	1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 1.40 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+118.35 - 45.57 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 6.65 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 12.00 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 13.04.2003 - 14.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 17.62 m.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 647.79
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: SM-103 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 455.07

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR.	RQD %	LUGEON
0		0.00						Bitkisel Toprak 0.20m							
1	K-1												100		
		1.50						Kahverengi-yeşilimsi kahverengi, orta katı, orta plastisiteli, kumlu SİLT, nemli, %40-45 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)							
2	SPT-1	1.95	2	3	3	6	6								
	P1	2.40											100		
	K-2														
3		3.00													
	SPT-2	3.45	3	4	5	9	9								
	K-3							3.80m					100		
4		4.00						Kahverengi-yeşilimsi kahverengi, orta sıkı, çakıllı siltli KUM, nemli, %10-15 ince-iri çakıl, %20-25 ince malzeme. (Rezidüel Tüfit)							
	UD-1	4.50													
	SPT-3		6	6	7	13	13								
5		4.95													
	P2	5.40											100		
6	K-4	6.00						5.60m Kumlu SİLT (Tanımı 2/2'de)							

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (C)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi / Core Sample	LOGU YAPAN / Logged By		KONTROL / Checked	
D	Örselenmiş Numune / Disturbed sample	P	Presiyometre Deneyi / Pressuremeter Test	İSİM / Name	Özgür AVŞAR / Jeo.Müh.		
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi / Vane Shear Test	İMZA / Sign			

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-1
SAYFA Page No: 2/2

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00	6	7	10	17	17	Kahverengi, çok katı, orta plastisiteli kumlu **SİLT**, nemli (Rezidüel Tüfit)							
		6.45													
	UD-2	6.50						6.70m							
7	K-5	6.90						**KUMTAŞI - KONGLOMERA;** Sarımsı kahverengi-koyu kahverengi, ufalanabilir, çok zayıf, tamamen ayrışmış Kumtaşı ile; kahverengi ufalanabilir, çok zayıf - tamamen ayrışmış gevşek çimentolu %50-60 oranında max. 5-7 cm. varan, yuvarlak, sert parça içeren Konglomera ardalanması. 6.70 - 8.20 m. arası Kumtaşı 8.20 - 9.10 m. arası Konglomera 9.10 - 9.40 m. arası Kumtaşı 9.40 -10.10 m. arası Konglomera 10.10-10.30 m. arası Kumtaşı		IV V	V		100	0
		7.50													
	SPT-5		12	14	20	34	34								
8		7.95													
	K-6												19	0	
9		9.00													
	SPT-6		25	25	22	47	47								
		9.45													
	K-7												8	0	
10		10.25	50	-	-	R	R	10.30m							
	SPT-7	10.26	1					**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmıştır. Süreksizlikler 11.70 m'de 10°, açık, pürüzlü.		III	III	W	100	100
	K-8	10.50													
11	K-9												100	100	
	P3	11.40													
12		12.00													
13								**KUYU SONU : 12.00 m.**							
14															
15															
16															

Not : Kuyuya 12.00m. ϕ 50 mm' lik Perfore PVC boru indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-2	
SAYFA Page	No :	1/3	

ROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 89 mm.
ONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 9.75 m.
LOMETRE / Chainage	: 1+120.10 - 80.57 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 15.00 m.
ONDAJ DER. / Boring Depth	: 16.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 15.04.2003 - 16.04.2003
ONDAJ KOTU / Elevation	: 24.34 m.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 662.50
ONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: SM-103 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 421.08

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu/Run	Darbe Sayısı Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik Graph
0		0.00					
		0.30					
1	K-1						
		1.50					
	SPT-1		4	4	4	8	8
2		1.95					
	P1	2.40					
	K-2						
3		3.00					
	SPT-2		5	4	5	9	9
		3.45					
4	K-3						
		4.50					
	SPT-3		5	3	6	9	9
5		4.95					
	P2	5.40					
	K-4						
6		6.00					

JEOTEKNİK TANIMLAMA
Geotechnical Description

Profil Profile	Dayanımlılık/Strength	Ayrışma / Weathering	Kırık / Fracture (30cm)	Karot%(TCR)/T.Core R.	RQD %	Lugeon
Bitkisel Toprak — 0.30m						
Kahverengi, gevşek, silti KUM, nemli, %30-45 ince malzeme, eser ince çakıl. (Rezidüel Tüfit)				98		
				90		
				100		
— 5.50m —				94		
Kumlu SİLT (Tanımı 2/3' de)						

DAYANIMLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.Weak
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.
IV	ÇOK AYR.	Highly W.
V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.

İNCE DANELİ / Fine Grained		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ/Coarse Grained		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
% 25-50	ZAYIF	Poor
% 50-75	ORTA	Fair
% 75-90	İYİ	Good
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Moderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-20	AZ	Little
% 20-50	ÇOK	Very

SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
D	Örselenmiş Numune / Disturbed sample	P	Presiyometre Deneyi / Pressuremeter Test
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi / Vane Shear Test

LOGU YAPAN Logged By		KONTROL Checked
İSİM Name	Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA Sign		

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-2
SAYFA Page No: 2/3

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00	5	2	6	8									
		6.45													
7	K-5												100		
		7.50													
	SPT-5		5	7	9	16									
8		7.95						Kahverengi, orta katı-çok katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, eser ince çakıl, %30-40 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)							
	P3	8.40											100		
	K-6														
9		9.00													
	SPT-6		6	6	11	17									
		9.45													
	K-7												95		
10		10.10													
	K-8												100		
		10.50													
	SPT-7		4	10	14	24		10.80m							
11		10.95						**KUMTAŞI;** Kahverenkli-gri renkli, ufalanabilir, çok zayıf, tamamen ayrışmış, gevşek çimentolu, süreksizlikler gözlenemiyor.		V	V		32	0
	K-9	11.40													
12	SPT-8	12.00 / 12.12	50/12	-	-	R		12.20m							
								KONLOMERA; Muhtelif -gri renkli, ufalanabilir, zayıf-çok zayıf, çok-tamamen ayrışmış kumtaşı matrix içinde; %50-60 max. 5-6 cm, sert, dayanımlı - az ayrışmış yuvarlak parçalar içerir.		IV	IV		9	0
13	K-10														
	SPT-9	13.50 / 13.56	50/6	-	-	R									
14	K-11												31	18	
								14.50m							
15		15.00						**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. *Süreksizlikler gözlenmiyor.*		III / IV	III		96	96
	K-12														
16	P4	15.90													

LOGU YAPAN
Logged By
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.
İMZA Sign

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-2
SAYFA Page No: 3/3

KURNAZ DERİNLİĞİ Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
16	K-12	16.00 16.50						**DASİTİK TÜF;** (Tanımı sayfa 2/3 dedir.)	II II II II	III IV	III		96	96	
								KUYU SONU : 16.50 m.							
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															

Not : Kuyuya 16.50m. ϕ 50 mm ' lik Perfore PVC boru indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yuksel proje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-3
SAYFA Page	No :	1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 9.80 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+128.50 - 136.65 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 12.00 m. HW
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 13.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 02.03.2003 - 04.03.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 38.03 m	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 690.17
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: FOREMOST MOBILE-ROTRAY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 371.61

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANAMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TORYT.Core)	RQD %	LUGEON
0		0.20						**Bitkisel Toprak;** Koyu kahverengi, kumlu **KİL**. Organik-inorganik artıklı							
								0.50m							
1	K-1							Kahverengi, katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, %35-40 ince-orta kum. (Reziduel Tüfit)					80		
		1.50													
	SPT-1		4	5	5	10	10								
2		1.95													
								2.20m							
	P1	2.40													
	K-2												78		
3		3.00													
	SPT-2		6	8	10	18	18								
		3.45						Sarımsı-yeşilimsi kahverengi, orta sıkı, siltli **KUM**, nemli, %15-40 ince malzemeli, eser- %10 ince-orta çakıl. (Reziduel Tüfit)							
4	K-3												35		
		4.50													
	SPT-3		4	11	9	20	20								
5		4.95													
	P2	5.40											87		
6	K-4	6.00						Kumlu **SİLT** (Tanımlı 2/2 dedir.) 5.80m							

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-60	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	K	Karot Numune Testi Core Sample	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
D	Orselenmiş Numune Disturbed sample	P	Presiyometrik Deney Pressuremeter Test	İSİM Name: Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
UD	Orselenmemiş Numune Undisturbed Sample	VS	Veyn Deney Vane Shear Test	İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06810 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-3
SAYFA Page No: 2/2

Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Cinsi Samp. Type	Manevra Boyu Run	Standart Penetrasyon Deneyi Darbe Sayısı 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik 10 20 30 40 50 60	Jeoteknik Tanımlama Geotechnical Description	Profil Profile	Dayanımlılık Strength	Ayrışma Weathering	Kırık Fracture (30cm)	Karot%(TCR) Core R	RQD %	Lugeon
6	SPT-4	6.00	7	10	14	24	24	Yeşilimsi kahverengi, çok katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, %15-40 ince-orta kum. (Rez. Tüfit)							
		6.45													
	UD-1	6.50						6.80m							
7	K-5	7.00						**TÜFİT ;** Kahverengimsi yeşil-kahverengi, ufalanabilir, zayıf-çok zayıf, tamamen ayrışmış(ufalanabilir, kum boyutuna kadar). Süreksizlikler izlenememesine rağmen yer yer MnO boyalar gözlenmiştir.					84	0
		7.50													
	SPT-5		20	22	25	47	47								
8		7.95													
	P3	8.40											84	0	
	K-6							9.40m							
9		9.00						**KONGLOMERA;** Muhtelif gri renkli, dağılgan, zayıf-çok zayıf, çok ayrışmış kumtaşı matriks içinde; %50-70 oranında, max. 7 cm varan, sert yarı yuvarlak-yuvarlak, genellikle volkanik orijinli, dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış parçalar içerir. Süreksizlikler, zayıf çimentolanma nedeniyle izlenemiyor.						
	SPT-6		34	30	29	59	59								
		9.45													
	K-7												12	0	
10										III	IV				
	SPT	10.50	50	-	-	R	R			IV	V				
		10.53	3												
11	K-8												57	21	
								11.50m							
12		12.00						**DASİTİK TÜF;** Yeşil-kahverengimsi yeşil, orta sert, orta zayıf-orta dayanımlı, orta derecede ayrışmıştır. Süreksizlikler 10°, 45°, 60°, açık, seyrek, pürüzlü-ondüleli, Mno boyalı		II	III	W		
	K-9									III		M			
	P4	12.90											100	85	
13															
		13.50													
14								**KUYU SONU : 13.50 m.**							
15															
16															

Not : Kuyuya 13.50m. ϕ 50 mm 'lik Perfore PVC boru indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-4
SAYFA Page No: 1/3

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 12.35 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+115.20 - 162.52 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 13.50 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 16.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 02.04.2003 - 04.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 41.29 m	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 686.89
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: SOILMEC SM-103 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 342.68

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Core R.	RQD %	LUGEON
0		0.00						**Bitkisel Toprak;** Kahverengi, Kumlu Çakıllı, **KİL**, organik-inorganik artıklı.							
		0.30						0.60m							
1	K-1												61		
		1.50													
	SPT-1		2	2	2	4	4								
2		1.95													
	P1	2.40						Kahverengi, yumuşak, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, %40-45 ince-orta kum. (Reziduel Tüfit)					32	
	K-2														
3		3.00													
	SPT-2		2	1	3	4	4								
		3.45													
4	K-3							4.00m					51		
		4.50													
	SPT-3		3	1	4	5	5	Kahverengi, çok gevşek-gevşek, çakıllı siltli **KUM**, nemli, %20-25 ince malzeme, %10-40 ince-iri çakıl. (Reziduel Tüfit)							
5		4.95													
	P2	5.40											27		
6	K-4	6.00													

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			INCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi Core Sample	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
D	Örselenmiş Numune Disturbed sample	P	Presiyometre Deneyi Pressuremeter Test	İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	VS	Vane Deney. Vane Shear Test	İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-4
SAYFA Page No: 2/3

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KİRİK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00	2	2	2	4		Kahverengi, çok gevşek-gevşek, çakıllı siltli **KUM**, nemli, %20-25 ince malzeme, %10-40 ince-iri çakıl. (Reziduel Tüfit)							
		6.45													
7	K-5												28		
								7.30m							
		7.50													
	SPT-5		3	3	5	8									
8		7.95						Sarımsı-yeşilimsi kahverengi, orta katı-katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, %10-40 ince-orta kum. (Reziduel Tüfit)							
	UD-1	8.00													
		8.50													
	K-6												100		
	P3	8.90													
9	SPT-6	9.00	6	7	8	15									
		9.45													
								9.60m							
10	K-7							**TÜFİT-KONGLOMERA;** Kahverengimsi yeşil ufalanabilir kum boyutuna kadar ayrışmış Tüfit ile zayıf çimentolu Konglomera arasında geçiş zonudur.		V	V		31	0	
	SPT-7	10.50	32	50/12	-	R									
		10.77													
11	K-8												10	0	
								11.50m							
12	SPT-8	12.00	50/1	-	-	R		**KONLOMERA;** Gri-kahverengi, zayıf çimentolu kumtaşı matriks içinde, %60-70 oranında max. 17 cm varan sert, dayanımlı, yuvarlak parçalar içerir.		III IV	IV				
		12.01													
13	K-9												64	16	
								13.30m							
		13.50						**DASİTİK TÜF;** koyu yeşil-mavimsi yeşil, orta sert, orta zayıf-orta dayanımlı, orta derecede ayrışmıştır. Süreksizlikler 10°, 45°, 60°, açık, pürüzlü, seyrek, Mno boyalıdır. 14.80 m'deki 10° eğimli kırıkta 3 cm'lik zon, kahverengimsi yeşil renkli termal ayrışma zonu.							
14	K-10														
	P4	14.40								III IV	III IV	VV M	96	96	
15		15.00													
	K-11												95	82	
16															

LOGU YAPAN
Logged By
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.
İMZA Sign:

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yuksalproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No : SK-4
SAYFA Page No : 3/3

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows: 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Core%	RQD %	LUGEON
16	K-11	16.00 16.50						DASİTİK TÜF; (Tanımı sayfa 2/3 dedir.)	II II II II	III IV	III IV	W M	95	82	
								KUYU SONU : 16.50 m.							
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															

Not : Kuyuya 16.50m. ϕ 50 mm 'lik Perforasyon borusu indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-5İ
SAYFA Page No: 1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 10.20 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+098.20 - 130.75 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 13.70 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 13.70 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 05.04.2003 - 06.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 34.43	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 659.77
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: B53 FM - ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 366.36

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description
0		0.20						Bitkisel Toprak; 0.30m
1	K-1							Kahverengi, gevşek, siltli KUM, nemli %25-30 ince malzeme, eser- %5 ince çakıl. (Rezidüel Tüfit)
		1.80						
	SPT-1		3	3	2	5	5	
2		1.95						
	P1	2.40						
	K-2							
3		3.00						2.90m
	SPT-2		5	4	4	8	8	Yeşilimsi-sarımsı kahverengi, orta katı, orta plastisiteli, kumlu SİLT, nemli, eser çakıl, %25-30 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)
		3.45						
4	K-3							
		4.50						4.30m
	SPT-3		20	7	10	17	17	Açık-koyu kahverengi, orta sıkı, çakıllı siltli KUM, nemli %20-25 ince malzeme, %15-30 ince-orta çakıl. (Rezidüel Tüfit)
5		4.95						
	P2	5.40						
6	K-4	6.00						

PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROTİK(TCR)/T.Core(R.	RQD %	LUGEON
				62		
				46		
				100		
				88		

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi Core Sample	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
D	Örselenmiş Numune Disturbed sample	P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test	İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi Vane Shear Test	İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-5İ
SAYFA Page No: 2/2

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU /Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Core R	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00	9	9	15	24	24	Çakıllı siltli KUM. (Tanımı 1/2 dedir.)							
		6.45						6.60m							
	K-5														
7	P3	6.90						TÜFİT; Açık-koyu kahverenkli, ufalanabilir, zayıf-çok zayıf, çok-tamamen ayrışmış. Süreksizlikler ayrışma nedeniyle gözlenemiyor. Yer yer aglomeratik seviyeler gözleniyor.		IV V	IV V		30	0	
		7.50													
	SPT-5		20	26	21	47	47								
8		7.95													
	K-6												79	0	
9		9.00													
	SPT-6		31	45	47	92	92								
		9.45						9.40m							
10	K-7							FİLİŞ (KUMTAŞI, SİLTTAŞI MARN ARDALANMASI); Muhtelif renkli, orta sert, orta zayıf, orta yer yer çok ayrışmış. Süreksizlikler 0°, açık, sık, kaygan, Mno boyalı (Tabaka düzlemleri), 45° açık, seyrek, pürüzlü, Mno boyalı, 45°-60°, kapalı, orta, temiz.		III	III IV	M Cl	100	27	
		10.50													
11	K-8														
	P4	11.40											100	97	
								11.30m							
12		12.00						DASİTİK TÜF; Yeşil renkli, orta sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. Aglomeratik seviyeler içerir.		III IV	III				
13	K-9												97	97	
		13.50													
	K-10	13.70											95	95	
14								KUYU SONU : 13.70 m.							
15															
16															

Not : Kuyuya 13.70 m. İnklinometre probu indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmış ve kilitlenmiştir.

LOGU YAPAN Logged By
İSİM Name: Özgür AVŞAR Jeo.Müh.
İMZA Sign

KONTROL Checked

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilfik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 30 FAX: (312) 495 70 24
www.yuksalproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-6
SAYFA Page	No :	1/2

ROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 89 mm.
ONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 11.30 m.
ILOMETRE / Chainage	: 1+086.59 - 91.80 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 12.50 m.
ONDAJ DER. / Boring Depth	: 15.00 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 05.04.2003 - 07.04.2003
ONDAJ KOTU / Elevation	: 22.88	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 635.14
ONDAJ MAK.&YÜNT./D.Rig & Met.	: SM 103 - ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 398.66

Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Maneyra Boyu/Run	Standart Penetrasyon Deneyi – Standart Penetration Test: Darbe Sayısı Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik Graph (10 20 30 40 50 60)	Jeoteknik Tanımlama Geotechnical Description	Profil Profile	Dayanımlılık/Strength	Ayrışma/Weathering	Kırık/Fracture (30cm)	Karot%(TCR)/T.Core R.	RQD %	Lugeon
0		0.30						**BİTKİSEL TOPRAK** 0.20m							
1	K-1												76		
	SPT-1	1.50	1	2	3	5	5	Kahverengi, orta katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, nemli, eser ince çakıl, % 35-40 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)							
2	UD-1	1.95 2.00													
	K-2	2.50											100		
3	P1	2.90 3.00													
	SPT-2	3.45	2	3	4	7	7								
4	K-3												67		
								4.30m							
	SPT-3	4.50	3	6	14	20	20	Sarımsı kahverengi, orta sıkı, çakıllı siltli **KUM**, nemli, %25-30 ince malzeme, %10-15 ince-orta çakıl. (Rezidüel Tüfit)							
5	K-4	4.95											42		
								5.60m							
6		6.00						Kumlu **SİLT** (Tanımı 2/2 dedir.)							

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi – Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi – Core Sample	LOGU YAPAN – Logged By	KONTROL – Checked
D	Örselenmiş Numune – Disturbed sample	P	Presiometre Deneyi – Pressuremeter Test	İSİM – Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
UD	Örselenmemiş Numune – Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi – Vane Shear Test	İMZA – Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No : SK-6
SAYFA Page No : 2/2

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00–6.45	7	12	10	22								
7	P2 K-5	6.90–7.50					Muhtelif renkli, çok katı, orta plastisiteli, kumlu **SİLT**, eser çakıl, %40-45 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)					34		
	SPT-5	7.95	8	8	10	18								
8	K-6						8.20m					46	0	
9	SPT-6	9.00–9.45	11	14	17	31	**KUMTAŞI;** Grimsi kahverenkli, ufalanabilir,gevşek çimentolu zayıf-çok zayıf,çok-tamamen ayrışmış. Yer yer konglomeratik seviyeler içerir. Süreksizlikler gözlenemiyor.							
10	K-7								IV V	IV V		31	0	
	SPT-7	10.50–10.55	50/5	-	-	R								
11	K-8											25	0	
							11.30m							
12	SPT-8	12.00–12.05	50/5	-	-	R	**KUMTAŞI;** Yeşilimsi kahverenkli, az sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış.		III	III				
							12.40m							
13	K-9 P3	13.20–13.50					**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. Aglomeratik seviyeler içerir. Süreksizlikler gözlenmiyor.		II III	III		78	78	
14	K-10											100	100	
15		15.00					KUYU SONU : 15.00 m.							
16														

Not : Kuyuya 15.00m. ϕ 50 mm 'lik Perfore PVC borusu indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.
İMZA Sign

KONTROL Checked

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahalleri 5. Cadde No:41
06810 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No : SK-7
SAYFA Page No : 1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 1.30 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+088.70 - 73.38 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 15.30 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 15.30 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 07.04.2003 - 09.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 20.55	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 630.48
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: SM 103 - ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 416.60

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows: 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROTY%(TCR)/T.Core%	RQD %	LUGEON
0		0.25						Bitkisel Toprak; 0.30m							
1	K-1												68		
		1.50													
	SPT-1	1.95	2	2	3	5	5								
2	P1	2.40						Kahverengi-yeşilimsi kahverengi, yumuşak-katı, orta plastisiteli, kumlu SİLT, nemli, eser ince çakıl, %35-45 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)				62		
	K-2														
3		3.00													
	SPT-2	3.45	1	2	2	4	4								
	UD-1	3.50													
4		4.00											100		
	K-3														
		4.50													
	UD-2														
5		5.00													
	SPT-3		2	3	6	9	9								
		5.45													
	K-4	5.80						5.70m Siltli KUM (Tanımı 2/2'de)					40		
6	P2	6.00													

DAYANIMLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.Weak
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.
IV	ÇOK AYR.	Highly W.
V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.

İNCE DANELİ / Fine Grained		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ/Coarse Grained		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
% 25-50	ZAYIF	Poor
% 50-75	ORTA	Fair
% 75-90	İYİ	Good
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Moderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-20	AZ	Little
% 20-50	ÇOK	Very

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test
D	Örselenmiş Numune Disturbed sample
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample
K	Karot Numuneleri Core Sample
P	Presiyometre Deneyi Pressuremeter Test
VS	Veyn Deneyi Vane Shear Test

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-7İ
SAYFA Page No: 2/2

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Core%	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00 / 6.45	4	5	6	11	11	Yeşilimsi kahverengi, orta sıkı, siltli **KUM**, nemli, %40-45 ince malzeme, eser ince çakıl. (Rezidüel Tüfit)							
								6.80m							
7		7.50													
	SPT-5	7.95	24	19	22	41	41	**KUMTAŞI;** Kahverenkli, çok zayıf, tamamen ayrışmış, gevşek çimentolu, yer yer 10-30 cm kalınlıkta konglomeratik seviyeler içerir.							
8	SPT-6	8.00	7	10	14	24	24			V	V				
	K-5 / P3	8.45 / 8.80											100	0	
9	SPT-7	9.00 / 9.25	20	25	50/5	R	R								
10	K-6												38	0	
	SPT	10.50 / 10.51	50/1	-	-	R	R	10.50m							
11	K-7												47	0	
12		12.00						**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. 14.70 m'de tek 70° kapalı kalsit dolgulu.							
13	K-8									III IV	III	W	75	72	
		13.50													
14	K-9 / P4	14.40											93	93	
15	K-10	15.00 / 15.30											93	93	
16								**KUYU SONU : 15.30 m.**							

Not : Kuyuya 15.30 m. İnklinometre probu [illegible] kuyu ağzı betonu yapılmış ve kilitlenmiştir.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
İMZA Sign:	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilkent Mahalleisi 9. Cadde No:41
06810 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-8İ
SAYFA Page	No :	1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 0.90 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+100.36 - 41.25 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 14.00 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 13.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 10.04.2003 - 12.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 17.44 m.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 630.15
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: SM 103 -ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 450.85

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.Core%	RQD %	LUGEON
0		0.30						Bitkisel Toprak							
								0.40m							
1	K-1							Kahverengi, yumuşak, orta plastisiteli kumlu SİLT, nemli, %30-35 ince-orta kum. (Rezidüel Tüfit)					100		
	SPT-1	1.50	3	2	2	4	4								
2		1.95													
	P1	2.40													
								2.50m					81		
	K-2							Kahverengi, gevşek, çakıllı siltli KUM, nemli, %5-10 çakıl, %20-40 ince malzeme. (Rezidüel Tüfit)							
3		3.00													
	SPT-2		3	3	4	7	7								
		3.45													
	K-3												100		
4		4.00													
	UD-1							4.20m							
		4.50													
	SPT-3		4	6	9	15	15	Yeşilimsi kahverengi, katı-sert, orta plastisiteli, kumlu SİLT, nemli, % 20-45 ince-orta kum, eser çakıl. (Rezidüel Tüfit)							
5		4.95													
	P2	5.40											89		
6	K-4	6.00													

DAYANIMLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.Weak
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.
IV	ÇOK AYR.	Highly W.
V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.

İNCE DANELİ / Fine Grained		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ/Coarse Grained		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
% 25-50	ZAYIF	Poor
% 50-75	ORTA	Fair
% 75-90	İYİ	Good
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Moderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

ORANLAR - Proportions		
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-20	AZ	Little
% 20-50	ÇOK	Very

SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
D	Örselenmiş Numune / Disturbed sample	P	Pressiyometre Deneyi / Pressuremeter Test
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi / Vane Shear Test

LOGU YAPAN Logged By	
İSİM Name	Özgür AVŞAR Jeo.Müh.
İMZA Sign	

KONTROL Checked

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-8İ
SAYFA Page No: 2/2

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00	8	19	18	37	37	Kumlu **SİLT** (Tanımı 1/2 dedir.)							
		6.45						6.80m							
7	K-5							**KUMTAŞI - KONGLOMERA;** Sarımsı kahverengi, çok zayıf-zayıf, çok ayrışmış tamamen ayrışmış Kumtaşı 8.10-10.30 m arasında gevşek çimentolu max 7 cm varan sert, yuvarlak parçacıklardan oluşan konglomera içerir. Süreksizlikler izlenememektedir.					92	0	
		7.50													
	SPT-5		10	15	23	38	38								
8		7.95													
	K-6									IV V	V		37	0	
9		9.00													
	SPT-6		30	26	33	59	59								
		9.45													
	K-7														
10													30	0	
		10.50	50	-	-	R	R								
	SPT	10.51	1					10.60m							
11	K-8							**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert - sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmıştır. 13.15 cm'ye kadar iri kum tabanda ince kum boyutunda olup geçiş 10 cm'lik sedimater istifilidir. Süreksizlikler 12.07 m.de 60°'lik, açık, pürüzlü, Feo boyalı.					100	100	
	P3	11.40													
12		12.00								II III	III	W			
	K-9												100	100	
13		13.50													
14								KUYU SONU : 13.50 m.							
15															
16															

Not : Kuyuya 13.50 m. İnklinometre probu indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmış ve kilitlenmiştir.

	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name	Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA Sign		

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilkent Mahallesi 9. Cadde No:41
06810 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-9
SAYFA Page	No :	1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 5.40 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+082.38 - 36.99 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 6.00 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 10.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 07.04.2003 - 08.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 12.97 m.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 611.70
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: BM 53 FM -ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 448.39

STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR.	RQD %	LUGEON
0		0.40						BETON — 0.20m							
	K-1							YAPAY DOLGU (Kumlu - Çakıl)					53		
1		1.50						— 1.40m							
	SPT-1		5	5	7	13	13	Kahverengi, orta sıkı, siltli KUM, nemli, %15-45 ince malzeme, eser çakıl. (Rezidüel Tüfit)							
2		1.95													
	P1	2.40											93		
	K-2														
3		3.00													
	SPT-2		10	12	16	28	28	— 4.00m							
		3.45						KONGLOMERA Muhtelif renkli ufalanabilir, çok-tamamen ayrışmış matriks içinde; %50-60, yuvarlak, max 5cm sert, dayanımlı, az ayrışmış parçalar içerir. Süreksizlik gözlenemiyor.							
4	K-3												44	0	
		4.50								IV	IV				
	SPT-3		17	36	41	77	77	— 5.40m							
5		4.95						KUMTAŞI; Sarımsı yeşilimsi kahverenkli, orta-az sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış. Süreksizlikler; 0.45° açık, sık, pürüzlü, Mno/Feo boyalı.							
	K-4									II	III	CI	66	10	
6		6.00													

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
D	Örselenmiş Numune / Disturbed sample	P	Presiyometre Deneyi / Pressuremeter Test
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi / Vane Shear Test

LOGU YAPAN / Logged By		KONTROL / Checked
İSİM / Name	Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA / Sign		

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: SK-9
SAYFA Page No: 2/2

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (Stern)	KAROT%(TCR)/T.Core R	RQD %	LUGEON
6		6.00						Tanımı sayfa 1/2'dedir.		II	III	CI			
	K-5							6.30m							
7	P2	6.90						**DASİTİK TÜF;** Yeşil renkli, orta sert , orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. Süreksizlikler; üst seviyelerde 0°,açık, orta, pürüzlü, Mno boyalı; 60°,45°, kapalı, seyrek, temiz; 6.10 m'de 80°, açık, Mno/Feo boyalı, pürüzlü. Kumtaşı dasitik tüfit kontağı 50°. 7.60-7.80 ve 6.70-7.00 m ler arası kumtaşı seviyesi.		III IV	III	M	84	63	
		7.50													
8	K-6												100	100	
9		9.00										W			
	K-7												100	100	
10	P3	9.90													
11								**KUYU SONU : 10.50 m.**							
12															
13															
14															
15															
16															

Not : Kuyuya 10.50m. ϕ 50 mm' lik Perfore PVC boru indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 6. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole	No :	SK-10
SAYFA Page	No :	1/2

PROJE ADI / Project Name	: Giresun-Espiye Devlet Yolu	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 114 mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	: Heyelan	YERALTI SUYU / Groundwater	: 6.85 m.
KİLOMETRE / Chainage	: 1+060.21 - 14.78 m Sağ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 7.50 m.
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 10.50 m.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	: 08.04.2003 - 09.04.2003
SONDAJ KOTU / Elevation	: 12.35 m.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	: 454 583.27
SONDAJ MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: BM 53 FM -ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	: 4 531 461.33

STANDART PENETRASYON DENEYİ
Standart Penetration Test

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROTYA(TORY)T.Core%	RQD %	LUGEON
0								Kaplama Betonu 0.20m							
		0.55						YAPAY DOLGU MALZEMESİ Bloklu, çakıllı Kumlu KİL. 0.90m							
1	K-1												76		
		1.50													
	SPT-1		4	6	7	13	13								
2		1.95													
	P1	2.40						Kahverengi, katı-çok katı, orta plastisiteli, kumlu SİLT, nemli, %35-40 ince-orta kum, eser çakıl, yer yer siltli kum seviyeli. (Rezidüel Tüfit)					96		
	K-2														
3		3.00													
	SPT-2	3.45	8	9	11	20	20								
	UD-1	3.50													
4		4.00						4.10m							
	K-3												100	0	
		4.50						KUMTAŞI; Sarımsı yeşilimsi kahverenkli ufalanabilir, zayıf-çok zayıf, tamamen ayrışmıştır.(gevşek çimentolu). Yer yer konglomeratik seviyeler içerir.		V	V				
	SPT-3		10	12	20	32	32								
5		4.95													
	K-4												42	0	
6		6.00													

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ/Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp.Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
% 0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	% 5	PEK AZ	Slightly
% 25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	% 5-20	AZ	Little
% 50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	% 20-50	ÇOK	Very
% 75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35	VE	And			
% 90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	K	Karot Numuneti Core Sample	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
D	Örselenmiş Numune Disturbed sample	P	Presiyometre Deneyi Pressuremeter Test	İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	VS	Veyn Deney Vane Shear Test	İMZA Sign	

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

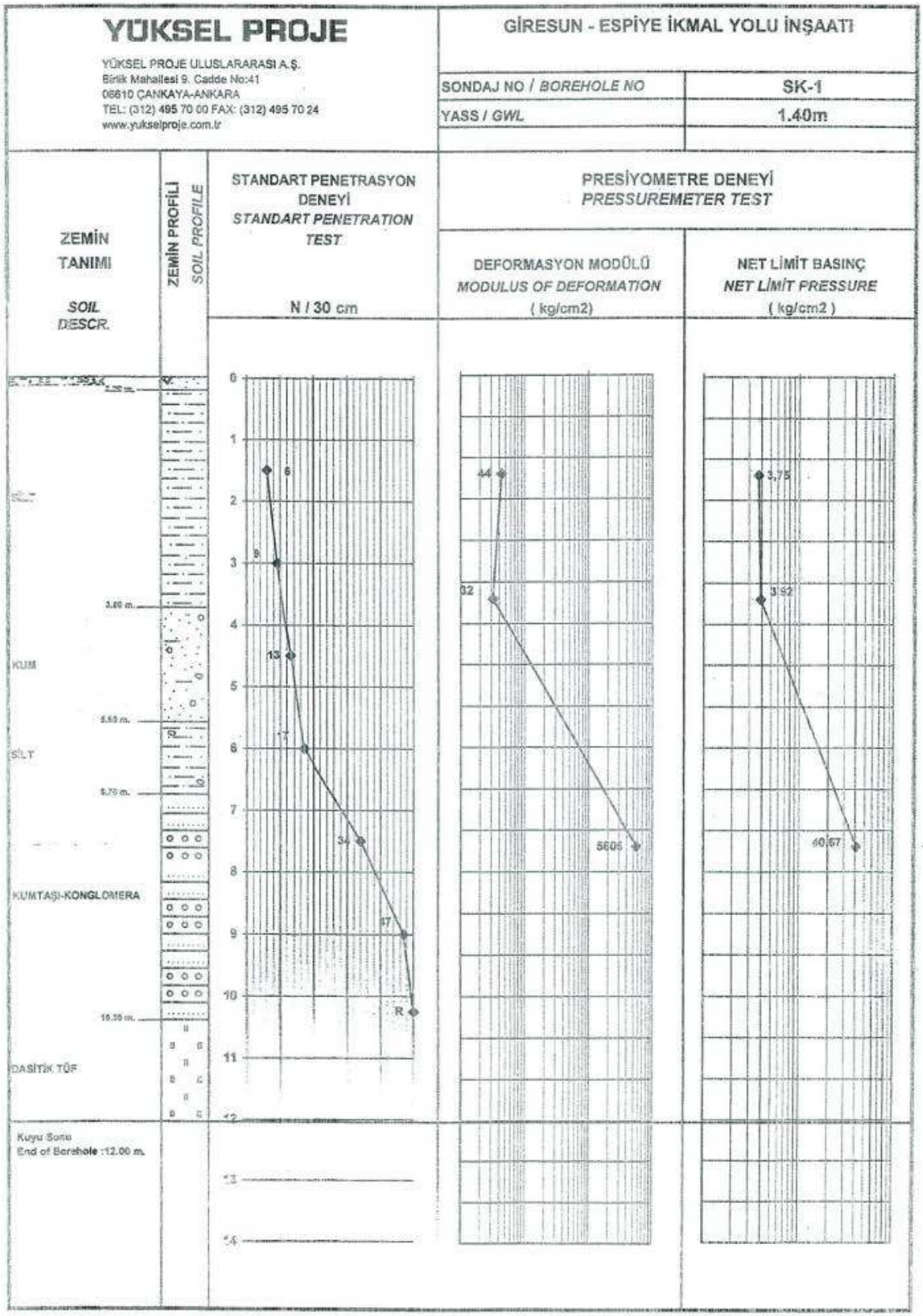
SONDAJ LOGU / BORING LOG

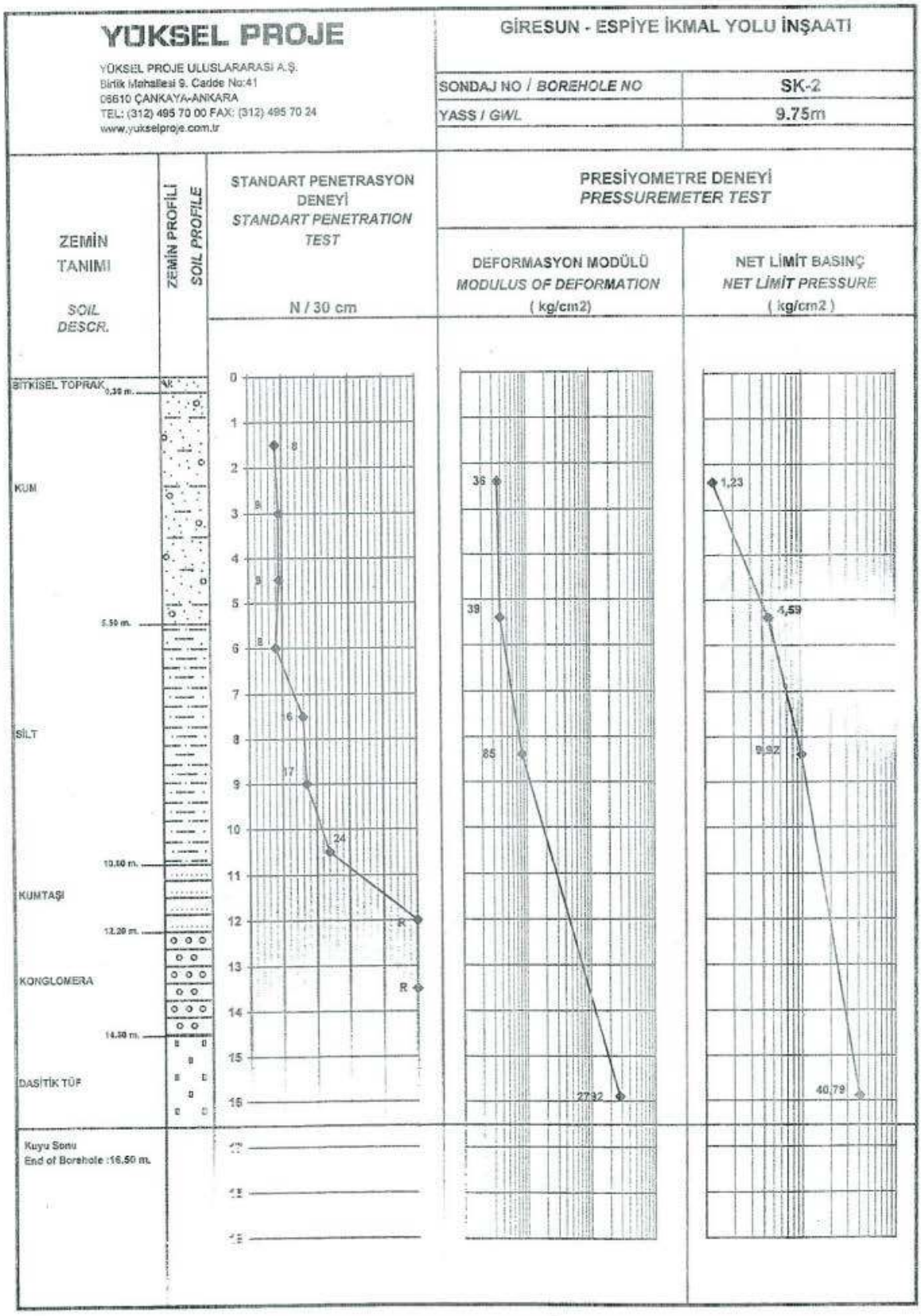
SONDAJ Borehole No: SK-10
SAYFA Page No: 2/2

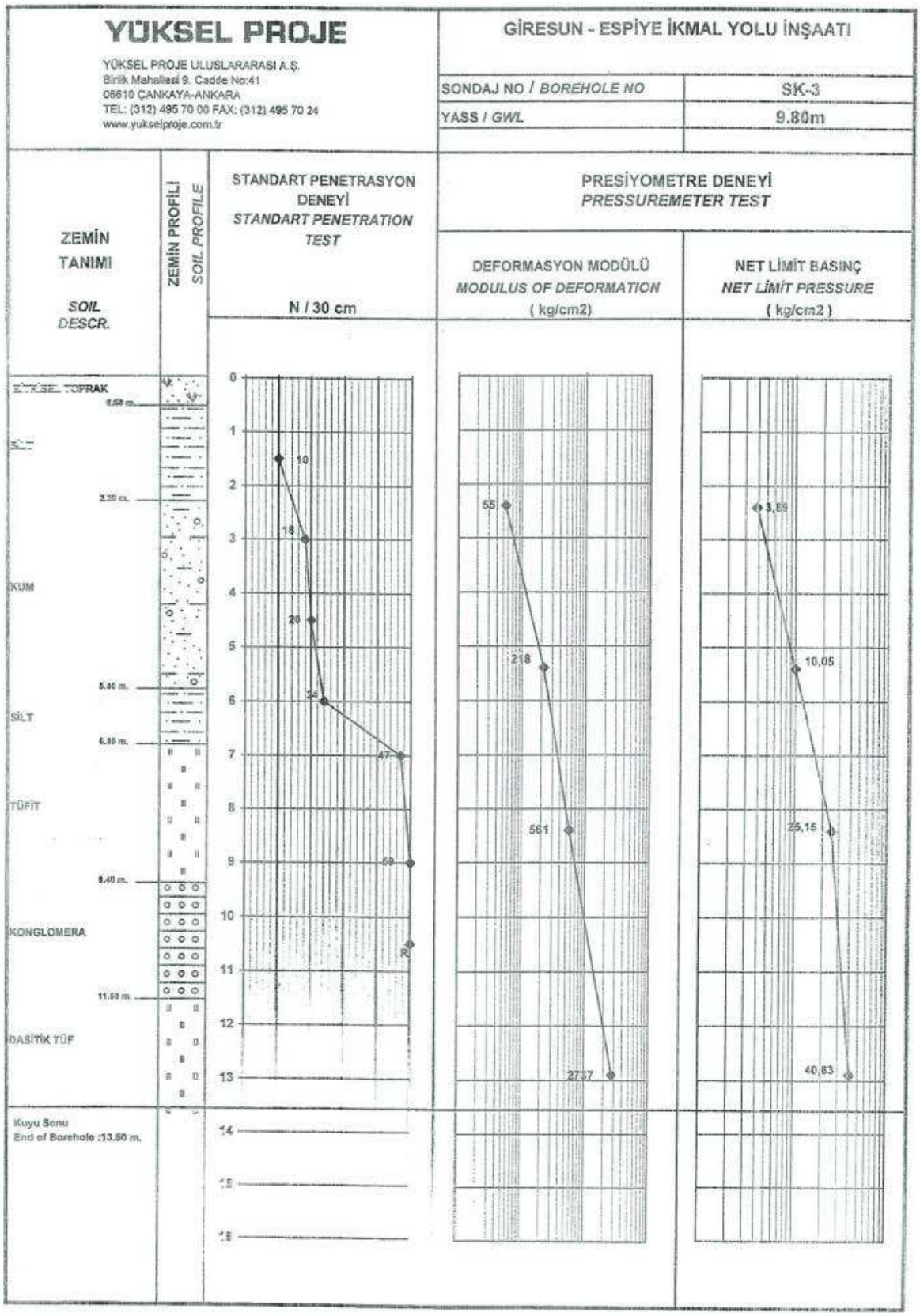
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NÜMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph (10 20 30 40 50 60)	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	RQD %	LUGEON
6	SPT-4	6.00 / 6.27	34	50 / 12	-	R	R	**KUMTAŞI** Tanımı sayfa 1/2 dedir. 7.20 -7.40 m arası orta dayanımlı, orta derecede ayrışmıştır.		V	V		42	0	
7	K-6												53	25	
		7.50						7.40m		II/III	III				
8	P2	8.10						**DASİTİK TÜF** Yeşil renkli, orta sert-sert, orta dayanımlı-orta zayıf, orta derecede ayrışmış. Süreksizlikler, 8.00 m'de 80°, açık, pürüzlü, Mno boyalı, Kontakt zonunda 45° eğimli, zonun üzerinde açık, pürüzlü, Mno boyalı.		II	III	W	97	97	
	K-6														
9		9.00								III					
	K-7												100	100	
10		10.50													
11								**KUYU SONU : 10.50 m.**							
12															
13															
14															
15															
16															

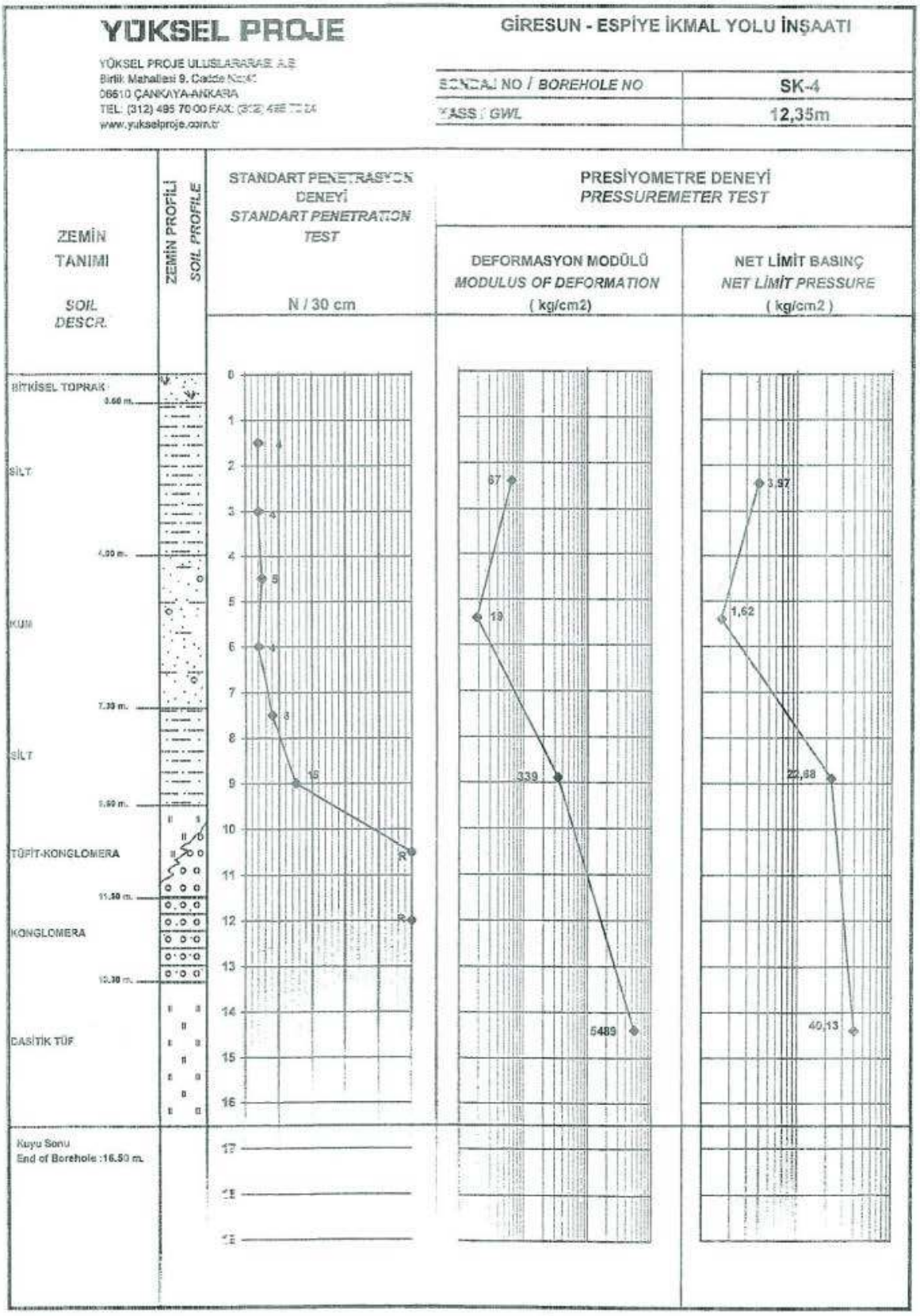
Not : Kuyuya 10.50m. ϕ 50 mm ' lik Perfore PVC borusu indirilerek kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

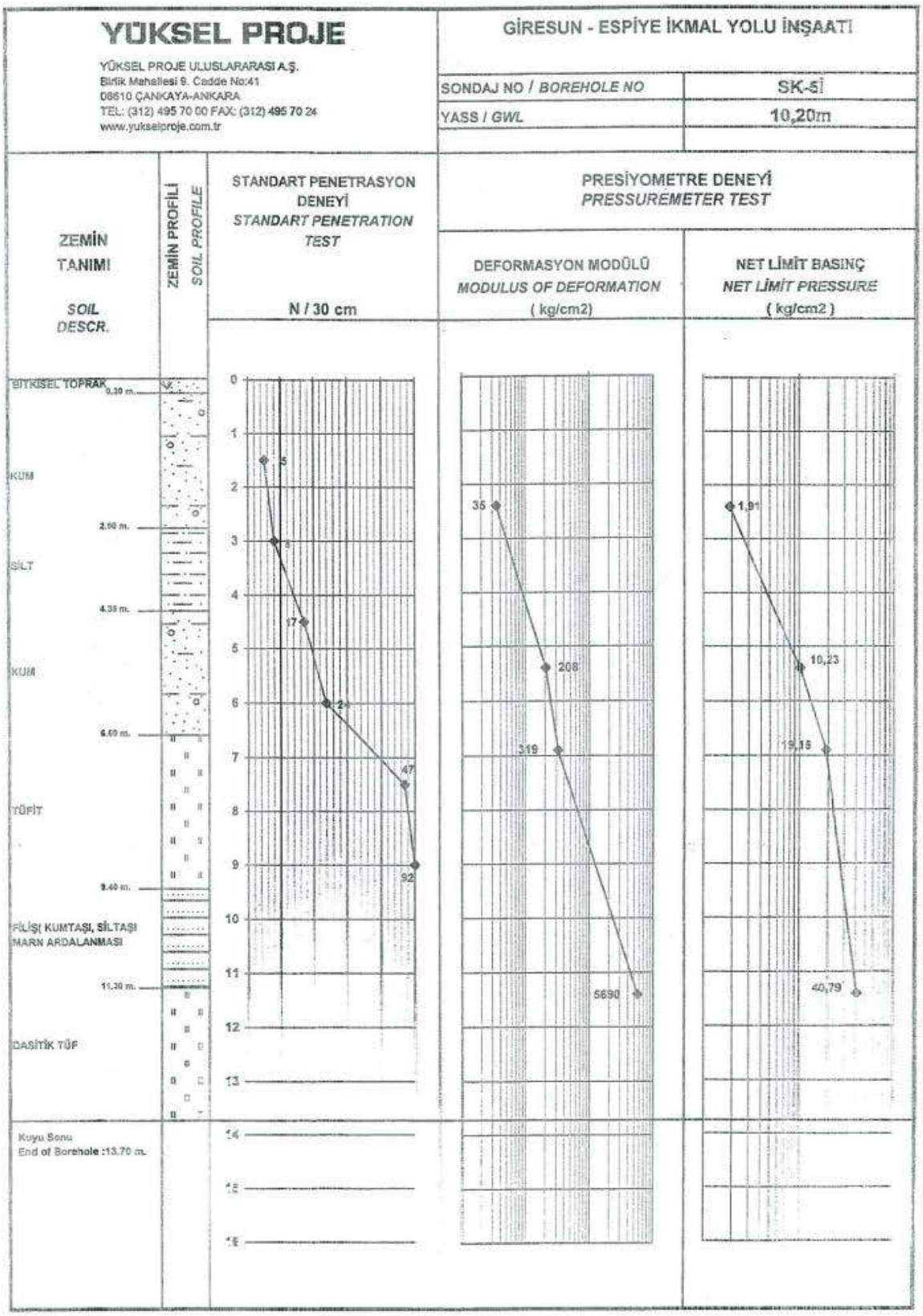
LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name: Özgür AVŞAR, Jeo.Müh.	
İMZA Sign	

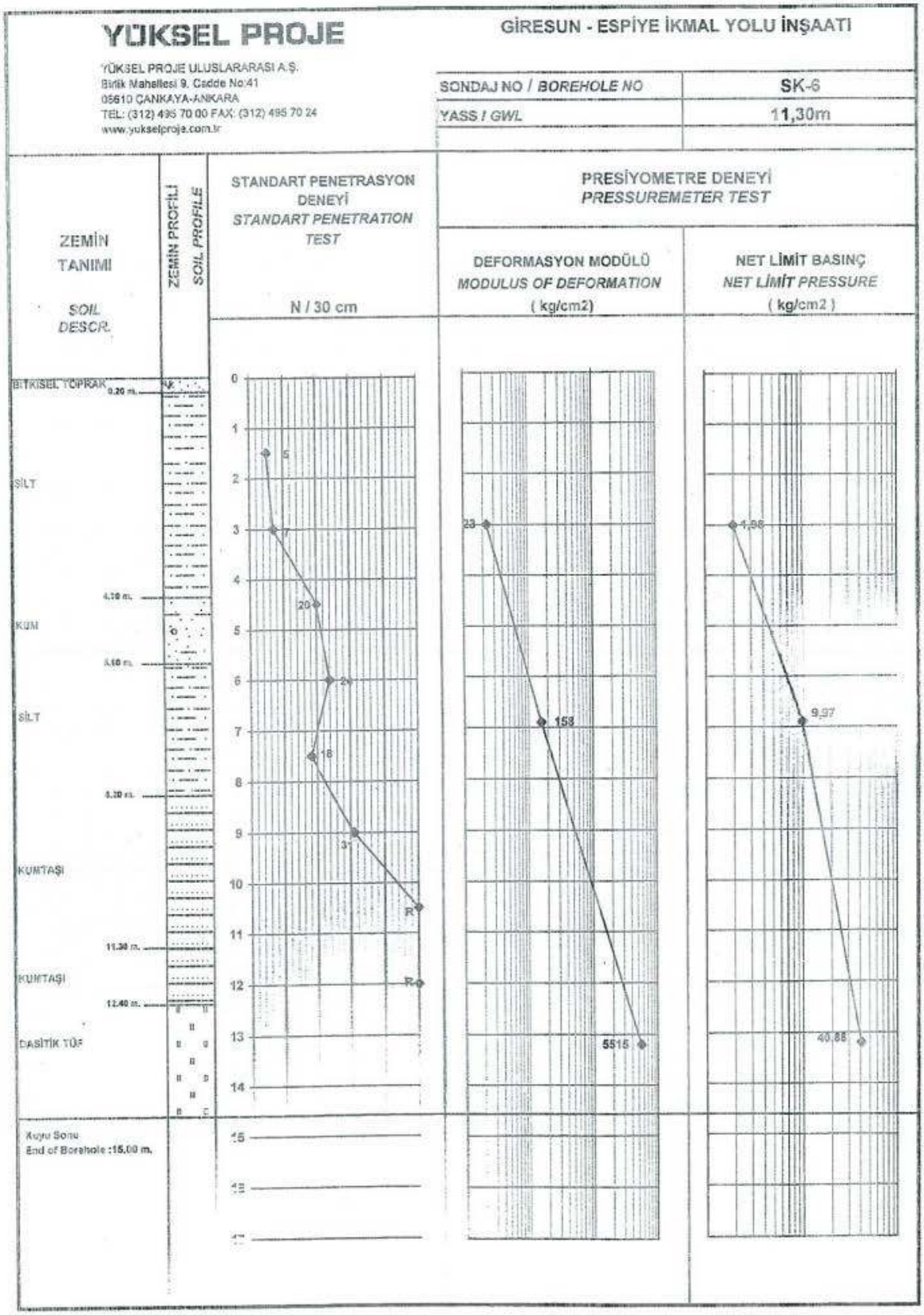

YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-1
YASS / GWL
1.40m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LIMIT PRESSURE
(kg/cm2)
KUM
SİLT
KUMTAŞI-KONGLOMERA
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :12.00 m.

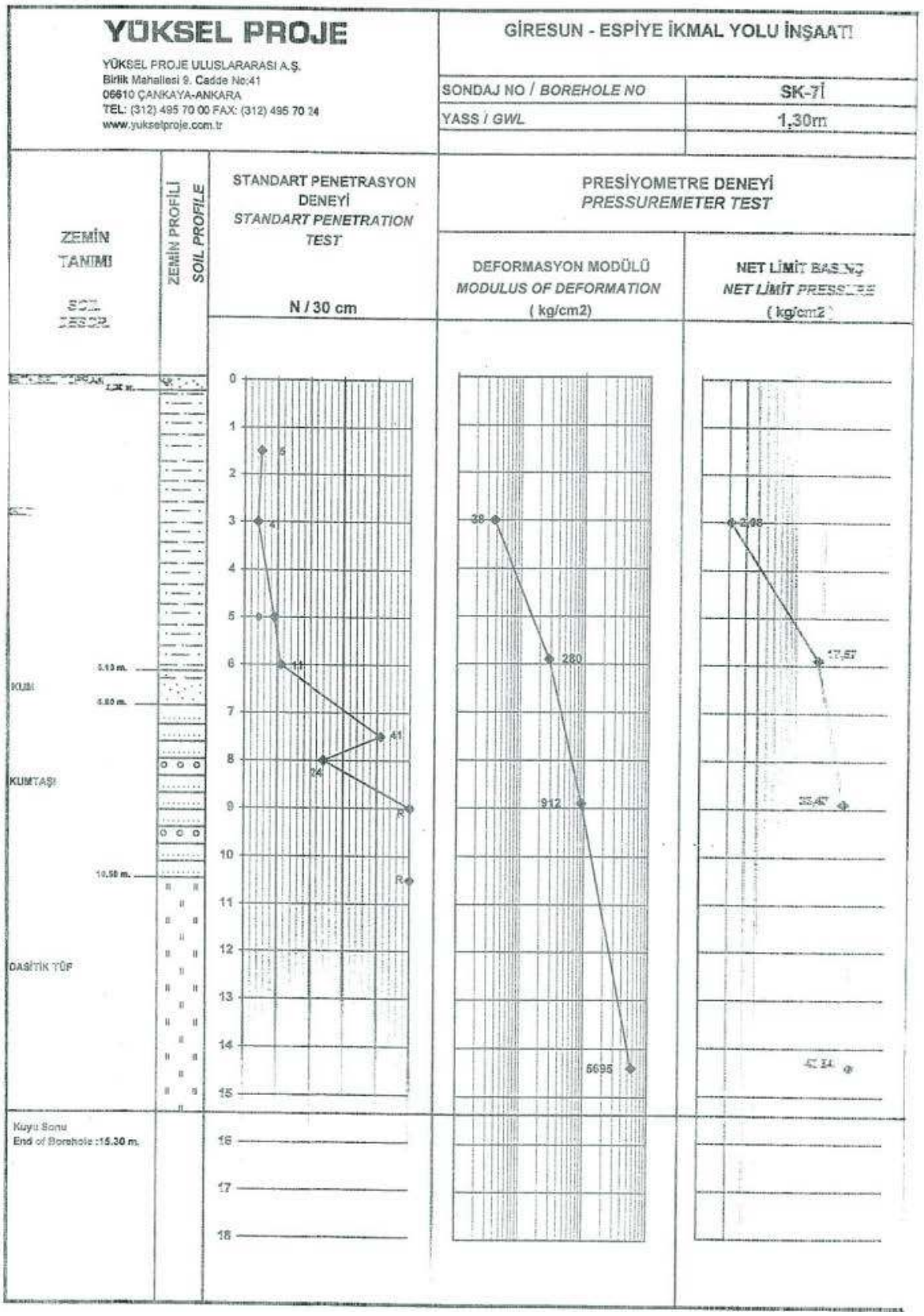

YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-2
YASS / GWL
9.75m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LIMIT PRESSURE
(kg/cm2)
BİTKİSEL TOPRAK
KUM
SİLT
KUMTAŞI
KONGLOMERA
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :16.50 m.

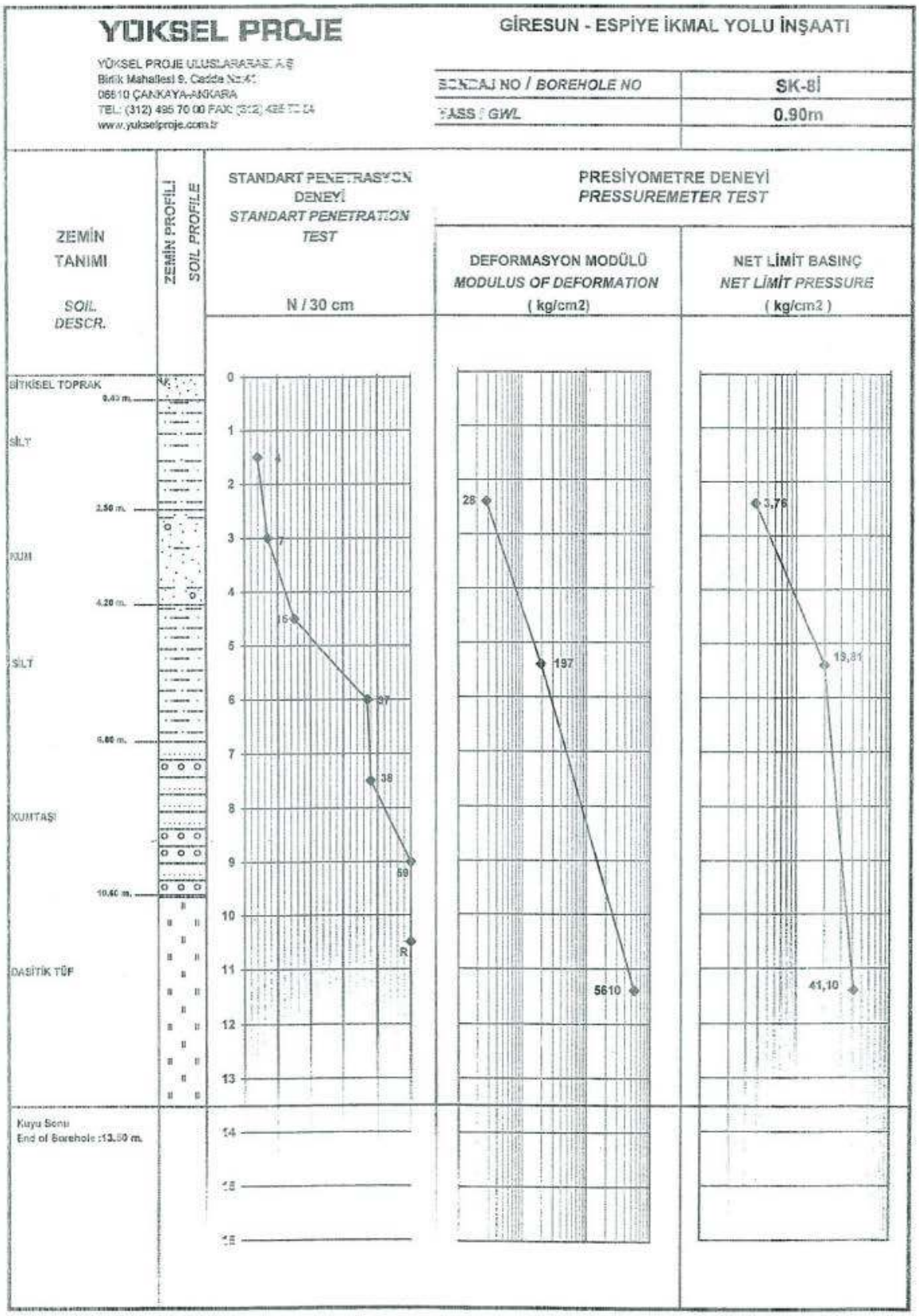

YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-3
YASS / GWL
9.80m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LİMİT PRESSURE
(kg/cm2)
YÜKSEL TOPRAK
KUM
SİLT
TÜFİT
KONGLOMERA
DASİTİK TÜF
5.80 m.
6.80 m.
8.40 m.
11.50 m.
10
18
20
24
47
50
55
218
561
2737
3,69
10,05
25,15
40,63
Kuyu Sonu
End of Borehole :13.50 m.

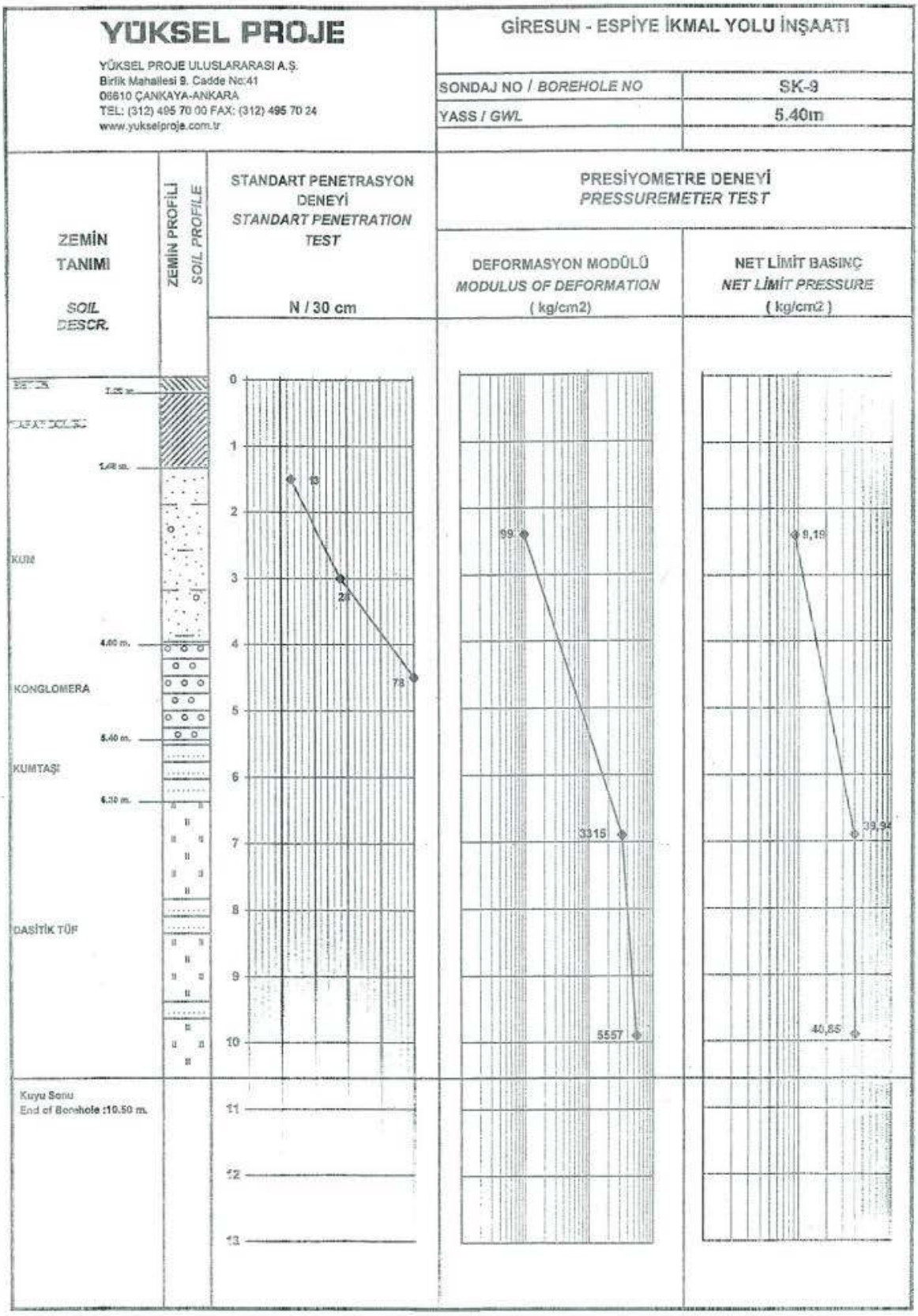

YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-4
YASS / GWL
12,35m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LIMIT PRESSURE
(kg/cm2)
BİTKİSEL TOPRAK
SİLT
KUM
SİLT
TÜFİT-KONGLOMERA
KONGLOMERA
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :16.50 m.
67
19
339
5489
3,97
1,62
22,68
40,13


YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-5İ
YASS / GWL
10,20m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LİMİT PRESSURE
(kg/cm2)
BİTKİSEL TOPRAK
KUM
SİLT
KUM
TÜFİT
FİLİŞ(KUMTAŞI, SİLTAŞI MARN ARDALANMASI
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :13.70 m.
35
208
319
5690
1,91
10,23
19,15
40,79


YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-6
YASS / GWL
11,30m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LIMIT PRESSURE
(kg/cm2)
BİTKİSEL TOPRAK
0.20 m.
SİLT
4.10 m.
KUM
6.10 m.
SİLT
8.20 m.
KUMTAŞI
11.30 m.
KUMTAŞI
12.40 m.
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :15,00 m.
5
7
20
29
16
31
R
R
23
158
5515
1,96
9,97
40,88


YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-7İ
YASS / GWL
1,30m
ZEMİN TANIMI
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LİMİT PRESSURE
(kg/cm2)
KUM
KUMTAŞI
DASİTİK TÜF
Kuyu Sonu
End of Borehole :15.30 m.


YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06510 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 04
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-8İ
YASS / GWL
0.90m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LİMİT PRESSURE
(kg/cm2)
BİTKİSEL TOPRAK
SİLT
KUM
SİLT
KUMTAŞI
DASİTİK TÜF
2.50 m.
4.20 m.
6.80 m.
10.40 m.
4
7
16
37
38
59
28
197
5610
3,76
19,81
41,10
Kuyu Sonu
End of Borehole :13.50 m.

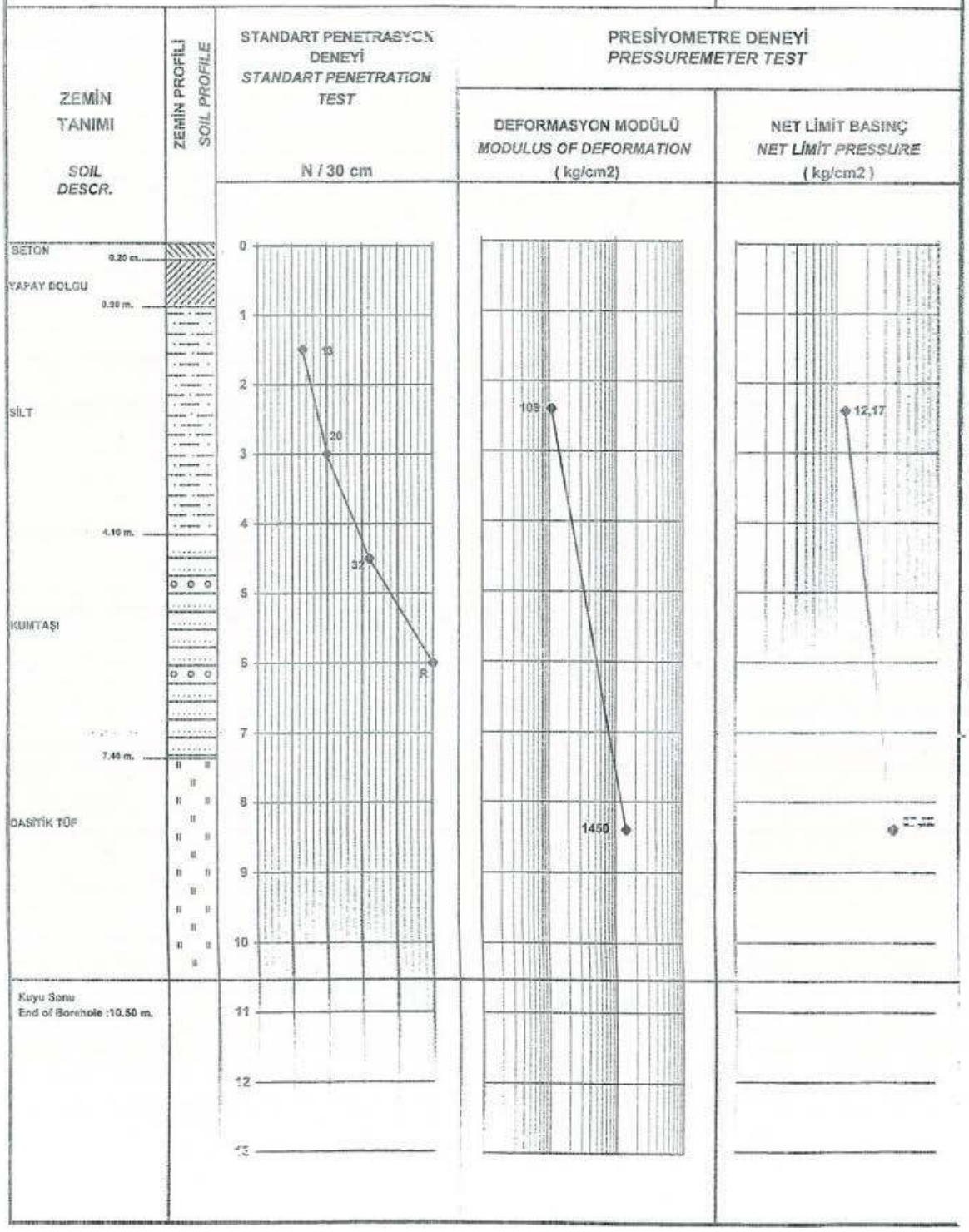

YÜKSEL PROJE
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr
GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI
SONDAJ NO / BOREHOLE NO
SK-9
YASS / GWL
5.40m
ZEMİN TANIMI
SOIL DESCR.
ZEMİN PROFİLİ
SOIL PROFILE
STANDART PENETRASYON DENEYİ
STANDART PENETRATION TEST
N / 30 cm
PRESİYOMETRE DENEYİ
PRESSUREMETER TEST
DEFORMASYON MODÜLÜ
MODULUS OF DEFORMATION
(kg/cm2)
NET LİMİT BASINÇ
NET LİMİT PRESSURE
(kg/cm2)
KUM
KONGLOMERA
KUMTAŞI
DASİTİK TÜF
4.00 m.
5.40 m.
6.30 m.
13
28
78
99
3315
5557
9,19
39,94
40,85
Kuyu Sonu
End of Borehole :10.50 m.

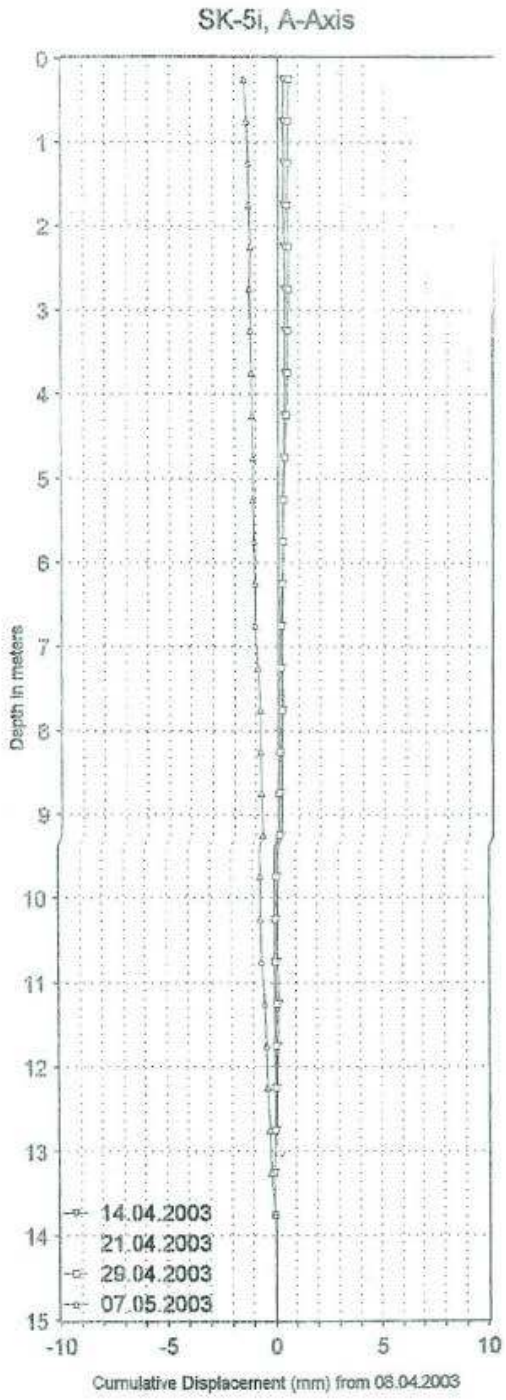
YÜKSEL PROJE

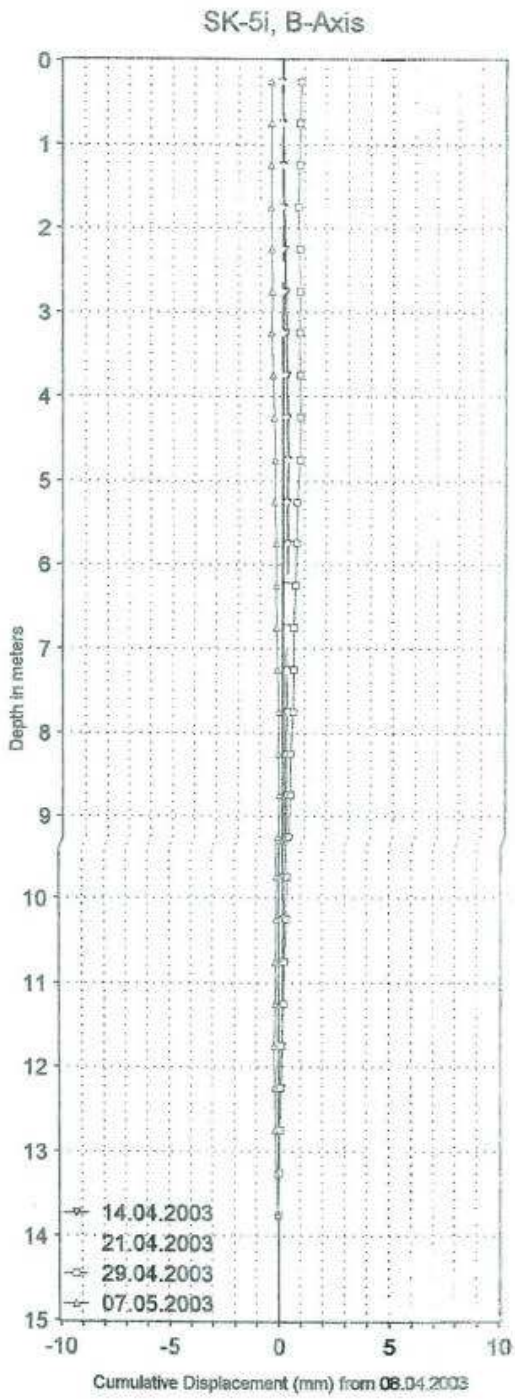
YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 9. Cadde No:41
06610 ÇANKAYA-ANKARA
TEL: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

GİRESUN - ESPİYE İKMAL YOLU İNŞAATI

SONDAJ NO / *BOREHOLE NO*	SK-10
YASS / *GWL*	6.85m

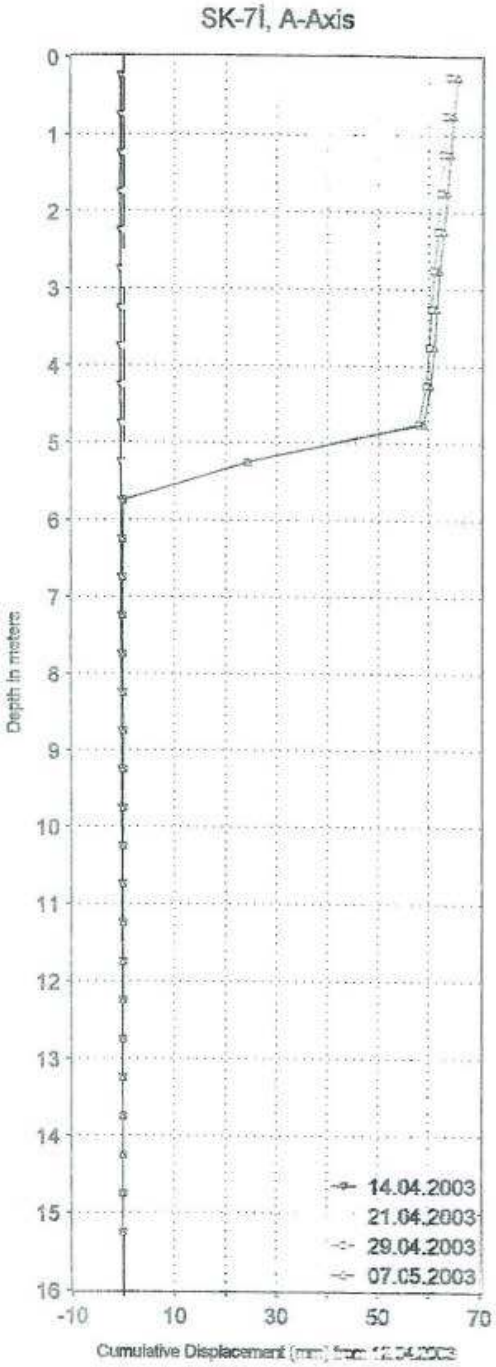


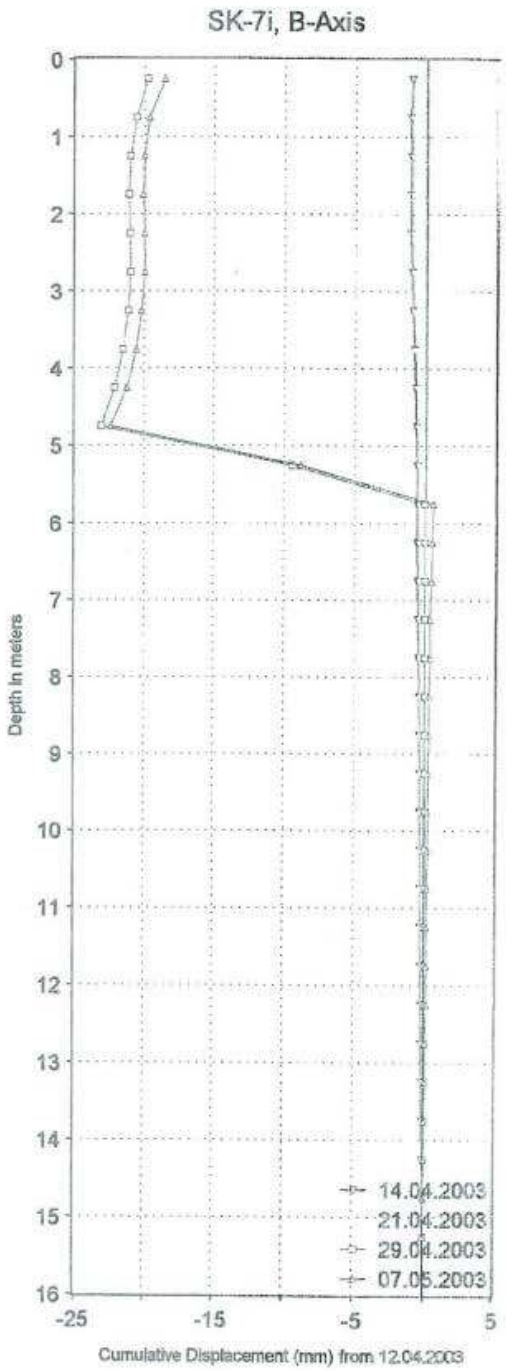




GİRESUN
KM: 1+030-1+170 HEYELANI

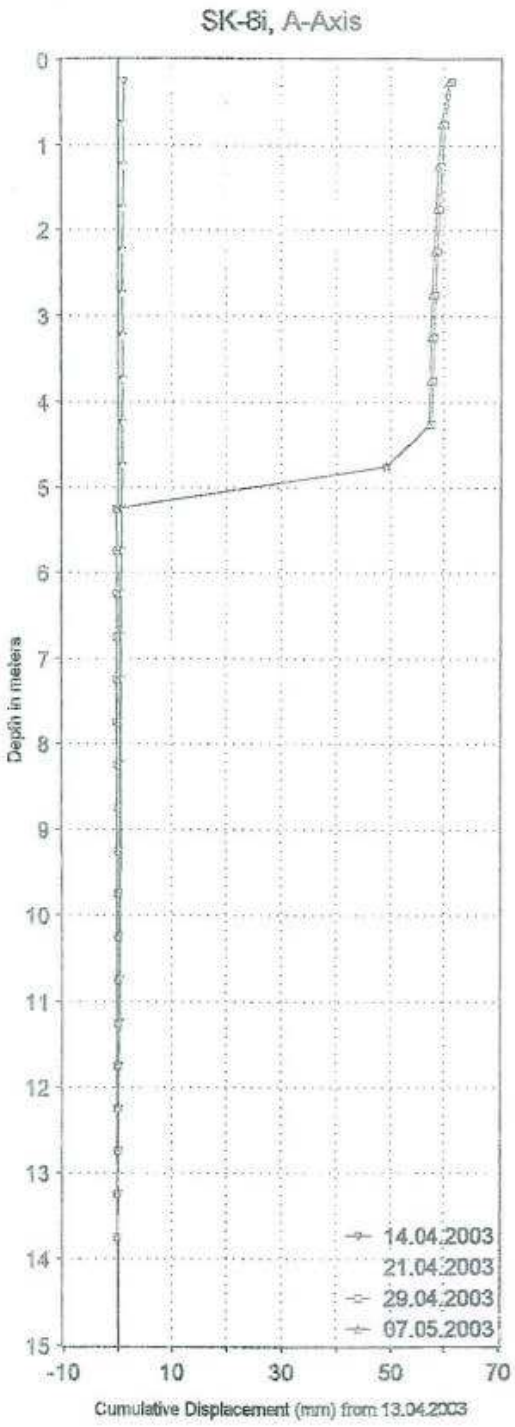
YÜKSEL PROJE

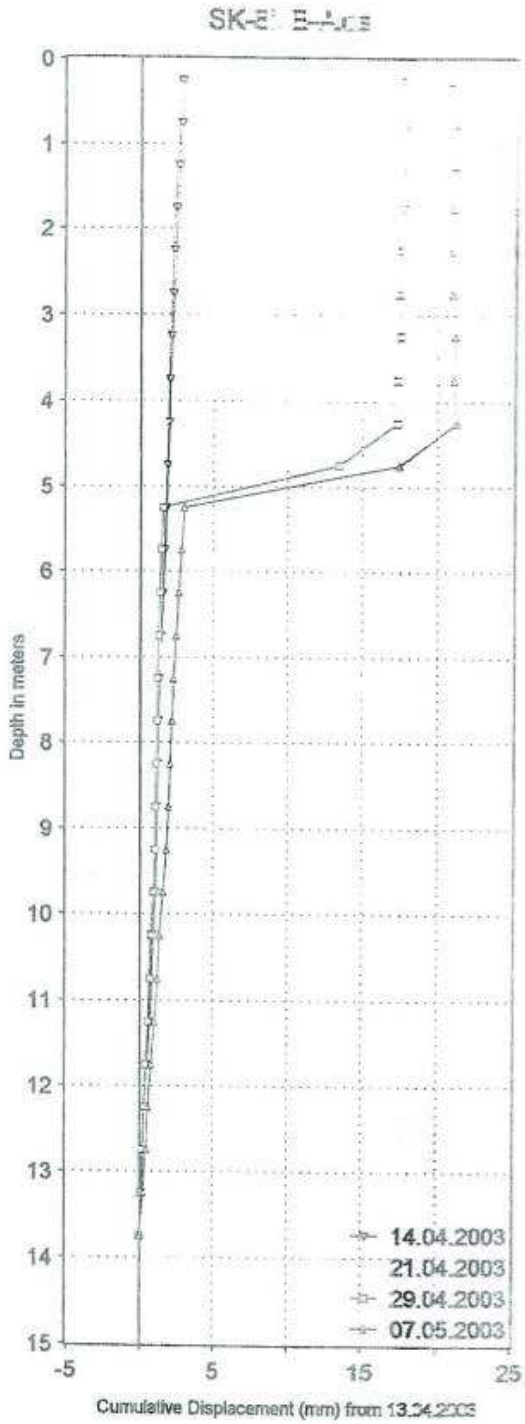




GİRESUN
KM: 1+030-1+170 HEYELANI

YÜKSEL PROJE





GİRESUN
KM: 1+030-1+170 HEYELANI

YÜKSEL PROJE

ÖZGEÇMİŞ

Nurdan ŞAHİN 1985 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğretimini Trabzon Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu'nda, ortaöğretim ve liseyi Trabzon Tevfik Serdar Anadolu Lisesinde tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine, 2009 yılında ise yüksek lisans eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.