

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TORUL BARAJI (TORUL-GÜMÜŞHANE) GÖL ALANI SAĞ VE SOL
SAHİLLERİNİN DURAYLILIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Şeyma ÖZDOĞAN

EYLÜL 2010

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TORUL BARAJI (TORUL-GÜMÜŞHANE) GÖL ALANI SAĞ VE SOL
SAHİLLERİNİN DURAYLILIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN
İNCELENMESİ

Jeoloji Müh. Şeyma ÖZDOĞAN

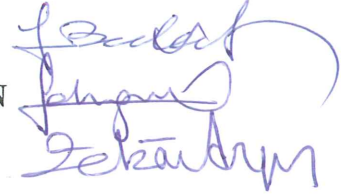
Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Jeoloji Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.08.2010
Tezin Savunma Tarihi : 30.09.2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fikri BULUT

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Fatma GÜLTEKİN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN



Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

Babam Merhum Dr. Kemal ÖZDOĞAN' a...

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar bana yol gösteren ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fikri BULUT' a sonsuz teşekkür ve en derin saygılarımı sunarım.

Tez alanı ile ilgili raporların temin edilmesinde gösterdiği yardımlarından dolayı DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü Bölge Müdür Yardımcısı Jeo. Müh. Mahmut ÖZLÜ' ye ve dayım Mat. Müh. Sebahattin YILMAZ' a (DSİ), araziye ulaşım sırasında yardımlarını gördüğüm DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü 13. Sondaj Şube Müdürü Jeo. Müh. Hamit ALBAYRAK' a, Jeo. Yük. Müh. Sebahattin GÜNER (MTA) ve ekibine ayrıca arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Seda ÇELLEK' e, değerli kuzenlerim Çağrı YILMAZ' a, Yunus Emre ÖZDOĞAN' a ve amcam Ömer ÖZDOĞAN' a teşekkür ederim.

Çalıştığım alanın jeolojik özelliklerinin belirlenmesi konusunda bilgilerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ' a (GÜ), Petrografik tayinlerde yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Ali VAN' a, Yrd. Doç. Dr. Mithat VICIL' a ve Jeo. Yük. Müh. Osman Türk' e (MTA) teşekkür ederim.

Laboratuvar deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Arş.Gör.Ümit ÇALIK' a, Teknisyen Fikret BÜLBÜL' e, Arş. Gör. Seda ÇELLEK' e ve Uzman Erdoğan TİMURKAYNAK' a teşekkür ederim.

Stabilite analizinde ve tezin son şeklini almasında öneri ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ayberk KAYA' ya (GÜ), tez çalışmamın değişik aşamalarında yardımlarını gördüğüm değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ferkan Sipahi' ye (GÜ), kuzenlerim Yrd. Doç. Dr. Tuğba TÜRK' e ve Arş. Gör. Şeyda YILMAZ' a ayrıca değerli arkadaşlarım Süheyla TURHAN ve Pınar GÜNGÖR' e teşekkür ederim.

Son olarak, varlığıyla güçlendiğim ve bana her türlü imkânın en iyisini sağlayan annem Asuman ÖZDOĞAN' a, sonsuz desteğiyle her zaman yanımda olan kardeşim Şule ÖZDOĞAN' a, hayatta olmasa da varlığını her zaman yanımda hissettiğim babam Dr. Kemal ÖZDOĞAN' a sonsuz teşekkürler.

Şeyma ÖZDOĞAN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
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	3
1.5. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.6. Önceki Çalışmalar	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
2.1 Yerüstü Çalışmaları	7
2.2. Yeraltı Çalışmaları.....	7
2.2.1. Sondajlar	7
2.2. Laboratuar Çalışmaları	8
2.2.1. Jeoteknik Özellikler	8
2.2.1.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	8
2.2.1.2. Dane Dağılımı.....	12
2.2.1.3. Atterberg (Kıvam) Limitleri	15
2.2.1.3.1. Likit Limit.....	15
2.2.1.3.2. Plastik Limit	17
2.2.1.3.3. Plastisite İndisi.....	18
2.2.1.3.4. Rötire (Büzülme) Limit, Likitlik İndisi ve Kıvamlılık İndisi	19
2.2.1.4. Killerin Aktivite ve Şişme Potansiyeline Göre Sınıflandırılması.....	20
2.2.1.5. Kil minerallerinin incelenmesi	21
2.2.1.6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS).....	22
2.2.1.7. AASHTO Sınıflandırılması	26

2.2.1.8.	Üçgen Sınıflandırma (FERET Üçgeni)	28
2.2.1.9.	Zeminin Kayma Direnci	29
2.2.1.9.1.	Kesme Kutusu Deneyi	29
2.2.1.9.2.	Serbest Basınç Deneyi	31
2.3.	Stabilite Analizi	32
2.3.1.	Kütle hareketleri ve Genel Özellikleri	32
2.3.2.	Güvenlik Sayısı	35
2.3.2.1.	Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi	38
2.3.2.2.	Basitleştirilmiş Janbu Yöntemi	41
2.3.3.	Slide Programı	44
3.	BULGULAR	46
3.1.	İnceleme Alanının Genel Jeolojisi	46
3.1.1.	Çağlayan Formasyonu	46
3.1.2.	Sariosman Monzograniti	54
3.1.3.	Mandızlı Dasiti	57
3.1.4.	Yamaç Molozu	59
3.1.5.	Alüvyon	60
3.2.	Yapısal Jeoloji	60
3.2.1.	Tabakalar	60
3.2.2.	Çatlaklar	60
3.2.3.	Faylar	62
3.2.4.	Depremsellik	62
3.3.	Torul Barajı Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Mühendislik Jeolojisi	63
3.3.1.	Genel	63
3.3.2.	Sondaj loglarının değerlendirilmesi ve Jeolojik Kesitler	64
3.3.2.1.	Sağ Sahil Sondaj Kuyuları	65
3.3.2.2.	Sol Sahil Sondaj Kuyuları	67
3.3.3.	Laboratuar Deneyleri	70
3.3.3.1.	Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	70
3.3.3.2.	İnce Taneli Zeminlerin Sınıflandırılması	71
3.3.3.2.1.	Granülometri Eğrilerinin Hazırlanması	71
3.3.3.2.2.	Kıvam Limitleri	74
3.3.3.3.	Zeminin Kayma Dayanım Parametrelerinin Belirlenmesi	84

3.3.4.	Torul Barajı Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Duraylılığının İncelenmesi.....	88
3.3.4.1.	Sayısal Analiz ile Yamaçların Stabilite Analizi	88
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
5.	KAYNAKLAR	99
6.	EKLER	101
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Ülkemizin en çok yağış alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesinin doğu bölümü, yamaçlarının dik eğimli olması nedeniyle kütle hareketlerinin oluşumuna fazlaca yatkınlık gösterir.

Bu Çalışmada Torul Barajı göl alanı sağ ve sol sahillerinin duraylılığı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir.

Torul Barajı çevresinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru; Çağlayan Formasyonu (Üst Kretase), Sariosman Monzograniti (Üst Kretase ?), Mandızlı Dasiti (Üst Kretase ?), Yamaç Molozu (Kuvaterner) ve Alüvyon (Kuvaterner) olarak ayırtlanmıştır.

Stabilite hesabı yapılacak olan yamaçlardan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan zemin numunelerinin laboratuvar deneyleri ile fiziksel özellikleri, dane dağılımı, kil cinsleri, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir.

Yamaçların jeolojik kesitleri çıkarılmış, muhtemel kayma yüzeyleri belirlenmiş ilgili mühendislik özellikleri de kullanılarak Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Janbu yöntemlerine göre bilgisayar destekli stabilite hesapları yapılarak güvenlik sayıları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kütle Hareketleri, Yamaç Stabilitesi, Basitleştirilmiş Bishop ve Janbu yöntemleri

SUMMARY

Investigation on Stability of Right and Left Slopes of Lake Field of the Dam of Torul from the Engineering Geological Point of View

East part of the Black Sea Region, which is most precipitation region in our Country, exhibits highly susceptible to the formation of mass movement because of having very steep slopes.

In this research, stability of right and left slopes of lake field of the Dam Torul have been investigated from the Engineering Geological point of view.

By preparing a 1/10.000 scale geological map of around of the Dam of Torul, lithostratigraphic units were separated from oldest to youngest as follows; Çağlayan Formation (Upper Cretaceous), Sariosman Monzogranite (Upper Cretaceous ?), Mandızlı Dacite (Upper Cretaceous ?), Slope debris (Quaternary) 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 properties, grain distribution, clay types, internal friction angle and cohesion have been indicated.

Geological sections of the slopes have been prepared, possible slip surfaces have been indicated, safety factors have been determined making stability calculations computer - aided so far as simplified Bishop and Janbu methods using soil engineering properties.

Key Words: Mass movements, Slope Stability, Simplified Bishop and Janbu analysis methods

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası (http://earth.google.com).....	2
Şekil 2.	Kürtün meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı.....	4
Şekil 3.	Harşit meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı.....	5
Şekil 4.	Zemin prizması.....	9
Şekil 5.	Piknometre deney düzeneği.....	10
Şekil 6.	Yıkamalı elek analizi.....	14
Şekil 7.	Hidrometre analizi.....	14
Şekil 8.	Zeminlerde su içeriği- hacim değişimi ve kıvam limitlerinin tanımlanması....	15
Şekil 9.	Casagrande aleti ve deneyde kullanılan malzemeler.....	17
Şekil 10.	Plastik limit deneyi.....	18
Şekil 11.	a) Şişme potansiyeline göre sınıflandırma (seed vd., 1962), b) Şişme potansiyeli tahmini (Van Der Merve, 1964).....	21
Şekil 12.	Casagrande plastisite grafiği.....	23
Şekil 13.	İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı.....	25
Şekil 14.	Üçgen sınıflandırma abağı (Feret Üçgeni).....	28
Şekil 15.	Kesme kutusu aleti.....	30
Şekil 16.	Coulomb kırılma zarfı.....	30
Şekil 17.	a) Serbest basınç aleti b) Numunenin kırılma hali.....	32
Şekil 18.	Farklı türlerde gelişen bazı kütle hareketlerine ait diyagramlar (http://www.teara.govt.nz).....	34
Şekil 19.	İdeal bir heyelana ait blok diyagram (toprak kayması ve akma- karmaşık hareket) Cruden ve Varnes, (1996)'dan değiştirilmiştir.....	35
Şekil 20.	Basitleştirilmiş bishop yöntemi için dilim kuvvetleri.....	39
Şekil 21.	Basitleştirilmiş janbu yöntemi için dilim kuvvetleri.....	41
Şekil 22.	α 'ya karşılık gelen $m\alpha$ değerleri.....	43
Şekil 23.	Basitleştirilmiş Janbu yönteminde kullanılan düzeltme faktörü.....	44
Şekil 24.	Slide programından bir ekran görüntüsü.....	45
Şekil 25.	Çalışma alanının jeolojik haritası.....	47
Şekil 26.	Çalışma alanının jeoloji kesiti.....	48
Şekil 27.	Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti.....	49

Şekil 28.	Çağlayan Formasyonun genel görünümü.....	50
Şekil 29.	a) Çağlayan Formasyonuna ait kumlu kireçtaşları b) Çağlayan Formasyonuna ait kireçtaşları.....	50
Şekil 30.	Çağlayan Formasyon’undaki ayrıışmış andezitlerde mikrogranü porfirik doku.....	51
Şekil 31.	Çağlayan Formasyon’undaki bazaltlarda Glomerofirik Flüvidal doku.....	52
Şekil 32.	Çağlayan Formasyon’undaki kırmızı kireçtaşlarında gözlenen Radyolarya...	53
Şekil 33.	Sariosman Monzograniti.....	54
Şekil 34.	Sariosman Monzograniti’nde gözlenen orta- iri daneli doku.....	55
Şekil 35.	Sariosman Monzograitı’nde gözlenen zayıf yazı dokusu.....	55
Şekil 36.	Mandızlı Dasiti.....	57
Şekil 37.	Mandızlı dasiti’nde gözlenen mikrogranü porfirik doku.....	58
Şekil 38.	Yamaç Molozu.....	59
Şekil 39.	Çağlayan Formasyonuna ait çatlak kontur diyagramı.....	61
Şekil 40.	Sariosman Monzogranitine ait çatlak kontur diyagramı.....	61
Şekil 41.	Mandızlı Dasitine ait çatlak kontur diyagramı.....	62
Şekil 42.	İnceleme alanı depremsellik haritası (http://www.deprem.gov.tr).....	63
Şekil 43.	Torul barajı.....	63
Şekil 44.	Torul barajı sağ ve sol sahilinin jeoloji haritası.....	68
Şekil 45.	Torul Barajı sağ ve sol sahilinde açılan sondajlardan geçen birleştirilmiş jeoloji kesiti.....	69
Şekil 46.	Numunelere ait granülometri eğrileri.....	72
Şekil 47.	Numunelerin casagrande plastisite grafiği üzerindeki yeri.....	75
Şekil 48.	Zeminlerin aktivite abağına göre sınıflama.....	78
Şekil 49.	Şişme potansiyelini sınıflama grafiği.....	79
Şekil 50.	Üçgen (Feret Üçgeni) sınıflandırma sisteminde numunelerin yeri.....	80
Şekil 51.	Zemin numunelerinin XRD difraktogramları.....	81
Şekil 52.	Numunelere ait normal gerilme-Kayma gerilmesi grafikleri.....	84
Şekil 53.	Sağ yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Bishop kayma analizi.....	89
Şekil 54.	Sağ yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Janbu kayma analizi.....	90
Şekil 55.	Torul Barajı sağ sahilinin su tutmadan önceki hali.....	91
Şekil 56.	Torul barajı sağ sahilinin su tuttuktan sonraki hali.....	92
Şekil 57.	Sol yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Bishop kayma analizi.....	93
Şekil 58.	Sol yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Janbu kayma analizi.....	94

Şekil 59.	Torul Barajı sol sahilinin su tutmadan önceki hali.....	95
Şekil 60.	Torul barajı sol sahilinin su tuttuktan sonraki hali.....	96

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kürtün meteoroloji gözlem istasyonunda 1987 – 1992 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı.....	3
Tablo 2. Harşit meteoroloji gözlem istasyonunda 1957 – 1992 yılları arasında ölçülen ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı.....	4
Tablo 3. Sondajların koordinatları, kotları ve derinlikleri.....	8
Tablo 4. Dane çapına göre zeminlerin sınıflandırılması (MİT).....	13
Tablo 5. IAEG (1976)'nin likit limit değerlerine göre yaptığı zemin sınıflaması.....	16
Tablo 6. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Burmister, 1951).....	19
Tablo 7. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Leonards, 1962).....	19
Tablo 8. Plastisite indisinin, Plastisite özelliğine göre sınıflaması (IAEG, 1976).....	19
Tablo 9. Zeminlerin Kıvamlılık indisine göre sınıflaması.....	20
Tablo 10. Likitlik indisi ve kıvamlılık indisine göre zemin kıvam sınıflaması.....	20
Tablo 11. Killerin aktivite sınıflaması (Mitchel, 1976).....	21
Tablo 12. Grup sembolleri ve temsil ettikleri zeminler.....	22
Tablo 13. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemi (USCS).....	24
Tablo 14. Amerikan karayolları (AASHTO) zemin sınıflandırma sistemi.....	27
Tablo 15. Serbest basınç direnci, qu değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı.....	32
Tablo 16. Kütle hareketlerinin sınıflandırılması EPOCH (1993).....	33
Tablo 17. Yamaç dengesine etkileyen faktörler.....	36
Tablo 18. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları.....	37
Tablo 19. Analiz Yöntemleri.....	38
Tablo 20. Zemin örneklerinin fiziksel özellikleri.....	70
Tablo 21. Zemin örneklerinin fiziksel özelliklerinin genel değerlendirilmesi.....	71
Tablo 22. Zemin gruplarının dağılımı.....	73
Tablo 23. Zemin gruplarının genel değerlendirilmesi.....	74
Tablo 24. Zemin örneklerinin kıvam limitleri değerleri.....	74
Tablo 25. Zemin örneklerinin kıvam limitlerinin genel değerlendirilmesi.....	74

Tablo 26.	Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre bulunan zemin grubu sınıfları ve açıklamaları.....	76
Tablo 27.	Zemin örneklerinin IAEG, 1976'ya göre likit limit ve plastisite indisi değerleri ile belirlenen plastisite sınıflaması.....	76
Tablo 28.	Zemin örneklerinin plastisite indisi ile plastisite derecesi arasındaki ilişki.....	77
Tablo 29.	Zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflaması.....	77
Tablo 30.	Likitlik indisi ve kıvamlılık indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişkiye göre yapılan sınıflama.....	77
Tablo 31.	Killerin aktiviteye göre sınıflandırılması.....	78
Tablo 32.	Zemin numunelerinin şişme potansiyeline göre sınıflama.....	79
Tablo 33.	Numunelerin şişme potansiyeline göre sınıflaması.....	79
Tablo 34.	Amerikan Karayollarına (AASHTO) göre sınıflama.....	80
Tablo 35.	Numunelerin Feret Üçgenine göre sınıflandırılması.....	81
Tablo 36.	Zemin numunelerinin normal ve kayma gerilmesi değerleri.....	86
Tablo 37.	Zemin numunelerinin kesme kutusu deneyi sonuçları.....	86
Tablo 38.	Zemin örneklerinin serbest basınç değerleri.....	87
Tablo 39.	Zemin numunelerinin serbest basınç dayanımına göre belirlenen zemin kıvamı.....	87

SEMBOLLER DİZİNİ

a	: Zeminin özgül yoğunluğunun G _s sabitine oranı
A _f	: Kırılma anındaki en kesit alanı (cm ²)
A ₀	: İlk kesit alanı (cm ²)
c	: Kohezyon (kg/cm ²)
c'	: Efektif gerilmelere 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 yanlarına etkiyen normal kuvvet
H ₀	: İlk boy (cm)
I _p	: Likitlik indisi
I _c	: Kıvamlılık indisi
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
P _{max}	: kırılma anındaki yük (kg)
q _u	: Serbest basınç mukavemeti (kg/cm ²)
R	: Hidrometre okuması
S _r	: Doygunluk derecesi (%)
t	: Zaman

T	: Kayma kuvveti
U	: Boşluk suyu basıncı
V	: Zemin hacmi
V_b	: Boşluk hacmi
V_h	: Havanın hacmi
V_s	: Dane hacmi
V_w	: Su hacmi
W	: Su içeriği, Dilim ağırlığı, Zemin kütlesi
W_k	: Kuru zemin kütlesi
W_n	: Zeminin doğal su içeriği
W_p	: 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
ϕ	: İçsel sürtünme açısı
ϕ'	: 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 çalışma, Karadeniz Bölgesinin, Doğu Karadeniz bölümünde yer alan, Gümüşhane ilinin Torul ilçesinde bulunan Torul Barajında su tutulmaya başlandıktan sonra suyun, Torul Barajı göl alanının sağ ve sol yamaçlarının duraylılığına etkisini araştırmak amaçlanmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu

Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölümünde, Gümüşhane İli'nin yaklaşık 20 km kuzeybatısındaki Torul ilçesi civarında olup, Trabzon G42-c1-c4-d2-d3 paftalarının bir bölümünü içeren yaklaşık 15 km²'lik bir alandır (Şekil1).

1.3. Morfoloji

Çalışma alanı oldukça dik ve engebeli bir morfolojiye sahiptir. Morfolojik yapılar, vadiler ve bu vadilerin sınırladığı tepeler ve sırtların oluşturduğu yükseltilerdir. Kuzeybatı – Güneydoğu doğrultusunda uzanan Harşit Çayı, çalışma alanını ikiye ayırmakta ve derin bir vadi oluşturmaktadır. Harşit çayı taban olmak üzere, yükseklikler 550 m kotundan başlayarak yaklaşık 1600 m kota kadar değişmekte ve eğim, vadi yamaçlarında 40⁰ – 70⁰ arasında değişmektedir.

Çalışma alanındaki tepeler ve sırtlar; Çadırdağı Tepe (1552 m), Harmancık Sırtı, Hanzar Sırtı, Kalekaya Sırtı, Mandızlı Sırtı, Nasiye Sırtı, Kurusakız Sırtı ve Kuz Kayalığı'dır.

Çalışma alanındaki en büyük dere Gümüşhane – Kürtün karayoluna paralel akan Harşit çayıdır. Ayrıca Harşit Çayını besleyen Büyük Dere, Kuşkarme Dere, Kulan Dere, Vaşana Dereleri vardır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (<http://earth.google.com>)

1.4. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına güneydoğudan Gümüşhane İli Torul ilçesinden ve kuzeybatıdan Giresun İli Doğankent ilçesinden ulaşmak mümkündür. Torul ilçesiyle Kürtün ilçesi arasındaki 27 km'lik yol asfalt olup ulaşım kolaydır.

Çalışma alanı içerisinde bulunan yerleşim birimlerinin hepsine stabilize yol ile ulaşmak mümkündür.

Çalışma alanındaki başlıca yerleşim birimleri; Aksüt ve Kirazlık Köyleri, Armutlu, Baş, Cami, Omal, Mahalleleridir. Ayrıca yaz aylarında Carma Mezrasında yerleşim görülür.

1.5. İklim ve Bitki Örtüsü

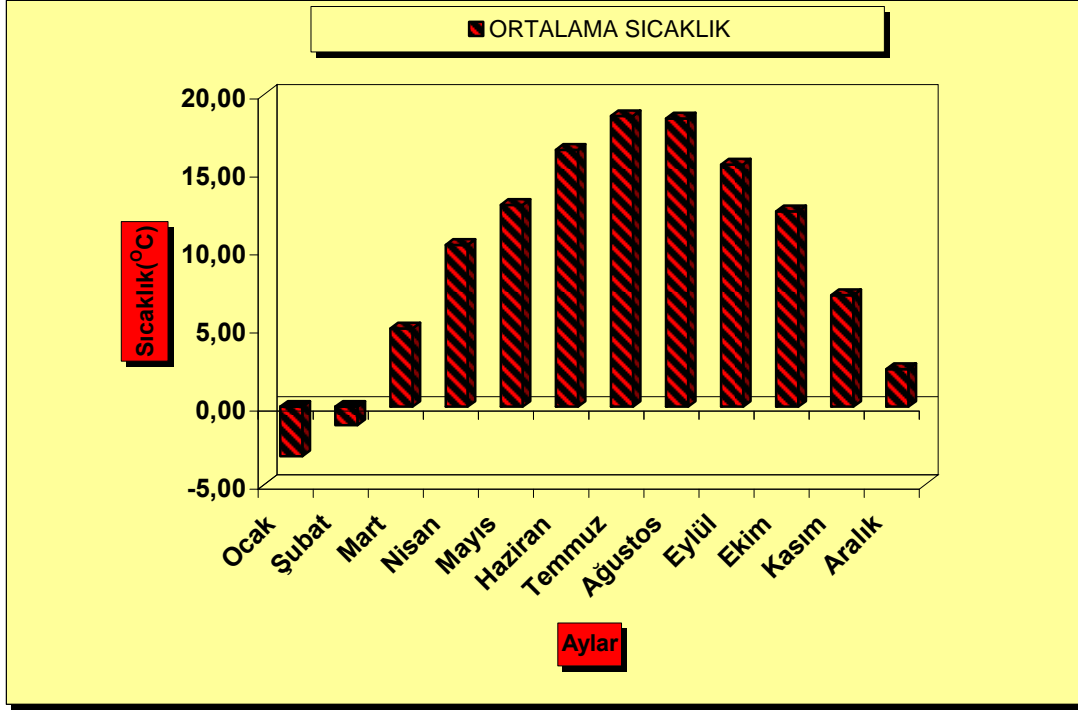
Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölümü'nün ılıman ve bol yağışlı iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Aylık ortalama yağış; Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Haziran aylarında oldukça yüksek değere ulaşmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde meteoroloji gözlem istasyonu mevcut değildir. Fakat bu alana yakın çevrede kurulmuş olan Kürtün ile Harşit meteoroloji gözlem istasyonlarının çalışmaları olmuştur. Ancak, bu istasyonların hiçbirinde yeterli derecede bilgi mevcut değildir. Bu istasyonlar 1992 yılı sonunda ekonomik nedenlerden dolayı kapatılmışlardır.

Kürtün meteoroloji gözlem istasyonunda 1987 – 1992 yılları arasındaki 6 yıllık gözlem sürecinde sıcaklık değerleri ölçülmüş ve bunların aylara göre ortalama değerleri hesaplanmıştır. Aylara göre ortalama sıcaklık değerleri Tablo1'de ve ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılım grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kürtün meteoroloji gözlem istasyonunda 1987 – 1992 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 (°C)
Ortalama Sıcaklık (°C)	-3,17	-1,18	5,02	10,38	12,93	16,47	18,63	18,47	15,53	12,53	7,15	2,42	9,60

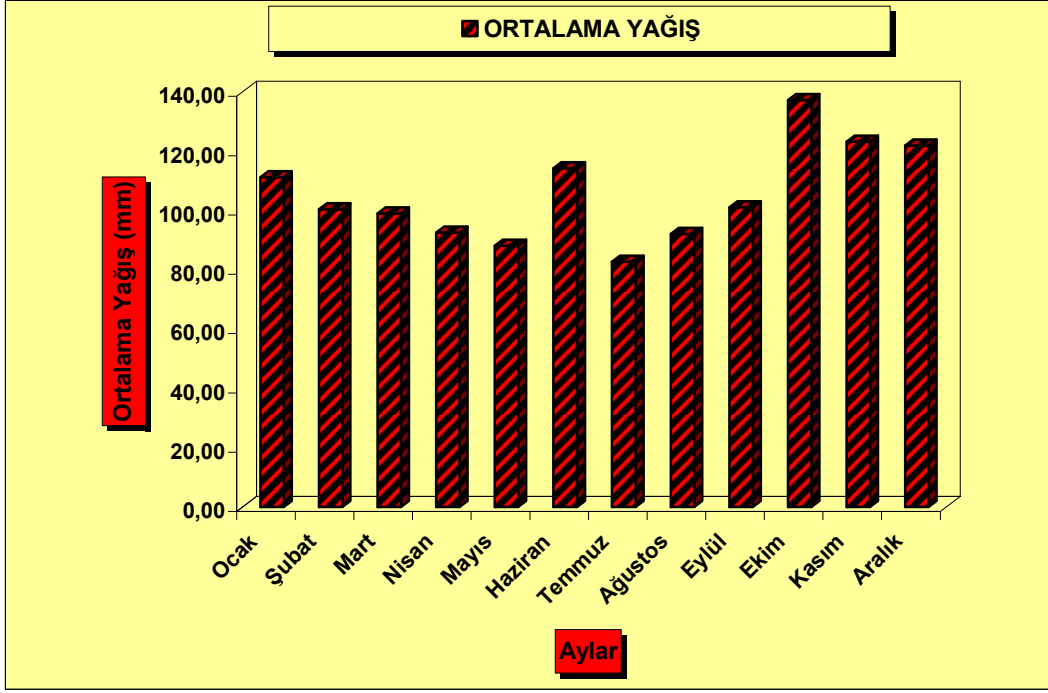


Şekil 2. Kürtün meteoroloji gözlem istasyonuna ait ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı

Harşit meteoroloji gözlem istasyonunda 1957 – 1992 yılları arasındaki 36 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’de verilmiştir.

Tablo 2. Harşit meteoroloji gözlem istasyonunda 1957 – 1992 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)	111,15	100,41	99,02	92,47	88,11	114,20	82,70	92,10	101,09	137,23	123,14	121,86	1263,53
% Dağılım	8,80	7,95	7,84	7,32	6,97	9,04	6,55	7,29	8,00	10,86	9,75	9,65	



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

Çalışma alanında gözlenen bitki örtüsünü yüksek kotlarda ladin, köknar, kızılğaç ve çam ağaçları oluşturmaktadır. Düşük kotlarda ise ceviz, meşe, pelit ve meyve ağaçları ile azda olsa fındık bahçeleri yer almaktadır.

1.6. Önceki Çalışmalar

Erguvanlı (1953), Espiye – Gümüşhane arasında kalan bölgede çalışarak, bölgenin denizaltı volkanizması ürünü olan lav, tüf, aglomera karmaşık serisinden ve bunların arasında, içinde Globotruncana fosillerinin saptandığı tortul kayalardan söz etmiş ve bu kayalara Üst Kretase yaşı vermiştir.

Gediklioğlu (1978), ‘Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları (Giresun - Doğan kent)’ isimli araştırmasında yörede yüzeylenen kayaçların stratigrafik dizilimini yaşlıdan gence doğru şu şekilde vermiştir; Alt Bazik Volkanik Seri ve Mermerler (Jura-Alt Kretase), Dasitik Lav, Tüf ve Breşler (Senoniyen), Volcano - Tortul Seri (Senoniyen) ve Üst Bazik Volkanik Seri (Üst Senoniyen – Alt Tersiyer ?). Gediklioğlu, başlıca bazik volkanik kayaçlar ile birkaç seviye halinde mermer mercikleri içeren Jura-Alt Kretase yaşlı Alt Bazik Seri’nin Alt Kretase ile Üst Kretase arasındaki bir dönemde Harşit Granit Karmaşığı tarafından kesildiğini ve bu sokulundan dolayı yükselmeden sonra bölgenin Üst Kretase’nin

başlangıcında aşınmaya uğradığını ileri sürmüştür. Araştırmacı, esas kütlesi granodiyorit olan Harşit Granit Karmaşığı'nın yaşının K/Ar yöntemine göre 94.4 milyon yaşında olduğunu ve bu yaşında Avusturya (Forgosau) orojeneik fazına karşılık geldiğini saptamıştır.

Boynukalın (1990), 'Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanı'nın Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri' adlı araştırmasında; Dereli baraj yeri ve çevre kayaçlarının stratigrafik istiflenmesini yaşlıdan gence doğru; Kotana metamorfileri (Liyas öncesi), Umuf Formasyonu (Liyas), Süllü Formasyonu (Dogger ? – Üst Kretase), Yavuz Kemal Formasyonu (Üst Kretase), Dereli granatoyidi (Üst Kretase sonrası) ve Kuvarterner yaşlı travertenler, alüvyonlar ve yamaç döküntüleri şeklinde sıralanmıştır.

Şirin (1995), 'Kürtün – Torul (Gümüşhane) arası Karayolu Şevlerinin Duraylılık açısından incelenmesi' adlı araştırmasında; yörede yüzeylenen kayaçların genel jeolojisini inceleyerek arazi gözlemlerine dayandırılan stratigrafik kolon kesiti ortaya çıkarmış ve bu amaçla 4 formasyon, 2 üye, 2 litodem şeklinde haritalamıştır.

Peker (1998), 'Kürtün Barajı Dolusavak Güzergahındaki Granodiyorit Jeomekanik Özellikleri ve Bu Güzergahtaki Kazı Şevlerinin Duraylılığı' adlı araştırmasında; bölgenin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve bölgede yüzeylenen kayaçların stratigrafik dizilimini yaşlıdan gence doğru; Liyas yaşlı andezit, spilitleşmiş bazalt ve piroklastları, Dogger- Malm yaşlı kriztalize kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı dasit ve dasitik piroklastlar, kırmızı renkli kumlu – killi kireçtaşı (Üst Kretase), Üst Kretase yaşlı andezit ve andezitik piroklastlar, İri kuvarslı dasit daykı (Üst Kretase), Kürtün granodiyoriti (Üst Kretase üstü) ve kuvarterner yaşlı alüvyonlar, heyelan malzemeleri ve yamaç molozları şeklinde sıralamıştır.

Kaygusuz (2000), 'Torul ve çevresinde yüzeylenen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi' adlı çalışmada; çalışma alanına ait iki stratigrafi kurmuş ve şu şekilde açıklamıştır; çalışma alanının güneyinde, tabanı Liyas yaşlı toleyitik karakterli bazalt ve andezitler oluşturur. Malm – Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları uyumlu olarak volkanitlerin üzerine gelir. Üst Kretase genellikle volkano – tortul kayaçlarla temsil edilir, ancak bu seviyelere yer yer asidik volkanitler eşlik eder. Güney Zon'un en genç kayaçları Eosen yaşlı andezitlerdir. Üst Kretase ve Eosen kayaçlarının kimyasal özellikleri tipik volkanik yay kayaçlarına benzer özellik gösterir. Çalışma alanının kuzeyi ise sadece volkanik kayaçların oluşturduğu Üst Kretase formasyonlarından oluşur. Çoğunluğunu kalk-alkalen kayaçların oluşturduğu bu volkanitler, kimyasal özellikleri bakımından yay volkanitlerine benzemektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yerüstü Çalışmaları

Çalışma alanında yapılan arazi çalışmaları ile bölgenin 1/10.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmış, yüzeylenen birimlerden örnekler alınarak mikroskobik incelemeler için ince kesitler hazırlanmış ve laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri alınmıştır.

2.2. Yeraltı Çalışmaları

Yeraltı araştırmaları, DSI 22. Bölge Müdürlüğü 13 Sondaj Şube Müdürlüğü tarafından 26.07.2004 -31.05.2006 tarihleri yapılan temel araştırma sondajları ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Sondajlar

Sağ yamaçta 10 adet, sol yamaçta da 5 adet olmak üzere 15 adet sondaj kuyusunda toplam 867.00m sondaj yapılmıştır. Bu sondajların koordinatları, kotları ve derinlikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Sondajların koordinatları, kotları ve derinlikleri

Kuyu No	KUYU		KUYU KOORDİNATLARI	
	Kotu (m)	Derinliği (m)	X	Y
YSK-1	930	62	4499203	520494
YSK-2	925	52	4499343	520410
YSK-3	923	28	4499388	520368
YSK-4	911	24	4499278	520392
YSK-5	905	84	4499348	520300
YSK-6	898	71	4499335	520240
YSK-7	938	80	4499241	519760
YSK-8	905	70	4499263	519841
YSK-9	910	47.5	4499166	519861
YSK-10	927	60.5	4499374	519743
YSK-11	1045	45	4499318	519401
YSK-12	962	33	4499247	520524
YSK-13	964	40	4499354	520495
YSK-14	894	95	4499270	520281
YSK-15	850	75	4499280	520190

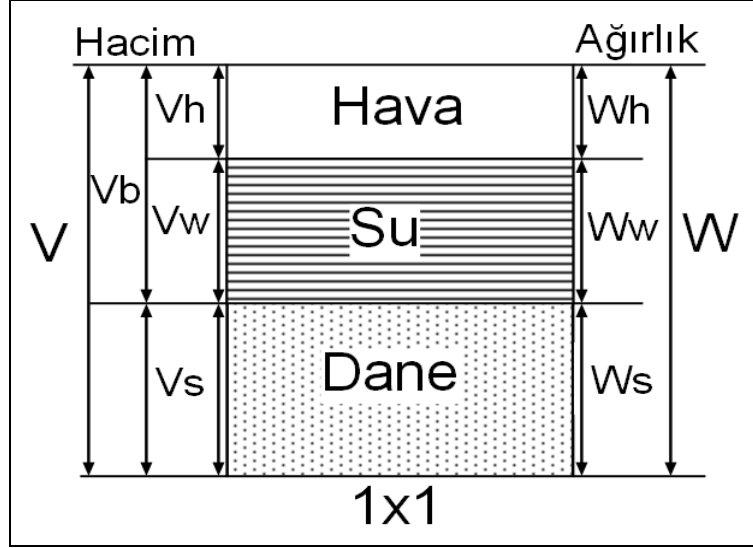
2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanından alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek için, serbest basınç, kesme kutusu, özgül ağırlık, kıvam limitleri, yıkamalı elek analizi, hidrometre analizi ve kil cinsinin tayini için X-Ray Difaktometre analizleri yapılmıştır.

2.2.1. Jeoteknik Özellikler

2.2.1.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Zeminden çıkarılmış bir prizma içindeki su, hava ve danenin ağırlık ve hacimleri aynı kalmak üzere yukarıdan aşağıya doğru sıralandıklarını düşünelim (Şekil 4). Bu zemin prizmasına göre zeminin fiziksel özelliklerini açıklarsak;



Şekil 4. Zemin prizması

$$Vb = Vh + Vw \quad (1)$$

Boşluk Oranı (e), boşluk hacminin dane hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$e = \frac{Vb}{Vs} \quad (2)$$

Porozite (n), boşluk hacminin tüm hacme oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$n = \frac{Vb}{V} \quad (3)$$

Su İçeriği (W), su ağırlığının dane ağırlığına oranının yüzde cinsinden ifadesidir. Islak zeminden bir parça alınır, ağırlıkları bilenen cam kaplara konulup, tartılır sonra etüvde 105 °C'de 24 saat süreyle tutulur ve tekrar tartılır, aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Mw = Mtws - Mtds \quad (4)$$

$$Ms = Mtds - Mt \quad (5)$$

$$\%W = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (6)$$

M_w = Su kütlesi

M_{tws} = Dara + ıslak zemin

M_{tds} = Dara + kuru zemin

M_s = Katı parçacıkların kütlesi

M_t = Dara

Doygunluk Derecesi (S_r), su hacminin boşluk hacmine oranının yüzde cinsinden ifadesidir ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$S = \frac{V_w}{V_b} \quad (7)$$

Özgül Ağırlık (G_s), zemin danelerinin yoğunluklarının suyun yoğunluğu ile karşılaştırılması, zemin danelerinin yoğunluğunun suyun yoğunluğuna oranı biçimindedir. Bu oran zemin danelerinin özgül ağırlığı denir ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır. Zeminlerin özgül ağırlıklarının belirlemek için piknometre deneyi yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Piknometre deney düzeneği

$$G_s = \frac{M_s \times G_{WT}}{M_s - M_{BWS} + M_{BW}} \quad (8)$$

G_s = Zeminde ait özgül yoğunluk

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

Burada tanıtılan yöntemle belirtilen özgül yoğunluk, G_s değeri zemin içerisinde doğal olarak oluşmuş, organik maddeler gibi su içinde çözünmeyen malzeme içermeyen katı parçacıkların ortalama değeridir (ASTM D854).

Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n), zeminin doğal kütlesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_n = \frac{W}{V} \quad (9)$$

Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k), kuru zemin kütlesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V} \quad (10)$$

Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_{doy}), zemin boşluklarının tamamının su ile dolu olduğu durumdaki kütlesinin toplam hacmine oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma_{doy} = \frac{W_k + V_b \times \gamma_w}{V} \quad (11)$$

Batık Birim Hacim ağırlık (γ'), su altındaki zeminler için söz konusu olup; doymun birim hacim ağırlık ile suyun birim hacim ağırlığı arasındaki fark olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\gamma' = \gamma_{doy} - \gamma_w \quad (12)$$

2.2.1.2. Dane Dağılımı

Zemin numunelerinin dane dağılımını ASTM D 422 standartlarına göre belirlenmiştir. Bunun için yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi yapılmıştır (Şekil 6, 7). Yıkamalı elek analizinde, 500gr örnek, 1lt saf su ve 2 gr sodyum hegza meta fosfat ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$)' la hazırlanan çözeltide 24 saat bekletilir ve sırasıyla 3, 4, 10, 25, 40, 60, 100 ve 200 nolu eleklerden yıkanarak elenir. Eleme işleminden sonra her elek üzerinde kalan malzeme ağırlıkları belirlenmiş cam kaplara konulup tartılır ve etüvde 24 saat ve 105 °C sıcaklıkta kurulup tekrar tartılır ve böylece her elek üzerinde kalan miktar belirlenir.

Her elekten geçen yüzde (%P), aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\%P = \frac{\text{ElektenGeçenMalzemeMiktari}}{\text{ElemeyetabiTutulanToplamMalzemeMiktari}} \times 100 \quad (13)$$

Elek çapları (D mm) logaritmik yatay ekseninde, %p lineer düşey ekseninde olmak üzere garnüloometri (dane dağılım) eğrisi çizilir.

200 nolu elekten geçen ince daneli malzemenin dane dağılımı hidrometre analizi ile bulunur. Bunun için 50 gr'lık kuru numune, 250 ml'lik cam kap içerisine yerleştirilir üzerine 40 gr sodyum hegza meta fosfat ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$) ve 1lt saf su ile hazırlanan çözeltiden 125 ml eklenerek karışım oluşturulur ve 24 saat bekletilerek karıştırıcı ile (mikser) karıştırılır. Daha sonra bu karışım mezüra aktarılarak üzerine 1000 ml' ye kadar saf su ilave edilir. Mezürün ağzı avuç içi ile kapatılarak birkaç kez baş aşağı getirilir böylece karışımın homojen duruma gelmesi sağlanır. Hidrometre karışım içine bırakılarak belirli zaman aralıklarında okumalar alınır. 152 H tipi hidrometre için dane çapları ve yüzde geçenler aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır;

$$D = \sqrt{\frac{30 \times \mu}{980 \times (G_s - G_w)}} \times \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (14)$$

$$\%P' = \frac{aR}{M_s} \times 100 \quad (15)$$

$$a = \frac{G_s}{2,65} \quad (16)$$

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 süreklilik sağlamak için hidrometre analizinden bulunan geçen yüzdesi %P' aşağıdaki eşitlikte yerine konularak %P yıkamalı elek analizindeki geçen yüzdesi olarak hesaplanır.

$$\%P = \%P' \times \frac{200 \text{ nolu Elekten Geçen malzeme Miktarı}}{\text{Elemeye Tabi Tutulan Malzeme Miktarı}} \times 100 \quad (17)$$

Bu iki analiz sonuçlarının birleştirilmesiyle elde edilen granülometri (dane dağılım) eğrisi kullanılarak, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından oluşturulan sınıflama (Tablo 4) sınıf değerlerine göre zemin grupları belirlenir.

Tablo 4. 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



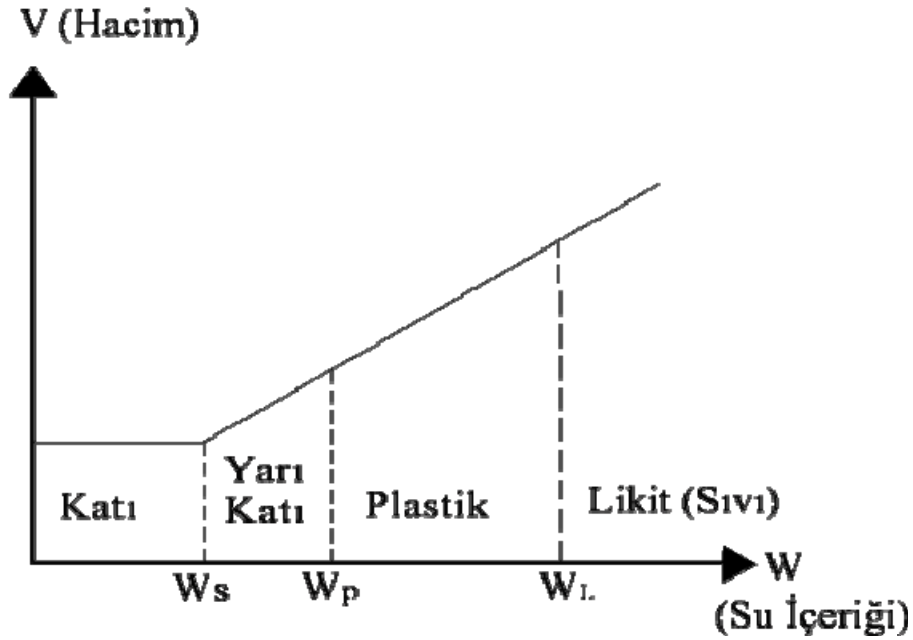
Şekil 6. Yıkamalı elek analizi



Şekil 7. Hidrometre analizi

2.2.1.3. Atterberg (Kıvam) Limitleri

Atterberg (kıvam) limitleri; zemin tanecikleri ile su arasındaki ilişkileri ve değişen su içeriklerine göre zeminin durumunun tanımlanmasını gerçekleştirir. Bir zemin hacmi dane (katı) hacmi ve boşluk (sıvı ve gaz hacmi toplamı) hacminden oluşur. Kurak mevsimlerde özellikle killi zeminler düşük su içeriğinden dolayı yüksek dayanıma sahip olurken yağışlı mevsimlerde su içeriği artacağından likit hale gelerek dayanımı azalır. Bu durum zeminin boşluklarında bulunan suyun ortamın şartlarına göre buharlaşması veya boşlukları doldurmasıyla değişmektedir. Su içeriğine bağlı olarak zeminin hacminde meydana gelen değişimlerin kıvam limitleriyle ilişkisi Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Zeminlerde su içeriği- hacim değişimi ve kıvam limitlerinin tanımlanması

2.2.1.3.1. Likit Limit

Viskozitesi yüksek bir sıvı gibi akıcı durumdaki zeminin plastik duruma dönüştüğü andaki su muhtevasına likit limit denir.

Likit limiti belirlemek için ASTM D 4318 standartlarına göre likit limit deneyi yapılmıştır (Şekil 9). Örselenmiş örneklerden alınan numune açık havada kurutulur daha sonra 40 nolu elekten elenir ve yaklaşık 250-300 gr. numune alınır. Porselen bir kab içersine konur 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 dak. süreyle yeniden karıştırılır. Hazırlanan bu numunedan bir miktar alınarak Casagrande (likit limit aleti) 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 tabanında 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 duyarlılık bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir. 24 saat sonunda etüve 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 eksen boyunca, darbe sayısı yatay eksen boyunca işaretlenir ve bir akma eğrisi elde edilir. 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği değeri likit limit olarak belirlenir. Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) likit limit değerleri kullanılarak yaptığı sınıflama Tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5. 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 fazla yüksek plastisiteli	> 90



Şekil 9. Casagrande aleti ve deneyde kullanılan malzemeler

2.2.1.3.2. Plastik Limit

Plastik limit ıslak zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği su içeriği olarak tanımlanır.

Plastik limiti belirlemek için ASTM D 4318 standartlarına göre plastik limit deneyi yapılmıştır (Şekil 10). Likit limit deneyi için hazırlanmış numuneden bir miktar alınır, cam levha üzerine konulup, avuç içi ile yuvarlamak suretiyle zemin 3 mm. çapında iplikçikler haline getirilir. Bu yuvarlama işlemine 3 mm. çapındaki zemin yüzeyinde çatlamlar ve kopmalar meydana gelinceye kadar devam edilir. Zemin istenilen özelliklere ulaştığında en az 5 gr'lık numune bir kaba konur. 0,01 gr duyarlıklı bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Numune kurumasi için etüve konur ve 24 saat beklenir. 24 saat sonunda etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su içeriği saptanır. Aynı zemin için deney en az 3 defa tekrarlanır ve elde edilen değerlerin ortalaması alınır.



Şekil 10. Plastik limit deneyi

2.2.1.3.3. Plastisite İndisi

Likit limit ve plastik limit arasındaki fark ile plastisite indisi belirlenir.

$$I_p = W_L - W_p \quad (18)$$

I_p = Zeminin plastisite indisi

W_L = zeminin likit limiti

W_p = Zeminin plastik limiti

İnce taneli zeminlerde, plastisite indisine göre Burmister (1951), Leonards (1962) ve Uluslar Arası Mühendislik Jeolojisi Komisyonu (IAEG, 1976) tarafından önerilen sınıflamalar sırayla Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8’da verilmiştir.

Tablo 6. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Burmister, 1951)

Plastisite İndisi (PI%)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	SİLT
0-5	Önemsiz derecede plastisiteye sahip	KİLLİ SİLT
5-10	Düşük plastisiteli	SİLT ve KİL
10-20	Orta plastisiteli	KİL ve SİLT
20-40	Yüksek plastisiteli	SİLTİ KİL
> 40	Çok yüksek plastisiteli	KİL

Tablo 7. Plastisite indisinin, plastisite derecesine göre sınıflaması (Leonards, 1962)

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

Tablo 8. Plastisite indisinin, plastisite özelliğine göre sınıflaması (IAEG, 1976)

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

2.2.1.3.4. Rötire (Büzülme) Limit, Likitlik İndisi ve Kıvamlılık İndisi

Rötire limit, zeminin kuruyarak hacminde azalma olmayacağı su içeriği sınırı olarak tanımlanır. Likit limit yatay, plastisite indisi düşey eksene işaretlenerek oluşturulan grafikten rötire limit değeri bulunur.

Kıvam limitlerinin laboratuarda belirlenmesinden sonra arazideki durumunu belirlemek için likitlik indisi hesaplanır.

$$I_L = \frac{W_n - W_p}{W_L - W_p} = \frac{W_n - W_p}{I_p} \quad (19)$$

W_n = Zeminin doğal su içeriği

I_L = Zeminin likitlik indisi

Likitlik indisine benzer olarak, zeminin arazide doğal haldeki kıvamı aşağıdaki eşitlikle belirlenir. Zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması Tablo 9'de verilmiştir.

$$I_c = \frac{W_L - W_n}{W_L - W_p} = \frac{W_L - W_n}{I_p} \quad (20)$$

I_c = Kıvamlılık indisi

Tablo 9. Zeminlerin Kıvamlılık indisine göre sınıflaması

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

Bu katsayıların değerleriyle zeminin kıvamı arasındaki ilişki Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 10. Likitlik indisi ve kıvamlılık indisine göre zemin kıvam sınıflaması

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

2.2.1.4. Killerin Aktivite ve Şişme Potansiyeline Göre Sınıflandırılması

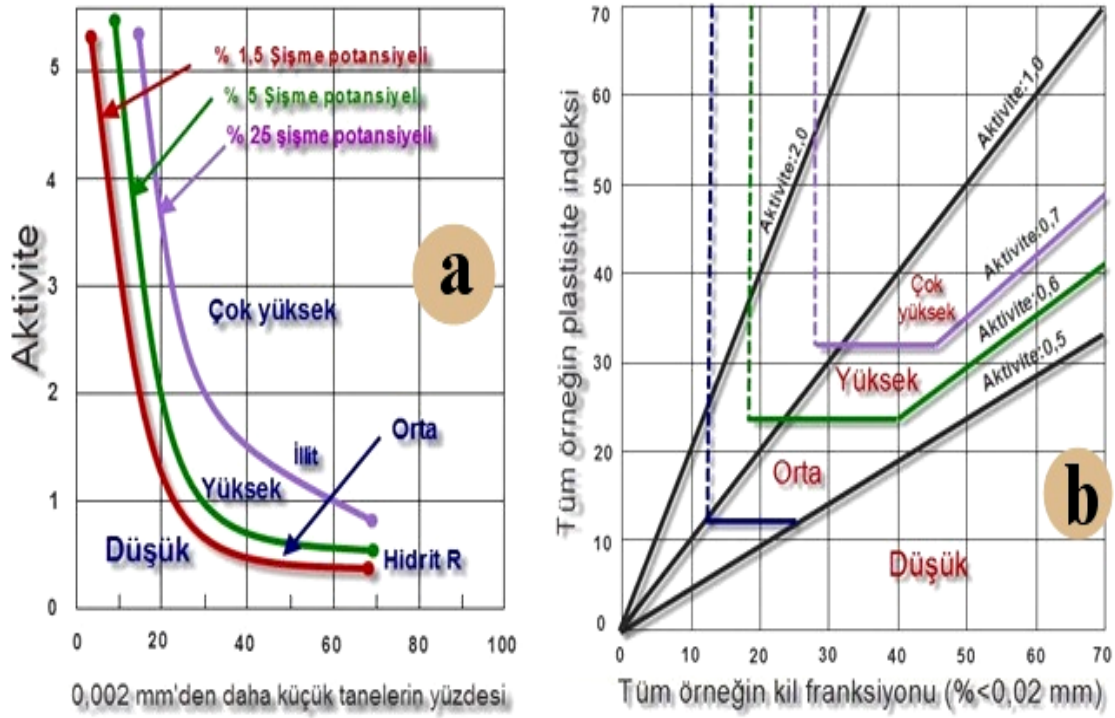
Killerin su içeriğine bağlı hacimde oluşan değişimi belirlemek için aktivite katsayısı bulunur. Aktivite katsayısı, plastisite indisinin zemine ait 0,002 mm. çapına karşılık geçen yüzdeye (%P) oranı ile belirlenir. Killerin aktivite katsayılarına göre sınıflandırılması (Tablo 11).

$$A_c = \frac{I_p}{\%P(< 0,002mm)} \quad (21)$$

Tablo 11. Killerin aktivite sınıflaması (Mitchel, 1976)

Aktivite	Sınıflama	Kil Türü
<0.75	Aktif olmayan killer	(kaolinit)
0.75-1.25	Normal killer	(illit)
>1.25	Aktif killer	(montmorillonit)

Killerin aktivitelere göre sınıflandırılmasında aktivite abağı (Şekil 11) kullanılır. Kil fraksiyonu yatay eksene, plastisite indisi düşey eksene getirilerek oluşturulan abağa tüm numuneler işaretlenerek numunelerin aktivite katsayıları belirlenir. Aktivite katsayısı düşey eksene, 0.002 mm'den küçük tanelerin yüzdesi yatay eksene düşürülerek oluşturulan grafikte ise numunelerin şişme potansiyelleri bulunur.



Şekil 11. a) Şişme potansiyeline göre sınıflandırma (seed vd.,1962), b) Şişme potansiyeli tahmini (Van Der Merve, 1964)

2.2.1.5. Kil minerallerinin incelenmesi

Numunelerin kil cinsleri ve gösterdiği özellikler grafik ve tablolar yardımıyla belirlenmiştir. Kil cinslerinin belirlenmesinde X-Ray difraktometre çekimleri yapılmıştır. 200 nolu eleğin altından geçen malzeme havanda öğütülerek kimyasal çözme yoluyla karbonatlar, organik madde gibi, kil olmayan minerallerden arındırılmış ve yıkama işlemiyle kil boyutu

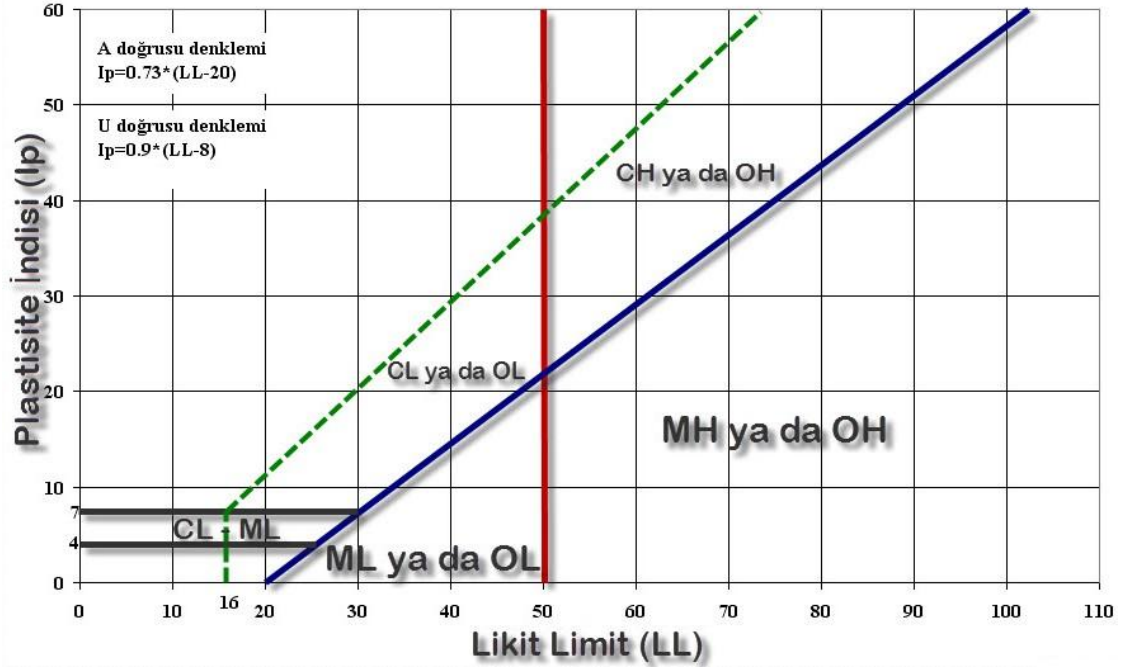
malzeme elde edilmiştir. Bu malzemeden yaklaşık 1gr. alınarak X-Ray difraktometre çekimleri yapılmış ve bu şekilde kil mineral türleri tayin edilmiştir.

2.2.1.6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS)

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi ilk kez Aathur Casagrande tarafından 1942 yılında havaalanı inşaatları için geliştirilmiştir. Bu sistemde zeminlerin sınıflandırılması için dane büyüklüğüne ve kıvam limitlerine ihtiyaç vardır. Zeminlerin çoğu iki harf kullanılarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde 1952’de havaalanı inşaatlarının yanında baraj ve diğer inşaatlarda da kullanılabilmesi için küçük değişiklikler yapılmış, son olarak 1984 de ASTM tarafından yeniden düzenlenmiş ve ‘Grup Sembolü’ ne ilave olarak ‘Grup Adı’ da ilave edilmiştir. İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için kıvam limitleri ve plastisite grafiği kullanılmaktadır. (Şekil 12)

Tablo 12. 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

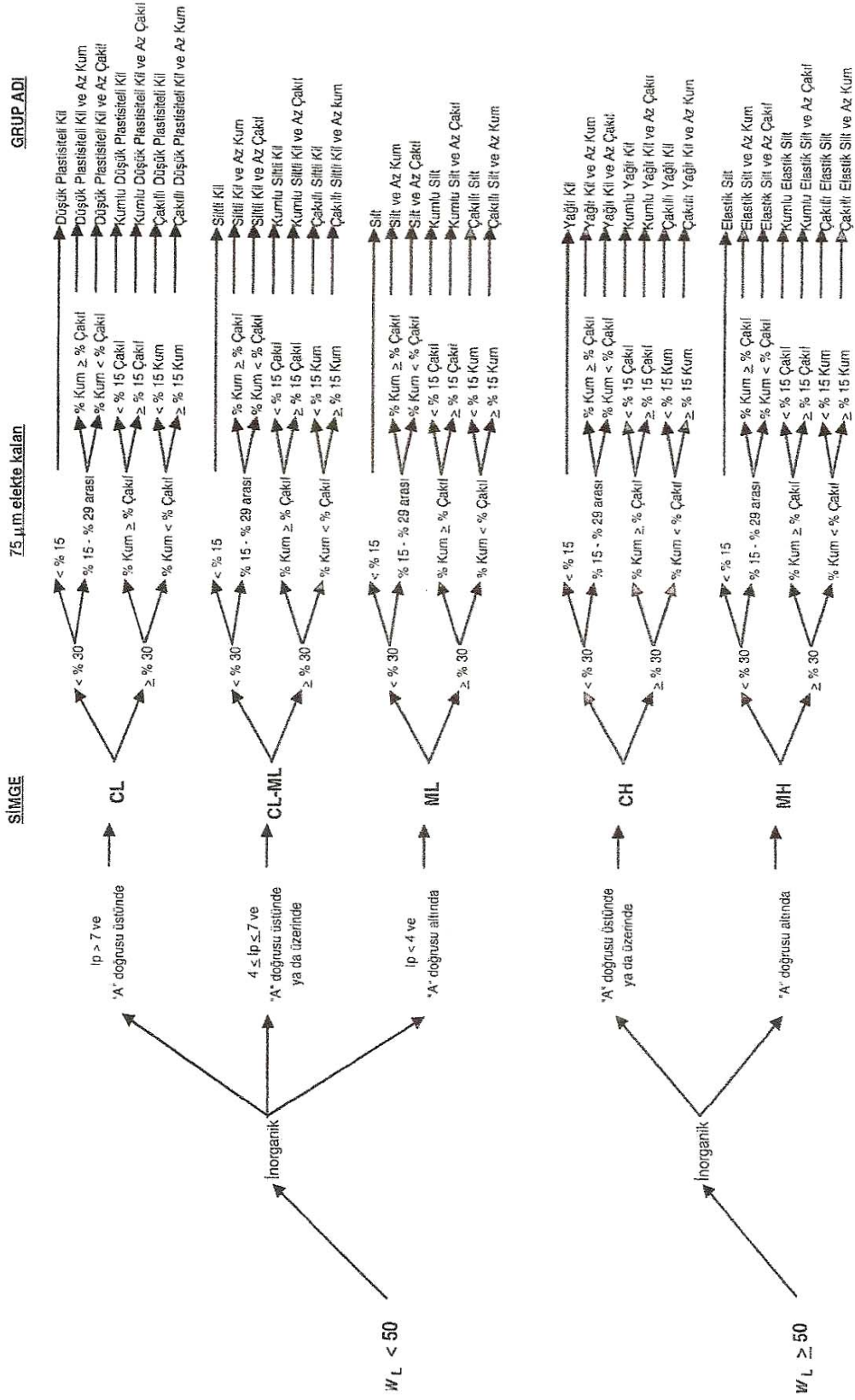


Şekil 12. Casagrande plastisite grafiği

Örnekler platisite indisi ve likit limit değerleri kullanılarak casagrande kartı ve birleştirilmiş zemin sınıflama tablosu ile adlandırılır. Ayrıca örneklerin içerdiği çakıl ve kum yüzdeleri ile likit limit %50 den küçük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması ve likit limiti %50 den büyük ince daneli zeminlerin sınıflandırılması Şekil 13'deki grafik kullanılarak adlandırılır.

Tablo 13. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemi (USCS)

Laboratuar DeneYlerini Kullanarak Simgeleme Kriterleri				Zemin Sınıfı	
				Simge	Grup Adı
İri Daneli Zeminler (% 50 'den fazlası 80 µm elek üzerinde kalan) 200 nolu elek üzerinde kalan	ÇAKILLAR Kabadanelerin %50'den fazlası 2 mm elek üzerinde kalıyor 10 nolu elek üzerinde kalan	Temiz çakıllar (%5 ten az ince içeriyor)	$Cu \geq 4$ ve $1 \leq Cr \leq 3$	GW	DüZgün dane dağılımlı çakıl
			$1 > Cr$ veya $Cr > 3$	GP	Üniform çakıl
		Kırlı çakıllar (incesi %5 te fazla)	İnceleri plastisite kartında ML veya MH	GM	Siltli çakıl
			İnceleri plastisite kartında CL veya CH	GC	Killi çakıl
	KUMLAR %50 'den fazlası 2 mm elekten geçiyor. 10 nolu elek altına geçen	Temiz kumlar (%5'ten az incesi var)	$Cu \geq 6$ ve $1 \leq Cr \leq 3$	SW	DüZgün dane dağılımlı kum
			$1 > Cr$ veya $Cr > 3$	SP	Üniform kum
		Kırlı kumlar (incesi %5 'den fazla)	İnceleri plastisite kartında ML veya MH	SM	Siltli kum
			İnceleri plastisite kartında CL veya CH	SC	Killi kum
İnce daneli zeminler (% 50 'den fazlası 80 µm elekten geçen) 200 nolu elek altına geçen	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 50 den küçük)	Anorganik	$I_p > 7$ ve A doğrusu üzerinde	CL	Düşük plastisiteli kil
			$I_p < 7$ ve A doğrusu altında	ML	Silt
	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 50 veya yüksek)	Organik	W_L kurutulmuş/ W_L doğal < 0.75	OL	Organik kil Organik silt
			Anorganik	I_p A doğrusu üstünde veya üzerinde ($I_p > 7$)	CH
		I_p A doğrusu altında ($I_p < 7$)		MH	Elastik silt
		Organik	W_L kurutulmuş/ W_L doğal < 0.75	OH	Organik kil Organik silt
Organik Zemin	Koyu renkli, aşırı organik malzeme ihtiva ediyor.		PT	Turba	



Şekil 13. İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (% 50 den fazlası 0,075 mm elekten geçiyor).

2.2.1.7. AASHTO Sınıflandırılması

Bu yöntem, Holtterogler tarafından geliştirilmiş olup karayollarındaki stabilite, araç yüklerinin etkisi ve donma-çözülme özellikleri dikkate alınarak zeminlerin sınıflandırılması için yapılmıştır. A grubuna göre yapılan sınıflamada zemin A-1 den A-8 e kadar 8 alt gruba ayrılmıştır (Tablo 14). Bu indislerin anlamı ise, küçük indisten büyük indese doğru gidildikçe zeminin karayolu altyapısındaki performansı düşmektedir. Yani karayollarındaki en iyi performansı A-1 göstermektedir. Grupların tanımı ise şu şekildedir.

A-1 grubu: bu gruptaki zeminler dolgu olarak kullanıldıkları zaman iyi stabilite ve çok az oturma gösterir.

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 yok 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 geçirimsizlikleri 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 indisi aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$GI = (F - 35) \times [0.2 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F - 15) \times (PI - 10) \quad (22)$$

Burada; F: 200 no'lu elekten geçen toplam zeminin yüzdesi

LL: likit limit (%)

PI : plastisite indisi

GI (Grup indisi) tam rakama yuvarlatılmalı, eğer sıfırdan küçük olarak hesaplanırsa sıfır olarak alınmalıdır. Ayrıca, GI yükseldikçe zeminin altyapıda kullanılması için uygunluğu düşer.

Tablo 14. Amerikan karayolları (AASHTO) zemin sınıflandırma sistemi

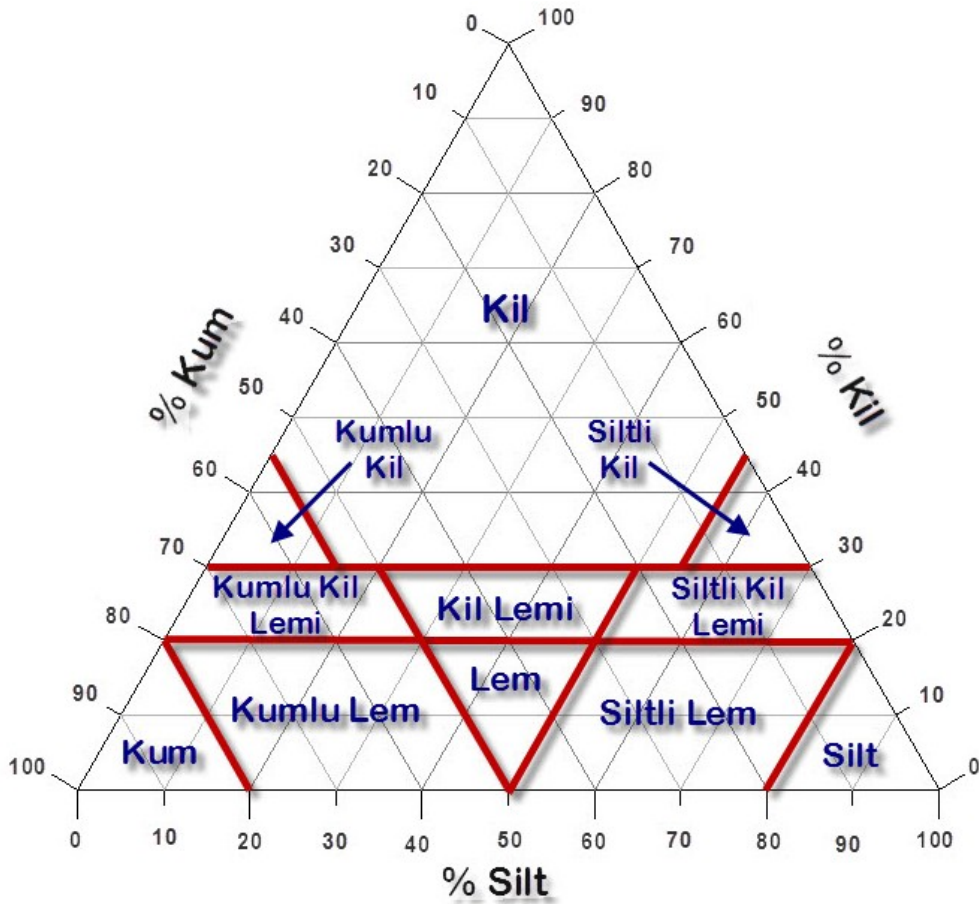
Genel Sınıflandırma	İri daneli malzemeler (% 35 veya daha az 200 nolu elekten geçen)							İnce daneli malzemeler siltli-kil malzemeler (% 35'den fazla 200 nolu elek altına geçen)			
Grup sınıflandırma	A-1		A-3 ¹					A-4	A-5	A-6	A-7
Elek Analizi Yüzde Geçen	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 ² A-7-6
No:10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No: 40	30 max	50 max	51 max	-	-	-	-	-	-	-	-
No: 200	15 max	25 max	50 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
No: 40 altına Geçen kısmın Özellikleri											
Likit limit	-	-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	40 max	41 min	40 max	41 min
Plastisite indisi	6 max	NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	10 max	11 min	11 min
Grup İndisi	0	0	0	0	0	4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
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 ve kötü			

A-7-5= WI, 30'a eşit veya azdır.

A-7-6= WL 30'dan fazladır.

2.2.1.8. Üçgen Sınıflandırma (FERET Üçgeni)

Bu sınıflama sisteminde zemine ait kum, silt ve kil yüzdeleri kullanılır. İlk önce zeminin granülometri eğrisi çizilir ve çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri belirlenir. Çakıl yüzdesi çıkarılarak ve kalan kum, kil ve silt yüzdelерinin toplamı %100 olacak şekilde bu kısımların yüzdeleri tekrar hesaplanır. Elde edilen yüzdeler Şekil 14' de görülen Feret üçgeni üzerine işaretlenerek hangi noktaya düştüğü belirlenir. Üçgen üzerine düşen bölgeye göre zemin adlandırılır.



Şekil 14. Üçgen sınıflandırma abağı (Feret Üçgeni)

2.2.1.9. Zeminin Kayma Direnci

Zemin kütlesi üzerine yapılan yükleme sonucunda dengenin (stabilite) korunması ve kırılmanın (göçme) olmaması istenir. Bunun sonucunda zemin kütlesi üzerine yapılacak yüklemelerde iki şartın aynı anda sağlanması istenir, bunlar denge ve yer değiştirme (deformasyon) şartlarıdır. Her iki şartın incelenmesinde zemine ait kayma direnci ve parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreleri kesme kutusu ve serbest basınç deneyi yaparak bulunur.

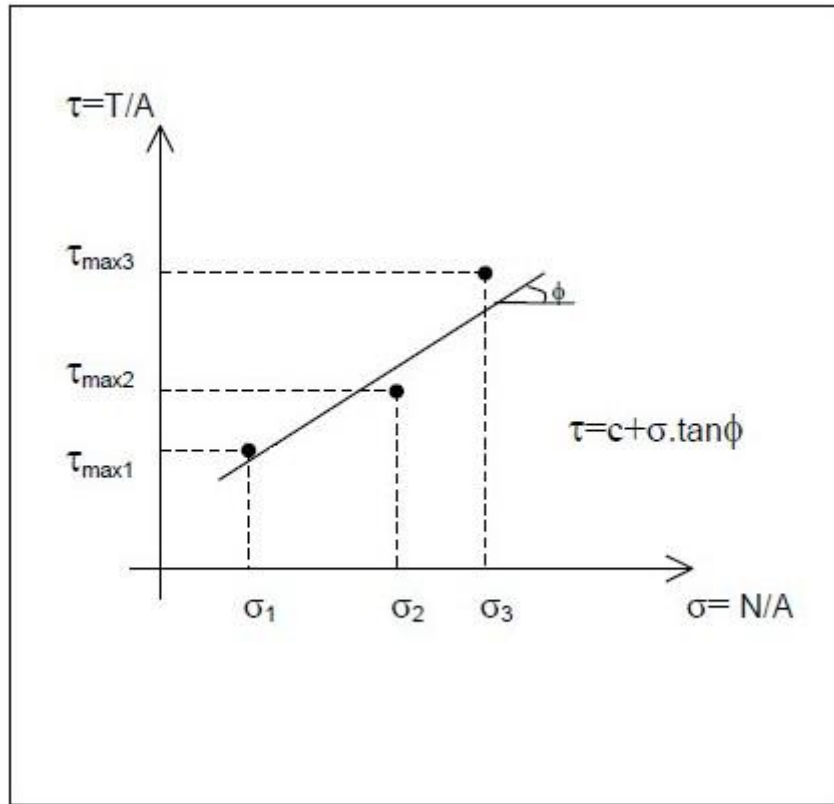
2.2.1.9.1. Kesme Kutusu Deneyi

Zeminlerin kayma direnci, zemine uygulanan sürekli yükler altında zemin danelerinin birbirine göre rölatif hareketlerine karşı gösterdikleri dirençtir ve şevlerin denge analizinde önemli bir parametredir. Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin kesilme süreleri birbirinden farklıdır. Bunun nedeni boşluk suyudur. Kohezyonlu zeminlerin kapiller sisteminin daha gelişmiş olması kohezyon miktarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca kohezyonlu zeminlerin sürtünme dirençleri kohezyonsuz zeminlerden daha azdır, bunu nedeni kolay deforme olmalarıdır.

ASTM D 3080 standartlarına uygun olarak kesme kutusu deneyi yapılmıştır (Şekil 15). Zemin numunesi kare kesitli iki parçadan oluşan kutu içersine yerleştirilir, sabit normal gerilme ve artan kesme kuvveti uygulanır. Kutunun üst parçası sabit dururken alt parça yatay düzlem üzerinde hareket ettirilir. Böylece numunenin ortasından geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanır. Kesme kuvveti kuvvet halkası (ring) ile ölçülür. Numunenin kesildiği, T kuvvetinin sabit kalırken deformasyonların hızla artması ile anlaşılır. Zemine ait kayma mukavemeti parametrelerini bulmak için aynı zeminden alınmış üç ayrı numune üzerinde farklı düşey gerilmeler altında deney tekrarlanmalıdır. Aynı zemin üzerinde üç adet deney yapılarak; $(\sigma_1, \tau_{\max 1})$, $(\sigma_2, \tau_{\max 2})$, $(\sigma_3, \tau_{\max 3})$ değerleri bulunur ve Coulomb kırılma zarfı çizilir (Şekil 16).



Şekil 15. Kesme kutusu aleti



Şekil 16. Coulomb kırılma zarfı

2.2.1.9.2. Serbest Basınç Deneyi

Serbest basınç deneyi üç eksenli kesme deneyinin özel bir hali olup genellikle doymuş kil zeminlerde ($\phi = 0$) kayma direncinin belirlenmesine kullanılır. Yani herhangi bir yan destek olmaksızın kendi kendini dik olarak ayakta tutabilecek özellikler sahip zeminler üzerinde uygulanabilmektedir (Şekil 17). Bu yüzden kumlar üzerinde uygulanması mümkün değildir.

Deney esnasında nem kaybının olmadığı varsayılır. Serbest basınç deneyinden elde edilen sonuçlar yaklaşık değerlerdir. Deney sonuçlarıyla kohezyonlu zeminlerin kıvam derecelerini, zemin şevleri ve diğer zemin kütlelerinin dayanımları hakkında bilgi verir. Böylelikle zemin temellerin taşıması hakkında da tahmin yapılabilir. Deney sonuçları aşağıda verilen eşitliklerde yerine konarak serbest basınç mukavemeti ve kayma mukavemeti hesaplanır.

$$qu = \frac{p_{\max}}{Af} = \sigma_1 \quad (23)$$

$$Af = \frac{A_0}{1 - \frac{\Delta H}{H_0}} \quad (24)$$

$$\tau_f = Cu = \frac{qu}{2} \quad (25)$$

$$2cu = \frac{P_{\max}}{Af} = qu \quad (26)$$

Serbest basınç değerlerinden yararlanılarak zeminin kıvamı belirlenebilmektedir. (Tablo 15)

Tablo 15. Serbest basınç direnci, q_u değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı

Kıvam	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'den büyük



Şekil 17. a) Serbest basınç aleti b) Numunenin kırılma hali

2.3. Stabilite Analizi

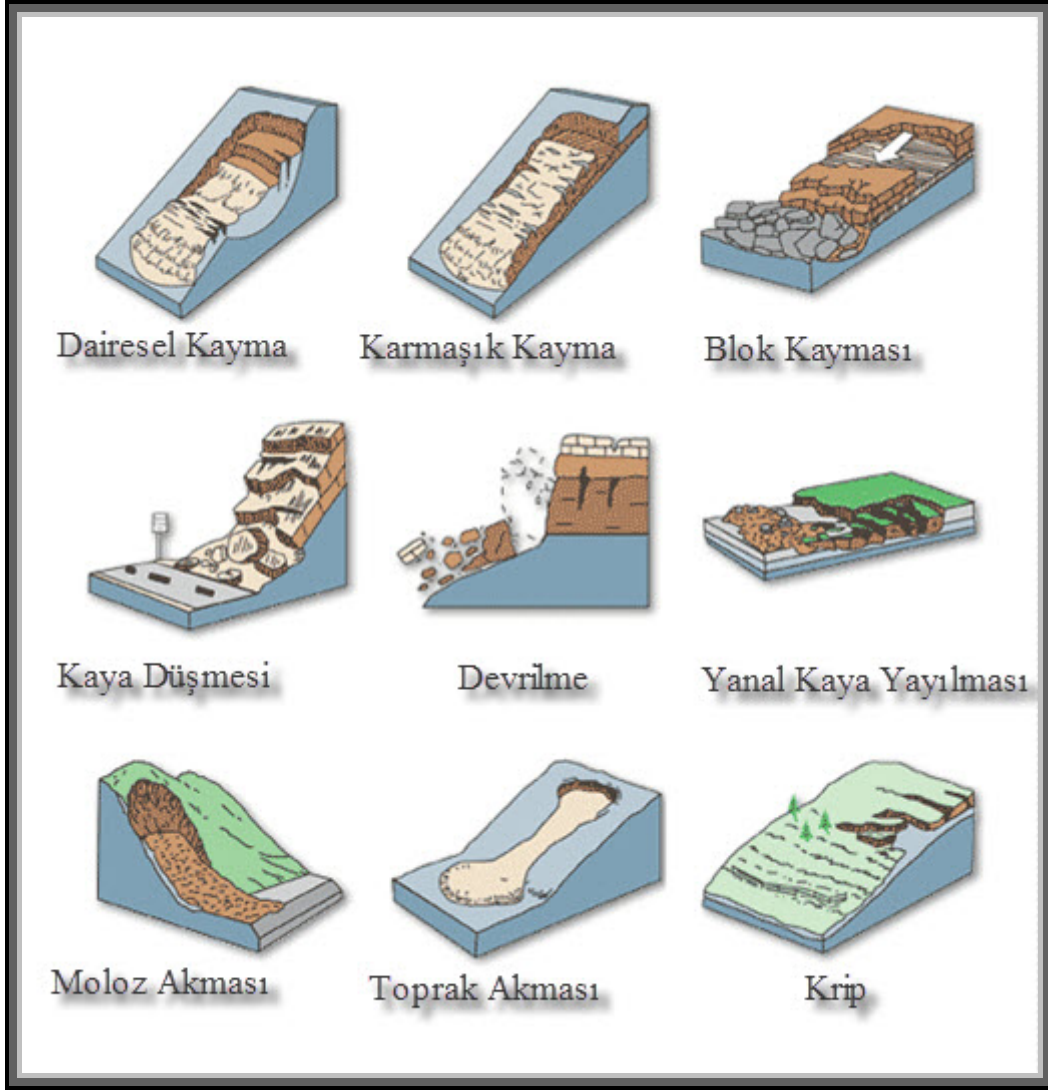
2.3.1. Kütle hareketleri ve Genel Özellikleri

Kütle hareketleri şeklinde genel olarak adlandırılan heyelanlar birçok araştırmacı tarafından değişik biçimlerde tanımlanmış fakat bu tanımlar aslında birbirinden çok da farklı değildir. Bunlar içerisinde yaygın olarak kullanılan ve genel kabul gören tanımlama Varnes, (1978) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre heyelan, bir yamacı oluşturan kaya, toprak veya moloz türündeki malzemelerin farklı nedenlerden dolayı yer çekimi (gravite) etkisi ile yamaç aşağı doğru hareket etmesidir. Bu tanımlamadan da anlaşıldığı gibi kütle hareketlerinin esas nedeni yer çekiminin etkisidir. Doğal ve insan aktiviteleri ile ilişkili diğer nedenler ise kütle hareketini hazırlayan, hızlandıran ve aynı zamanda türünü belirleyen etkenlerdir.

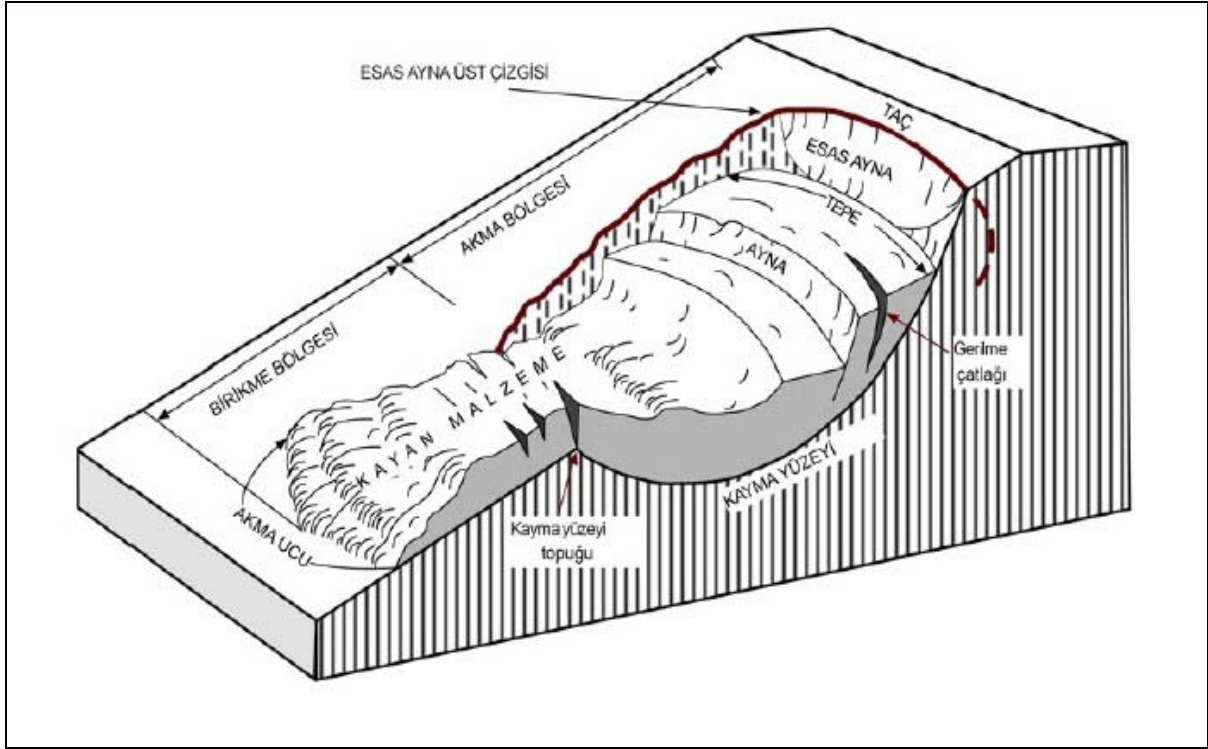
Kütle hareketleri, hareketin hızı ve şekli, hareket eden malzemenin türü, kayma yüzeyinin şekli, hareketin nedenleri gibi özelliklere bağlı olarak farklı biçimde isimlendirilmektedir (Şekil 18). Heyelanlar veya kitle hareketleri ile ilgili birçok sınıflama bulunmakla birlikte en genel ve temel sınıflandırma Varnes (1978) ve ardından Hutchinson (1988) tarafından yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda EPOCH (European Community Programme) bu araştırmacıların yapmış oldukları sınıflandırmaları esas alarak 1993 yılında kütle hareketlerinin sınıflandırılmasına yönelik güncel sınıflama sistemini önermişlerdir (Tablo 16).

Tablo 16. Kütle hareketlerinin sınıflandırılması EPOCH (1993)

TÜR	KAYAÇ			MOLOZ			TOPRAK		
Düşme	Kaya Düşmesi			Moloz Düşmesi			Toprak Düşmesi		
Devrilme	Kaya Devrilmesi			Moloz Devrilmesi			Toprak Devrilmesi		
Kayma (Dairesel)	Tekil	Çoklu	Ardışık	Tekil	Çoklu	Ardışık	Tekil	Çoklu	Ardışık
Kayma (Düzlemsel)	Kaya Kayması			Kaya Kayması			Toprak Kayması		
Kayma (Düzlemsel Olmayan)	Blok Kayması			Blok Kayması			Dilimli Kayma		
Yanal Yayılma	Kaya Yayılması			Moloz Yayılması			Toprak Yayılması		
Akma	Kaya Akması			Moloz Akması			Toprak Akması		
Karmaşık Kayma	2 veya daha fazla türdeki heyelan birlikte oluşmaktadır.								



Şekil 18. Farklı türlerde gelişen bazı kütle hareketlerine ait diyagramlar
(<http://www.teara.govt.nz>)



Şekil 19. İdeal bir heyelana ait blok diyagramı (toprak kayması ve akma- karmaşık hareket) Cruden ve Varnes, (1996)'dan değiştirilmiştir

Bir heyelanın ana unsurları aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

Taç: Heyelanın en üst, ana aynanın zeminde hareketsiz kalan kısmıdır. Karakteristik olarak gerilme çatlakları gözlenir.

Esas Ayna: Heyelanın üst ucunda yer alan, heyelandan etkilenmeyen bölgeden hareket eden kütle ile ayrılmasıyla oluşan, düşey veya düşeye yakın yüzeydir.

Tepe: Hareket eden kütle ile ana aynanın kesiştiği yerin en üst noktasıdır.

Kayma Yüzeyi: Doğal zemin yüzeyinin altında kalan, kayan kütle üzerinde hareket ettiği, yamaç tepesi ile topuk arasında bulunan yüzeydir.

Kayma Yüzeyiği Topuğu: Heyelanın kayma yüzeyinin genellikle gömülü olan alt bölümü ile doğal arazi yüzeyinin kesiştiği noktadır.

Akma Ucu: Hareket eden kütle en son kısmı, malzemenin toplandığı yer olarak tanımlanır.

2.3.2. Güvenlik Sayısı

Bir zemin kütlelerinin bir yatay düzleme göre açı yapan herhangi bir yüzeyine şev adı verilir. Eğer şev, insan katkısı olmaksızın doğal olarak oluşmuşsa doğal şev, insan eliyle kazı ya da dolgu sonucu oluşmuşsa yapay şev adını almaktadır. Şevlerin kendi ağırlıkları ve ek

yükler altında (boşluk suyu basıncı, bina temelleriyle aktarılan yükler, patlayıcı madde atımı, fayların yırtılmasından kaynaklanan yüklemeler, vb.) kayma göçme hareketine karşı sergiledikleri yapısal performansa şev stabilitesi denir. Yamaçların ve insanlar tarafından yapılmış yarma veya dolgu şevlerinin duraylılığının değerlendirilebilmesi için göçmeye karşı güvenliliklerinin bilinmesi gerekir. Zemin yapısının güvenliği çoğu kez güvenlik sayısı denilen bir parametre ile ölçülür. Güvenlik sayısı; dengeyi koruyan kuvvet ve momentlerin, kaymayı sağlayacak kuvvet ve momentlere oranı olarak tanımlanır.

$$G . S . = \frac{D i r e n e n k u v v e t l e r}{H a r k e t e g e ç i r e n k u v v e t l e r} \quad (27)$$

Direnen kuvvetlerin azalması, harekete geçiren kuvvetlerin artmasıyla güvenlik sayısı azalır böylece yamaç yada şev dengesini kaybederek duraysızlaşır. Yamaç dengesine etkiyen faktörler Tablo 17’de verilmiştir. Ayrıca bu denkleme göre denge (stabil olma) durumunda güvenlik sayısının 1’e eşit veya 1’den büyük olması istenir. Stabilite analizlerinde değişik şartlarda sağlanması gereken güvenlik sayıları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 17. Yamaç dengesine etkiyen faktörler

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
Çatlak suyu basınçlarındaki artış	Killi matrisin şişmesi
Çekme çatlaklarına su dolması	Çatlak ve boşluklardaki buz mercceklerinin erimesi
Giderek kırılma olayı	Çimentolayıcı malzemenin yıkanması
Yamaç dışındaki su düzeyinde düşme	Boşluk suyu basınçlarının artması

Tablo 18. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları

Şart	Güvenlik Sayısı		
	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	1.2
Fisürlü killer	-	1.50	-

Güvenlik sayısının hesaplanmasında kullanılan metotlara sınır denge metotları denilmektedir. Bu metotlarda, zemin kütlesi içinde kayma ve göçmeye neden olan normal ve kayma gerilmelerinin ortak etkisini ortaya koyan hipotezlerden Mohr-Coulomb kayma eşitliği yaygın olarak kullanılır.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (28)$$

Burada; ϕ , zeminin içsel sürtünme açısı, c ise kohezyondur. Bu parametreler zeminin kayma direnci parametreleridir. Zeminin kayma direnci (τ), kırılma anında kayma yüzeyine etki eden normal gerilme (σ), zeminin drenaj ve konsolidasyon koşullarından etkilenen kayma direnci parametrelerine göre değişir. Zemine etkiyen toplam gerilme, zemin daneleri ve boşluk suyu basıncı aracılığı ile iletilen gerilmelerdir. Efektif gerilme, toplam gerilmeler ile boşluk suyu basıncı arasındaki farktır.

Zeminin kayma direncini efektif gerilme cinsinden yazarsak eşitlik;

$$\tau' = c' + (\sigma - U) \tan \phi' = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (29)$$

Bu denklemde;

τ : Kayma esnasında, düzlem arasındaki kayma gerilmesi,

c' : Efektif gerilmelere göre kohezyon,

ϕ' : Efektif gerilmelere göre içsel sürtünme açısı,

σ : Toplam normal gerilme,

U: Boşluk suyu basıncını göstermektedir.

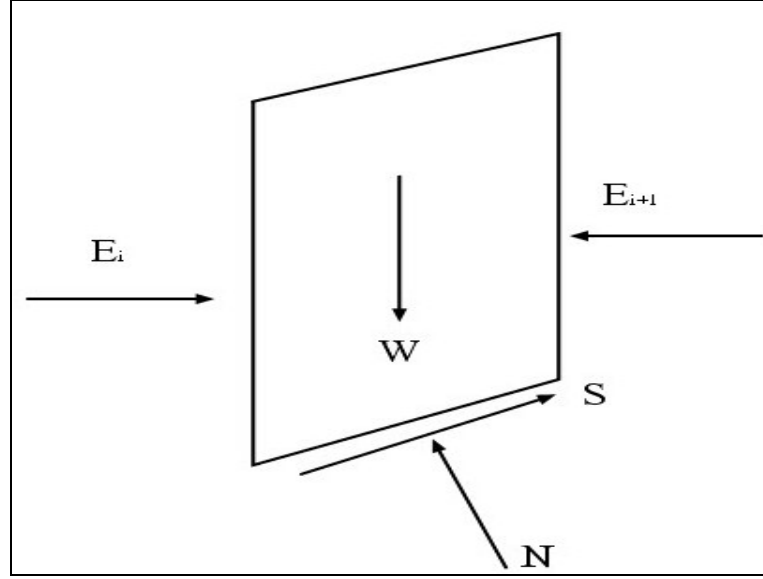
Doğal ve yapay şevlerin stabilite analizleri için birçok metot ileri sürülmüştür. Bu metotlar içinde, uygulamada ve kullanım alanında bazı farklar olmasına rağmen hepsinde bilinen veya kabul edilen kritik kayma yüzeyinde, kayma kütesinin dengesi araştırılmaktadır. Stabilite analizi için geliştirilen metotlar Tablo 19’de gösterilmiştir.

Tablo 19. Analiz Yöntemleri

Metot	Kayma yüzeyi	Toplam moment dengesi	Toplam kuvvet dengesi	Dilimlerarası kuvvetlerde yapılan kabuller
$\phi_u = 0$	Dairesel	×		
İsveç Dilim Yöntemi	Dairesel	×		Dilimlerarası kuvvetlerin bileşkesi dilim tabanına paralel
Kama analizi	Dairesel değil		×	Belirli eğim
Sonsuz şev analizi	Dairesel değil		×	Şeve paralel
Bishop	Genel	×		Paralel
Basitleştirilmiş janbu	Genel		×	Paralel
Genel janbu	Genel	×	×	Belirli itki çizgisi
Spencer	Genel	×	×	Sabit eğim
Mongenstern-Price	Genel	×	×	$X / E = \lambda f(x)$
Genel dilim yöntemi	Genel	×	×	$X / E = \lambda f(x)$

2.3.2.1. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi

Bu yöntemde dilim kenarlarındaki kuvvetlerin yatay olduğu (yani, dilimler arasında kesme gerilmelerinin sıfır olduğu) varsayılır. Düşey yöndeki dengeyi sağlamak için ve her bir diliminin tabanındaki normal gerilmeyi elde etmek için düşey kuvvetler toplanır. Şekil 19’daki dilim için düşey yöndeki kuvvetleri bileşenlerine ayırmak koşuluyla, düşey yöndeki kuvvetler için aşağıdaki eşitlik yazılır;



Şekil 20. Basitleştirilmiş bishop yöntemi için dilim kuvvetleri

$$N \cos \alpha + S \sin \alpha - W = 0 \quad (30)$$

Yönü yukarı doğru olan kuvvetler pozitif olarak alınır. (27) eşitliğindeki kesme kuvveti ile kesme gerilmesi arasında şöyle bir ilişki vardır;

$$S = \tau \Delta l \quad (31)$$

Mohr-Coulomb dayanım denklemindeki efektif gerilmeler cinsinden ifade edilen kesme dayanımları için,

$$S = (1/F)[c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \quad (32)$$

Yazılabilir. (30) ve (32) denklemleri birleştirilip, normal kuvvet (N) için çözümlerse;

$$N = \frac{W - (1/F)(c' \Delta l - u \Delta l \tan \phi') \sin \alpha}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / F} \quad (33)$$

Dilimin tabanındaki, efektif normal gerilme,

$$\sigma' = \frac{N}{\Delta l} - u \quad (34)$$

ile ifade edilir. (33) ve (34) denklemlerini birleştirmek ve elde edilen denklemi de efektif gerilmeler için daire merkezi etrafındaki momentler denge denkleminde (35) yerine koymak suretiyle,

$$F = \frac{\Sigma(c' + \sigma' \tan \phi') \Delta l}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (35)$$

gerekli düzenlemelerden sonra şu ilişki yazılabilir;

$$F = \frac{\Sigma \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W - u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / F} \right]}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (36)$$

(36) eşitliği Basitleştirilmiş Bishop yöntemi için güvenlik sayısını temsil eder.

(36) eşitliği, efektif gerilmeler cinsinden ifade edilen kesme dayanımı kullanılarak elde edilmiştir. Herhangi bir güvenlik sayısını elde etmede efektif gerilmeler ve toplam gerilmeler kullanılması arasındaki tek fark, kesme dayanımının toplam gerilmeler veya efektif gerilmeler cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. Toplam gerilmelere dayalı bir emniyet katsayısı denklemi, efektif gerilmeler kullanılarak elde edilen denklemdeki efektif gerilme kesme dayanımı parametreleri (c', ϕ') yerine bunların toplam gerilme eşdeğerlerini (c, ϕ) koymak ve boşluk suyu basıncı terimini (u) sıfıra eşitlemek suretiyle elde edilebilir. Buna göre, Basitleştirilmiş Bishop yöntemi için toplam gerilmeler cinsinden güvenlik sayısı denklemi;

$$F = \frac{\Sigma \left[\frac{c \Delta l \cos \alpha + W \tan \phi}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F} \right]}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (37)$$

(37)' daki eşitlik gibidir.

Basitleştirilmiş Bishop yönteminde kayma yüzeyinin dairesel ve dilimler-arası kuvvetlerin yatay olduğu kabul edilir. Dairenin merkezi etrafındaki moment dengesi ve herbir dilim için düşey yöndeki kuvvet dengesi sağlanır.

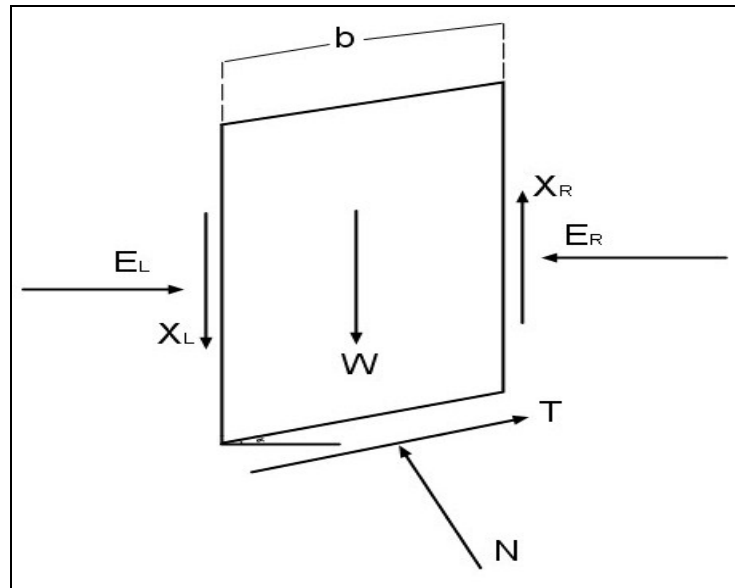
Basitleştirilmiş Bishop yöntemi $\phi = 0$ (Doygun zeminler ve drenajsız yükleme için) için İsveç Daire Yöntemi ve Basit Dilim Yöntemi ile aynı, özdeş değer verir; çünkü bu yöntemlerin hepsi de bir daire merkezi etrafındaki moment dengesini sağlarlar ve güvenlik sayısı için tek değer verirler.

$$F = \frac{\sum c \Delta l}{\sum W \sin \alpha} \quad (38)$$

Basitleştirilmiş Bishop yöntemi özellikle yüksek boşluk suyu basınçlarının söz konusu olduğu efektif gerilme analizlerinde basit dilim yönteminden daha doğru sonuçlar verir.

2.3.2.2. Basitleştirilmiş Janbu Yöntemi

Janbu tarafından geliştirilen yöntemin en önemli özelliği, her tipteki kayma yüzeyine uygulanabilmesidir. Bu yöntemde dilinimler arası kayma kuvvetleri sıfır alınır.



Şekil 21. Basitleştirilmiş janbu yöntemi için dilim kuvvetleri

Düşey yöndeki kuvvetlerin dengesi oluşturulursa;

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha = W - (X_R - X_L) \quad (39)$$

Dilimlerarası kayma kuvvetleri sıfır alınırsa $X_R = X_L = 0$ olur.

$$T + (E_R - E_L) \cos \alpha = [W - X_R - X_L] \sin \alpha \quad (40)$$

(40) denkleminde $X_R = X_L = 0$

$$T = (1/F)[c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \quad (41)$$

ve (40) denkleminde T çekilip (41) denkleminde yerine yazıldığında

$$E_R - E_L = W \tan \alpha - 1/F[c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \sec \alpha \quad (42)$$

Toplam kuvvet dengesinden, (42) denkelmi;

$$\Sigma(E_R - E_L) = \Sigma W \tan \alpha - 1/F \Sigma[c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \sec \alpha = 0 \quad (43)$$

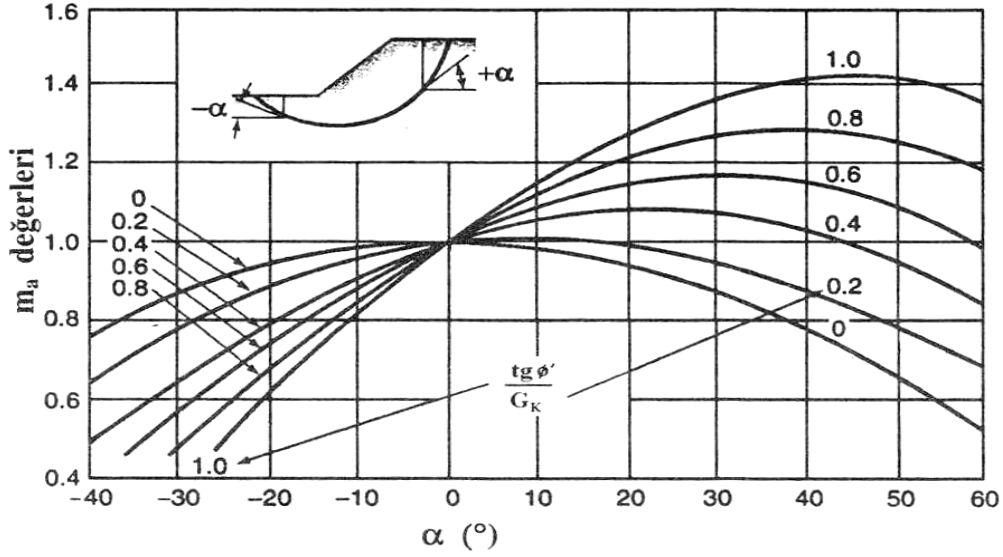
şeklinde elde edilir. Buradan da F çekilip (44) ve (46) denklemlerinde yerine koyulursa (47)'deki denklem elde edilir.

$$N = [W - (X_R - X_L) - 1/F[c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi']]/m\alpha \quad (44)$$

Burada;

$$m\alpha = \cos \alpha \left(1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F}\right) \quad (45)$$

α 'ya karşılık gelen $m\alpha$ değerleri Şekil 22' de verilmiştir.



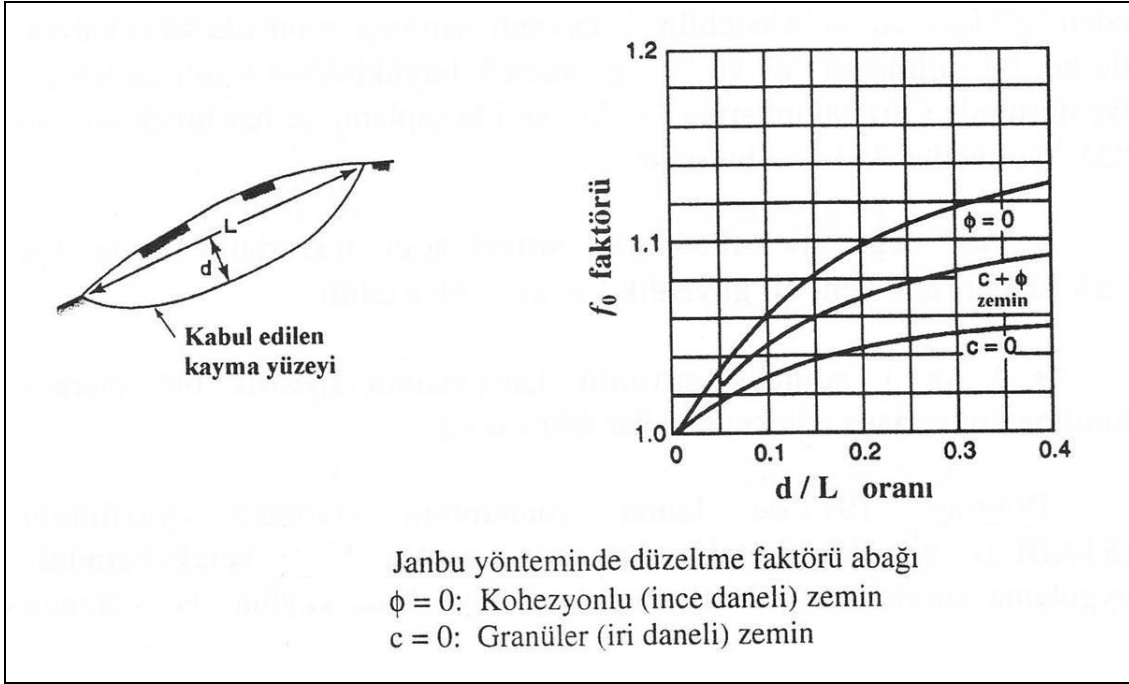
Şekil 22. α 'ya karşılık gelen $m\alpha$ değerleri

$$1 = b \sec \alpha \quad 1 = b \sec \alpha \quad (46)$$

$$F = \frac{\Sigma [c' \Delta l + (W - U \Delta l) \tan \phi'] / m\alpha}{\Sigma W \tan \alpha} \quad (47)$$

Janbu, genel yönteminde yapılan hesaplamalardaki bazı hataları düzeltmek ve dilimlerarası kayma kuvvetlerinin etkisini hesaba katmak için, (47) denklemiyle hesaplanan güvenlik sayısını, ampirik bir düzeltme faktörüyle çarpmaktadır. Bu düzeltme faktörü Şekil 23'deki diyagramdan bulunarak aşağıdaki eşitlikte yerine konur ve düzeltilmiş yeni güvenlik sayısı bulunur.

$$F_{\text{düzeltilmiş}} = f_0 \times F \quad (48)$$

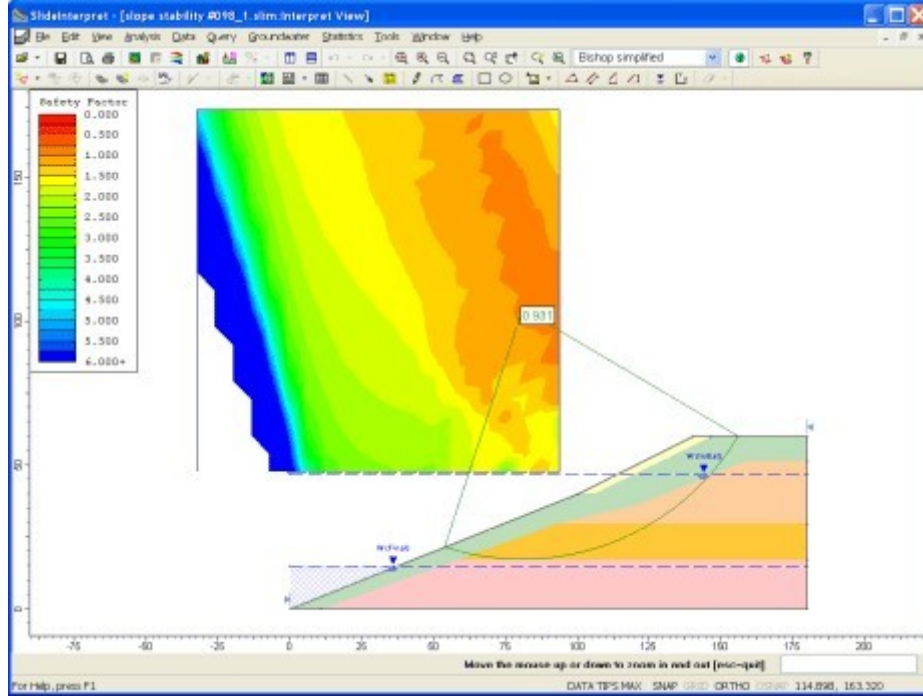


Şekil 23. Basitleştirilmiş Janbu yönteminde kullanılan düzeltme faktörü

Düzeltilme faktörü f_0 , kayma bölgesinin derinlik – uzunluk (d/L) oranı ile artmakta, aynı zamanda güvenlik sayısını da %13 oranında arttırmaktadır.

2.3.3. Slide Programı

“Slide” programı zemin şevleri için güvenlik sayılarının hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar yazılımıdır (Şekil 24). Program ile değişken özellikler gösteren, farklı geometrilerdeki yüzeyler gibi basit ve karmaşık problemler modellenebilmekte, boşluk suyu basıncının etkisi, zemin özellikleri ve çeşitli analiz yöntemleri ile yükleme koşulları belirlenebilmektedir. Ayrıca, programda analiz yaparken heterojen zemin tipleri ve karmaşık stratigrafik durumlarda değerlendirilebilmektedir.



Şekil 24. Slide programından bir görüntü (<http://www.rocscience.com/products/8>)

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi

Torul Barajı ve çevresini içeren çalışma alanında Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından hazırlanan "Stratigrafi Sınıflandırma ve Adlama Kuralları" (MTA,1986) esaslarına göre 5 birim ayırılarak haritalanmıştır (Şekil 25, 26, 27).

Bu birimler yaşlıdan gence doğru;

1. Çağlayan Formasyonu (Üst kretase)
2. Sariosman Monzograniti (Üst Kretase ?)
3. Mandızlı Dasiti (Üst Kretase ?)
4. Yamaç Molozu (Kuvaterner)
5. Alüvyon (Kuvaterner)

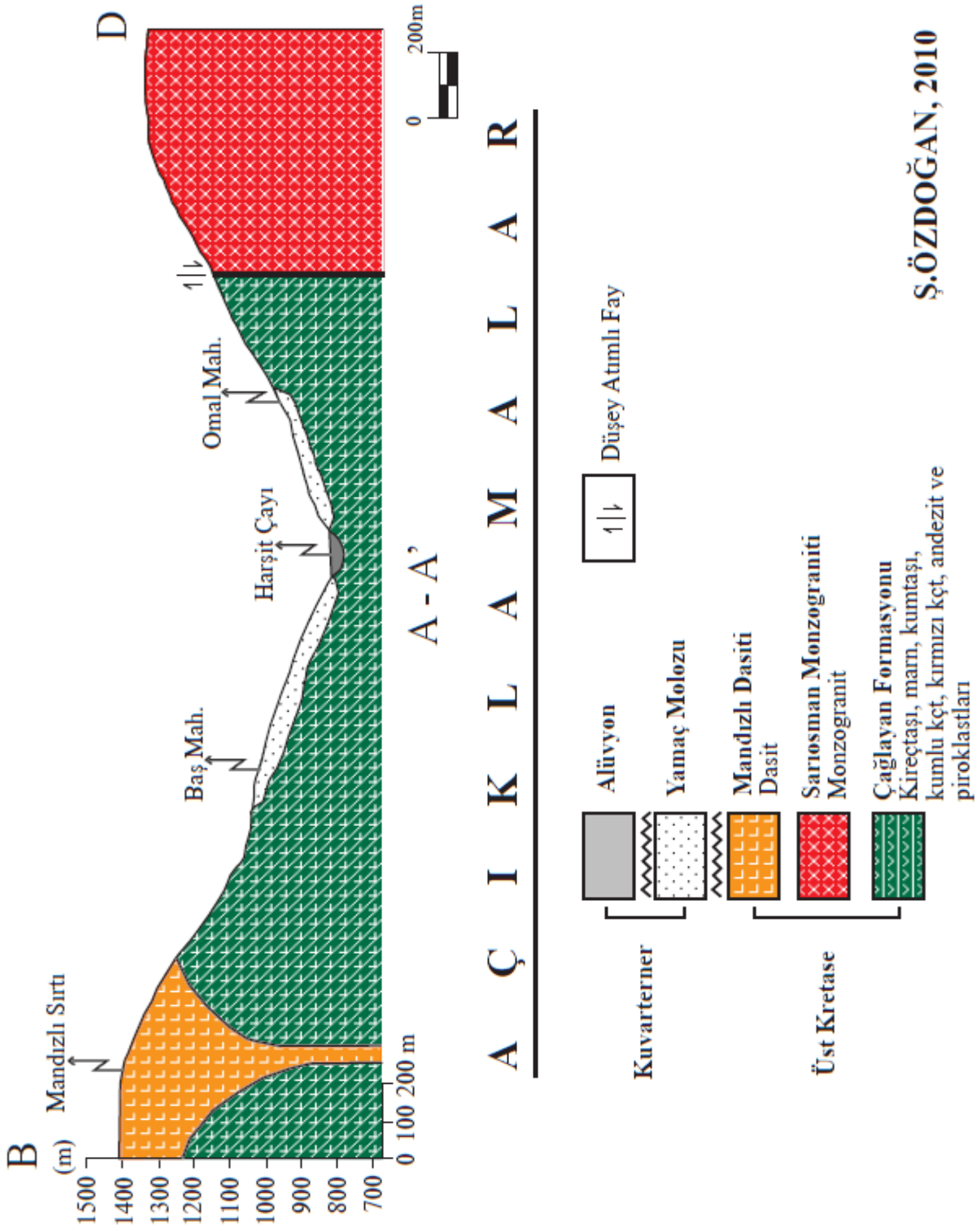
3.1.1. Çağlayan Formasyonu

Maçka (Trabzon) kuzeyindeki Çağlayan köyü ve civarında en iyi yüzeylenmesini veren Kampaniyen- Maastrichtiyen yaşlı bazik volkano-tortul kayalardan 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 stratigrafik özelliklere sahip olduğundan, Çağlayan Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Çağlayan Formasyonu, Kirazlık Mahallesi, Armutlu Mahallesi ve Carma Mezrası çevresinde yüzeylenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde birimin tabanı gözlenememektedir. Üst sınırı Mandızlı dasiti tarafından kesilmiştir. Kalınlığı 750 m'den fazladır.

İnceleme alanında tipik olarak Kirazlık Mahallesi civarında görülmektedir. Başlıca kireçtaşı, marn, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kırmızı kireçtaşlarından oluşmakta yer yer spilitik bazalt-andezit ve tuf içermektedir. Çağlayan Formasyonu'ndaki bazalt ve andezitler genellikle koyu gri ve yeşilimsi gri renklerde gözlenir, kloritleşmenin yoğun olduğu kesimlerde ise renk yeşile daha yakındır (Şekil 28).

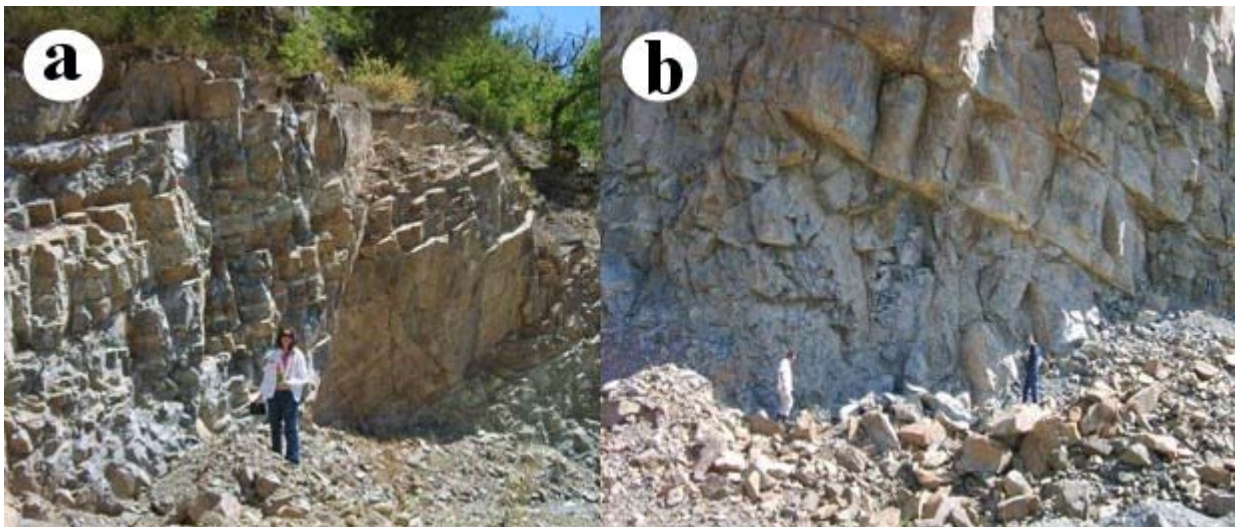


Şekil 26. Çalışma alanının jeolojisi



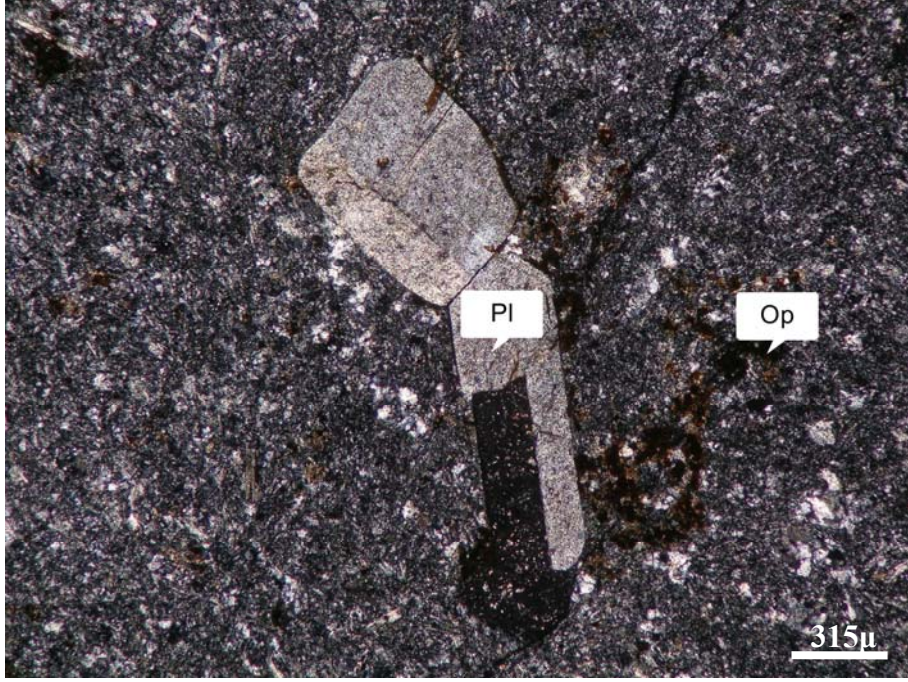
Şekil 28. Çağlayan Formasyonunun genel görünümünü (Yer: Kirazlık Mah. civarı)

Çağlayan Formasyonu volkanitleri arasında ara katkı olarak genellikle açık sarı, gri ve sarımsı gri renkte olan kireçtaşları, marnlar, kumtaşları, kumlu kireçtaşları gözlenmiştir. Bu tortul ara katmanlar belirgin tabakalanma göstermekte ve tabaka kalınlığı 3- 30 m arasında değişmektedir (Şekil 29).



Şekil 29. a) Çağlayan Formasyonuna ait kumlu kireçtaşları (Yer: Armutlu Mah.)
b) Çağlayan Formasyonuna ait kireçtaşları (Yer: Torul Barajı civarı)

Birimden alınan numunelerden yapılan ince kesitlerde şu özellikler gözlenmiştir;



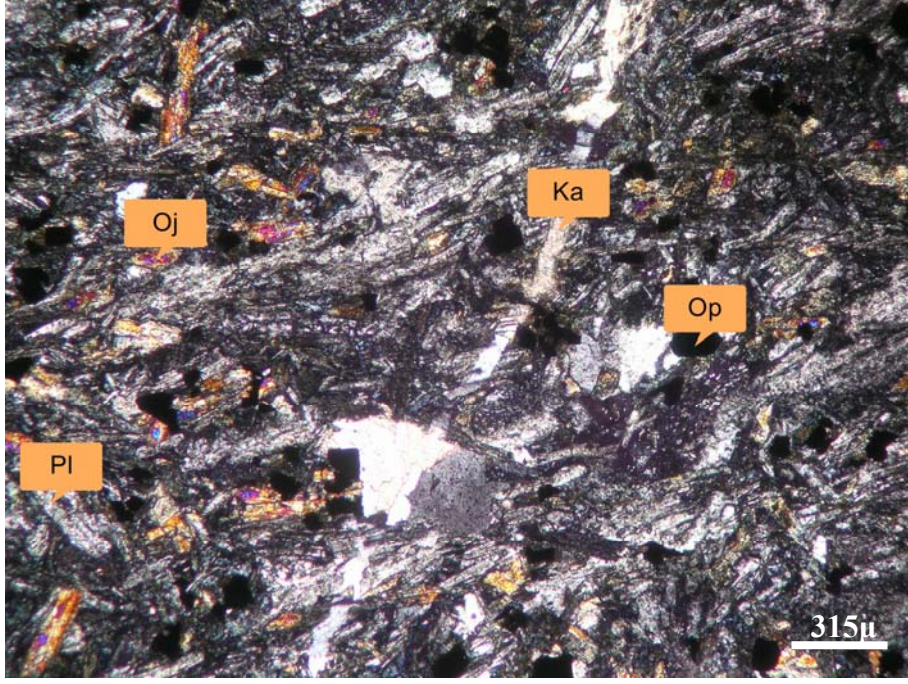
Şekil 30. Çağlayan Formasyon’undaki ayrılmış andezitlerde mikrogranü porfirik doku (ÇN, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineraller Yer: Kirazlık Mah.civarı)

Doku: Mikrogrönü porfirik

Kayaç adı: Ayrılmış andezit

Plajiyoklas: Genelde yarı özşekilli, hamur da küçük kristaller halinde bulunur. Yer yer kloritleşmiş ve killeşmişlerdir. Hamur içinde büyük latalarda yapılan sönme açısı tayinlerinde (010)’a göre 20⁰’lik sönme açısına göre plajiyoklas türünün Andezin olduğu saptanmıştır.

Hamur: Yer yer silisleşmiş çok az miktarda zeolit bu silisleşmeyle görülmüştür. Çatlaklar boyunca kloritleşme ve kalsitleşme yaygın olarak görülmektedir. Az miktarda pirit opak mineral olarak gözlenmiştir (Şekil 30).



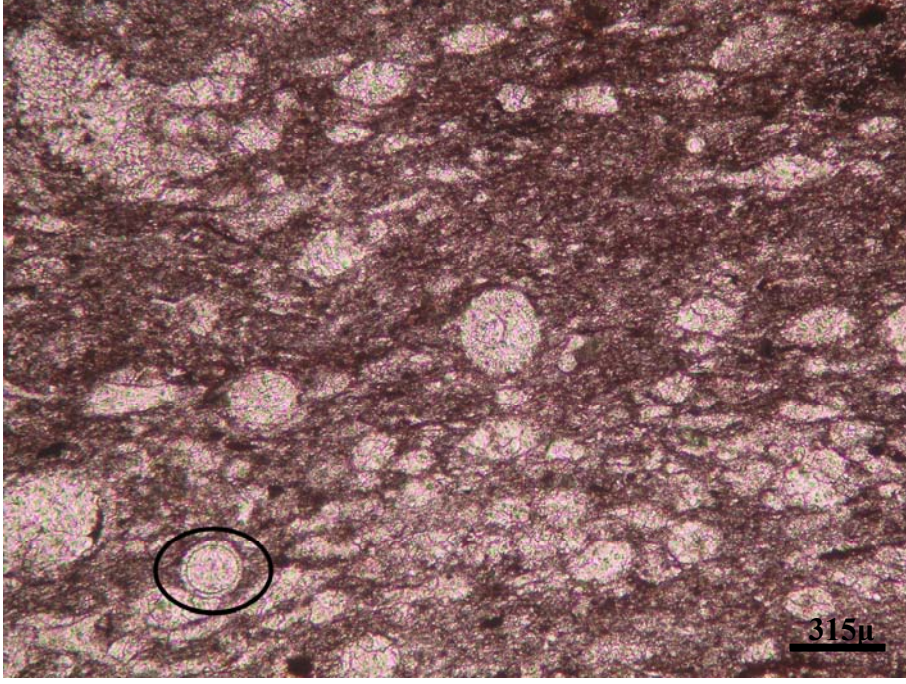
Şekil 31. Çağlayan Formasyon'undaki bazaltlarda Glomerofirik Flüvidal doku (ÇN, Oj: Ojit, Pl: Plajiyoklas, Ka: Kalsit, Op: Opak mineral Yer: Armutlu Mah.)

Doku: Glomerofirik Flüvidal doku

Kayaç adı: Bazalt

Ojit: Özşekilli ve yarı özşekilli bol miktarda görülür. 2V açısı 60^0 olarak görülür. Bazı kesitlerde kum saati ikizlenmesi görülür.

Hamur: Tamamen ince plajiyoklas lataları ve küçük ojitlerden oluşmaktadır. Bol miktarda opak mineral içerir. (?) manyetit, ilmenit ve lokoksenler görülmüştür. Yaygın bir şekilde kloritleşme ve çatlak dolgusu olarak bol miktarda kalsit damarları gözlenmiştir (Şekil 31).



Şekil 32. Çağlayan Formasyon’undaki kırmızı kireçtaşlarında gözlenen Radyolary (TN)

Güven (1993), bu birim içindeki tortul kayalardan aldığı örneklerde *Globotruncana Arca CUSHMAN*, *Globotruncana Lapparenti Tricarinata (QUERREAU)*, *Globotruncana cf. Bulloides VOGLEduğR*, *Globotruncana Coronate Bolli*, *Globigerina sp.*, *Gümbelina sp.* fosil türlerine göre Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşını vermiştir. Bu çalışmada Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılan birimi Hamsiköy tortul-volkanik karmaşığı olarak haritalayan Yalçınalp (1992), bu karmaşık içindeki kırmızı biyomikritlerde Kampaniyen-Mestriştien yaşını veren *Globotruncana tricarinata QUERREAU*, *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-Maastrichtiyen olduğu kabul edilmiştir.

Bu Formasyon, Doğan kent (Giresun) civarındaki Üst Bazik Volkanik Seri (Gedikoğlu 1978), Zigana yöresinde (Gümüşhane) Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu’nun A2 Üyesi (Türk-Japon Ekibi, 1985), Güzelyayla (Maçka-Trabzon) yöresinde Hamsiköy Tortu-volkanik Karmaşığı (Yalçınalp, 1992); Çaykara (Trabzon) yöresinde Karona Üyesi (Bulut, 1989), Maçka (Trabzon) güney yöresinde Andezit-bazalt ve piroklastlardan oluşan B2 Üyesi (Gülibrahimoğlu, 1985), Kürtün (Gümüşhane) yöresindeki Kirazlık Formasyonu Diker Üyesi (Şirin, 1995) ile hem litoloji hem de stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.2. Sariosman Monzograniti

Sariosman Monzograniti, değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla anılmıştır. Sariosmanti'ni, Türk- Japon Ekibi (1985) "Sariosman Granodiyoriti", Güven (1993) " Kaçkar II Granitoyidi", Kaygusuz (2000) " Sariosman Monzograniti" olarak adlandırmıştır.

Sariosman Monzograniti, Torul'un yaklaşık 5 km kuzeybatısında, Harşit çayının her iki yakasında yer almakta ve Aksüt, Hanzar Sırtı, Harmancık Sırtı ve civarında gözlenmektedir (Şekil 33).

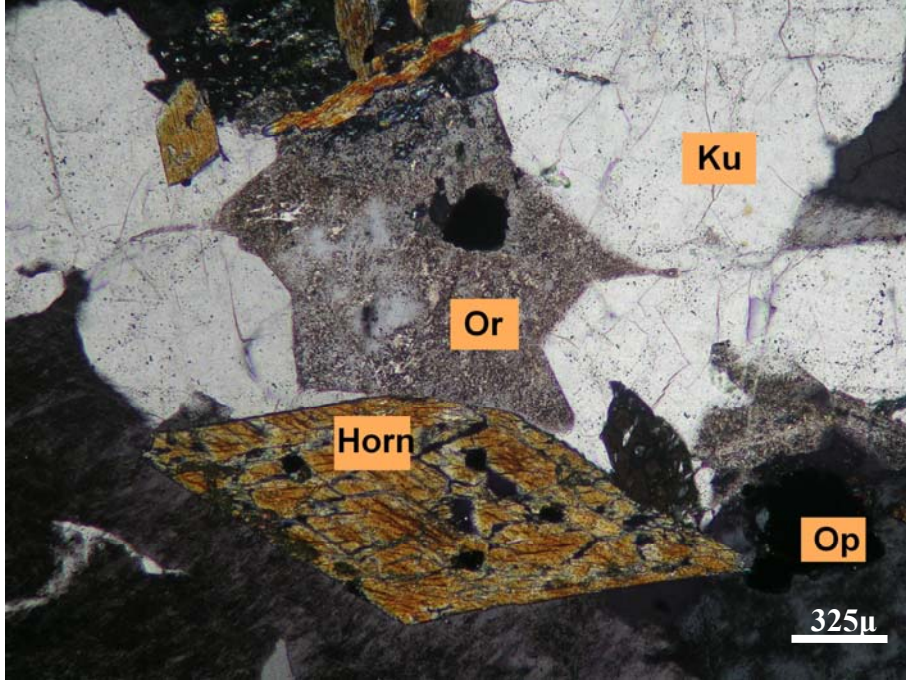
Sariosman Monzograniti, Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu'nu keserek yerleşmiştir.

Açık pembe, gri renkli, ince-orta daneli olup, makroskobik olarak ortoklas, plajiyoklas, kuvars ve biyotit mineralleri tanınabilmektedir.

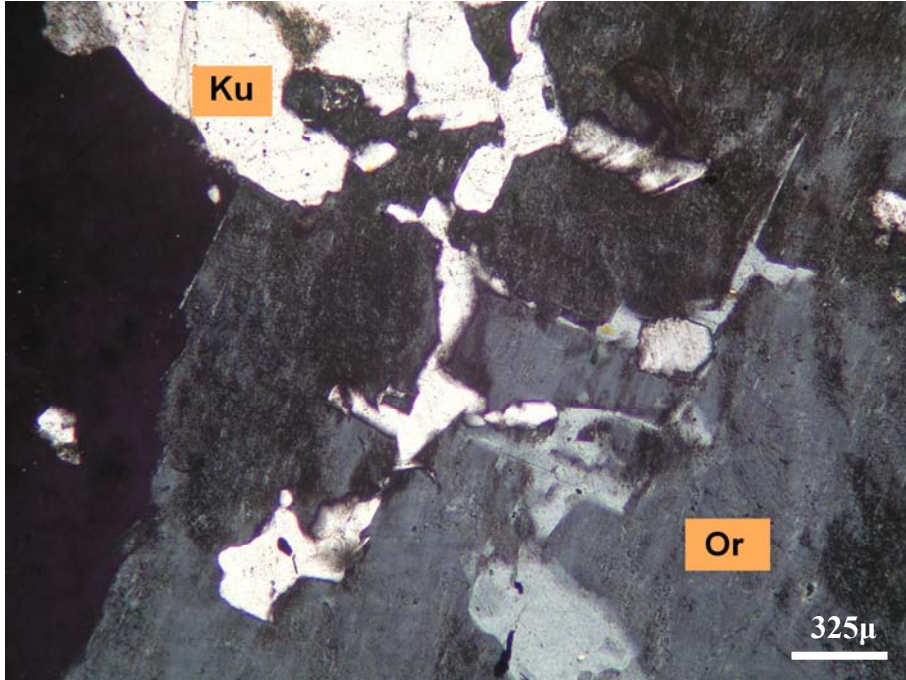


Şekil 33. Sariosman Monzograniti (Yer: Kürtün yolu üzeri yol yarması)

Birimden alınan numunelerden yapılan ince kesitlerde Şu özellikler gözlenmiştir;



Şekil 34. Sarıosman Monzograniti'nde gözlenen orta- iri daneli doku (ÇN; Ku: Kuvars, Or: Ortoklas, Horn: Hornblend, Op: Opa mineral)



Şekil 35. Sarıosman Monzograniti'nde gözlenen zayıf yazı dokusu (Kuvarsla ortoklasın beraber büyümesi) (ÇN, Ku: Kuvars, Or: Ortoklas)

Dokusu: Öz ve yarı özşekilli, orta- iri daneli doku ve zayıf yazı dokusu izlenmiştir (Şekil 34,35).

Kayaç adı: Monzogranit

Kuvars: Özşekilsiz, taneler halinde diğer minerallerin ara kısımlarını doldurur. Zayıf dalgalı sönmeler gösterir.

Ortoklas: Yarı özşekilli taneler halinde izlenmekte olup, kuvarsla birlikte diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Genelde pertitik dokudadır. Ayrıca killeşme şeklinde ayrışma gösterir.

Plajiyoklas: Yarı özşekilli, değişken boyutlu taneler halinde izlenirler. İkizlenme, dilinim ve zonlu yapı gösterirler. Albit ve karlsbad ikizlenmeleri gösterirler. Bazı minerallerde halkalı zonlanma gözlenmiştir. Hamur içinde büyük latalarda yapılan sönmeye açısı tayinlerinde (010)'a göre 4^0 ve 21^0 'lik sönmeye açısına göre plajiyoklas türünün oligoklas ve andezin olduğu saptanmıştır. En yaygın ayrışma türü killeşme ve epidotlaşmadır.

Hornblend: Özşekilli, yarı özşekilli değişken boyutlu taneler halinde izlenir. Dilinim, ikizlenme gösterir. Pleokroizma belirgin yeşilin tonlarında gösterir. Kloritleşme, epidotlaşma ve opak mineraller içerir. Feldispatlar ve kuvarslarla beraber büyümeler gösterir.

Biyotit: Yarı özşekilli ve değişken boyuttadır. Yeşil, kahverengi pleokroizma gösterir. Epidotlaşma, kloritleşme ve opaklaşma izlenmiştir.

Opak Mineraller: Öz ve yarı özşekilli, iri küçük kristaller halinde bulunurlar. Manyetit, pirit daha çok hematit türünde oldukları saptanmıştır.

Aksesuar mineraller: Zirkon, epidot ve sfen ve apatit olarak izlenmiştir.

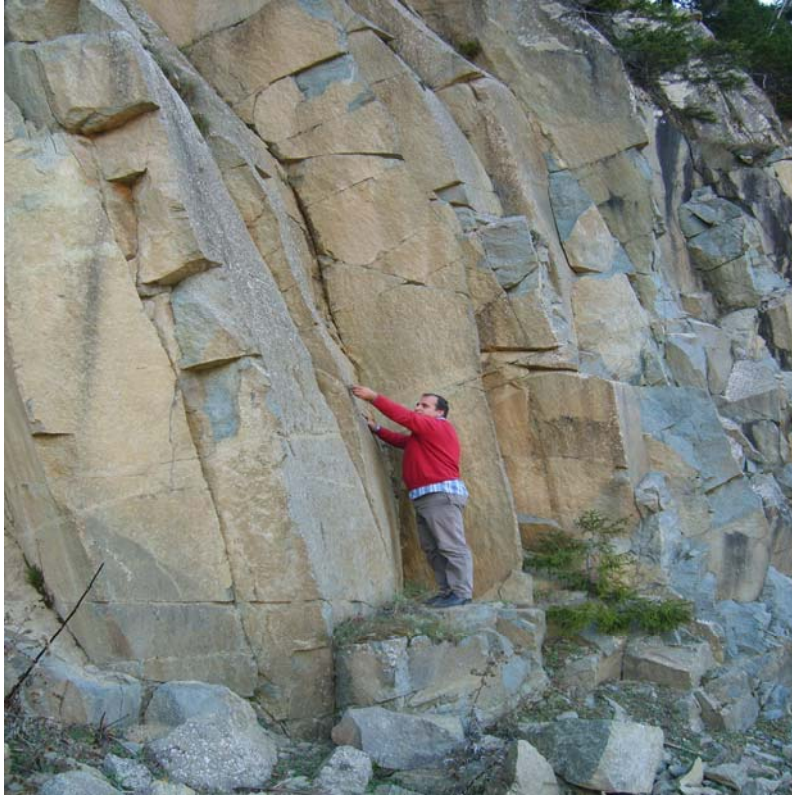
Sariosman monzograniti'nin yaşına ait jeokronolojik bir çalışma yoktur. Türk – Japon ekibi (1985) ve Güven (1993) söz konusu plütonun yaşını Eosen olarak kabul etmişlerdir. Ancak Kaygusuz (2000) yaptığı çalışmalarda birimin Eosen yaşlı birimlerle direk dokanağının olmadığını ayrıca Sariosman Monzograniti'ni kesen kuvarslı andezit ve hornblend andezit dayklarının olduğunu ve bu daykların mikroskobik ve jeokimyasal özellikleri yönünden Eosen yaşlı kayalarla benzer özellik sunduklarını ve tüm bu verilerin ışığında bu birimin yaşının Üst Kretase veya sonrası olabileceğini savunmuştur.

3.1.3. Mandızlı Dasiti

Tonya güneyinde riyolit- riyodasit ve piroklastlarından oluşan bu birimi ilk olarak Güven (1993) tarafından ağırbağ Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kaygusuz (2000) yaptığı çalışmada bu birimi ağırbağ volkanik takımı olarak isimlendirmiş ve Mandızlı dasiti ve Odalı riyoliti olarak iki üyeye ayırmıştır. Çalışma alanındaki dasitler benzer litolojik özellikler gösterdiğinden Mandızlı dasiti adlamasına uyulmuştur.

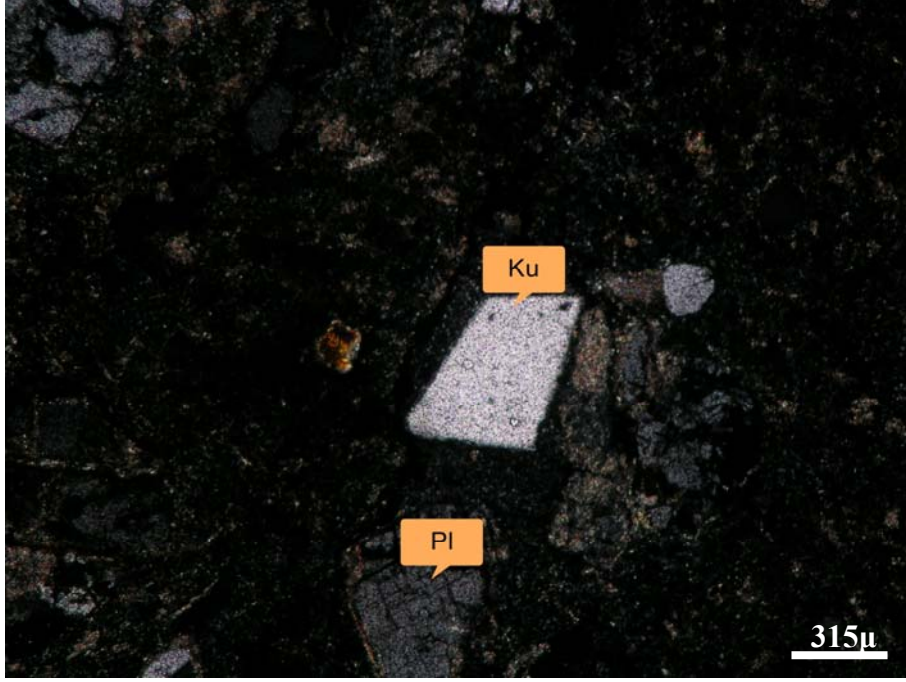
Çalışma alanında tipik olarak Mandızlı Sırtı civarında görülmekte olup, ağlayan formasyonunu kesmektedir. Kalınlığı yaklaşık 300 m civarındadır.

Genelde sarı, sarımsı gri renlerde kolonsu yapılar da görülmektedir. Kolon kalınlıkları 1-8 m arasında değişmektedir ve çatlaklı yapıya sahiptirler (şekil 36).



şekil 36. Mandızlı Dasiti (Yer: Mandızlı Sırtı civarı)

Birimden alınan numunelerden yapılan ince kesitlerde şu özellikler gözlenmiştir;



Şekil 37. Mandızlı dasiti'nde gözlenen mikrogranü porfirik doku (ÇN, Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas)

Doku: Mikrogrönü porfirik doku

Kayaç adı: Altere dasit

Kuvars: Öz ve yarı özşekilli olarak bol miktarda görülür. Kenarlarında reaksiyon zonları gözlenmiştir.

Plajiyoklas: Öz şekilli ve yarı özşekilli olarak görülmüştür. Dilinimleri boyunca kalsitleşme, killeşme, ve serizitleşme izlenmiştir. Hamur içinde büyük latalarda yapılan sönme açısı tayinlerinde (010)'a göre 23⁰'lik sönme açısına göre plajiyoklas türünün Andezin olduğu saptanmıştır.

Hamur: Hamur içinde yer yer kloritleşmeler ve ikincil biyotitler gözlenmiştir (Şekil 37).

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda yüzeyleyen bu birimi Türk-Japon Ekibi (1985), Gediklioğlu (1978), Yalçınalp (1992) ve Taslı (1984) tarafından çalışılmış ve fosil bulgulara dayandırılarak yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir. Güven (1993), bu birim içinde yaş verebilecek tortul kayaçlara rastlamamış fakat birimin Kampaniyen- Mestriştien yaşlı Çağlayan Formasyonu üzerinde uyumlu olması ve Mestriştien - Paleosen yaşlı Ağıllar ve Bakırköy Formasyonları ile de uyumlu olarak örtülmesi sebebiyle, Çağırbağ Formasyon'unun yaşını Mestriştien olarak belirlemiştir. Kaygusuz (2000), Bu birimin Çağlayan

Formasyonu'nu uyumlu olarak üstlendiği ve Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuzlukla üstlendiğinden, Güven (1993)'ün verdiği yaşa uymuştur. Bu çalışmada da Güven (1993)'ün verdiği yaş aynen kabul edilmiştir.

Bu birim, Zigana yöresinde Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu'nun D2 Üyesi (Ağar, 1977), Harşit yöresinde Üst Kretase yaşlı iri kuvarslı porfirik dasitler (Gediklioğlu, 1978) ve Hamsiköy yöresinde Dikkaya dasiti (Taslı, 1984) ile litolojik ve stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.4. Yamaç Molozu

Harşit çayının her iki tarafında Omal ve Baş Mahalleleri arasında yayılım göstermektedir. Yapılan sondajlar sonucu kanlığı 9-57 m arasında değişmektedir. İri blok boyutundan kum boyutuna kadar değişik boyda elemanlara sahiptir (Şekil 38).



Şekil 38. Yamaç Molozu (Yer: Omal Mah.)

3.1.5. Alüvyon

Harşit Çayı ve yan dereler boyunca görülür. Elemenları Blok boyutundan kil boyutuna kadar değişmekte olup genelde magmatik kökenli ve az miktarda kireçtaşı parçaları içerir. Yapılan sondajlar sonucunda kalınlığı baraj yerinde 10 m kadardır.

3.2. Yapısal Jeoloji

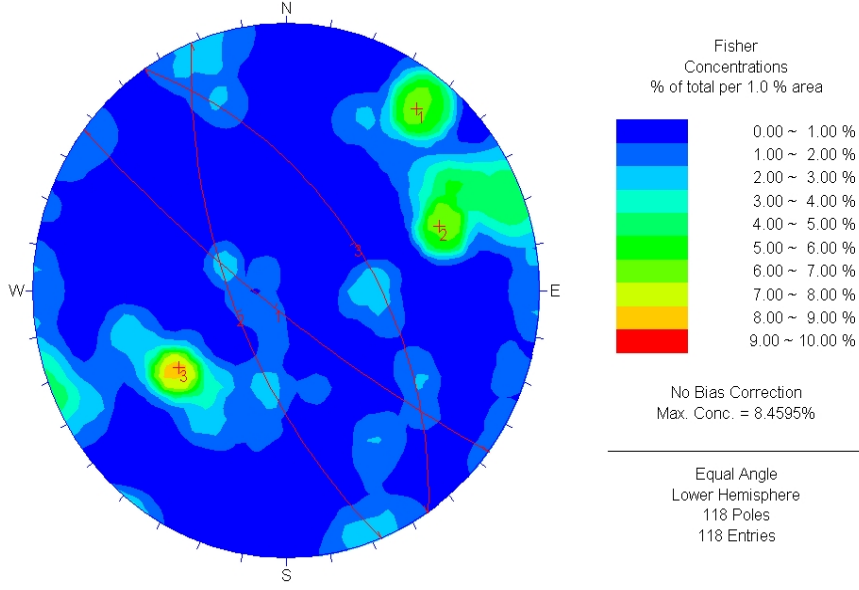
İnceleme alanı içerisinde yapısal özellikler tabakalanma, çatlak ve fay şeklinde olup kıvrımlanma görülmemiştir. Doğu Pontid Kuzey zonu'nda yer alan inceleme alanı magmatik aktivitenin yoğun olması nedeniyle oldukça kırıklı yapıya sahiptir.

3.2.1. Tabakalar

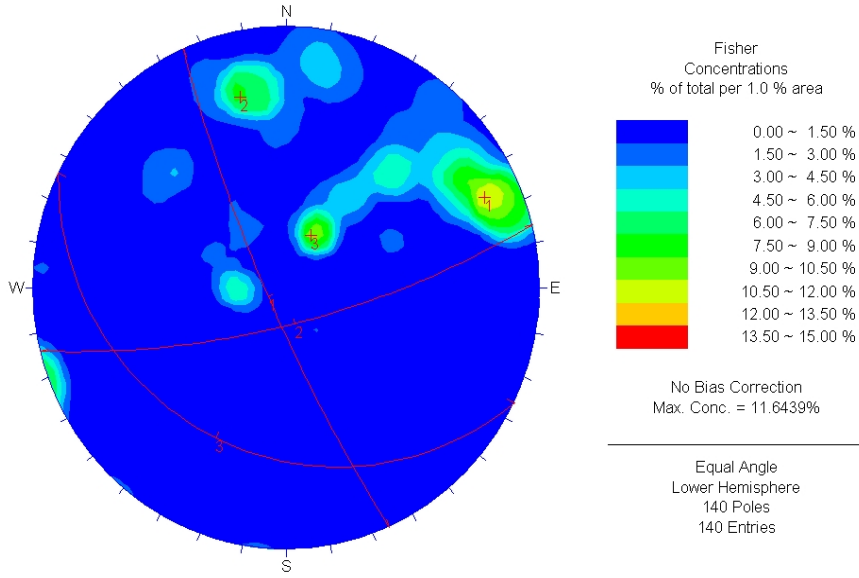
Çağlayan Formasyonu volkanitleri arasında ara katkı olarak bulunan kireçtaşları, marnlar, kumtaşları, kumlu kireçtaşları belirgin tabakalanma göstermekte olup tabaka kalınlığı 3- 30 m arasında değişmektedir. Harşit Çayının her iki yakasında mostra veren bu kayalar, vadinin batı yakasında KB-GD doğrultulu 22-25° KD ya eğimli, doğu yakasında olanlar KD-GB doğrultulu 47° KB ya eğimlidir.

3.2.2. Çatlaklar

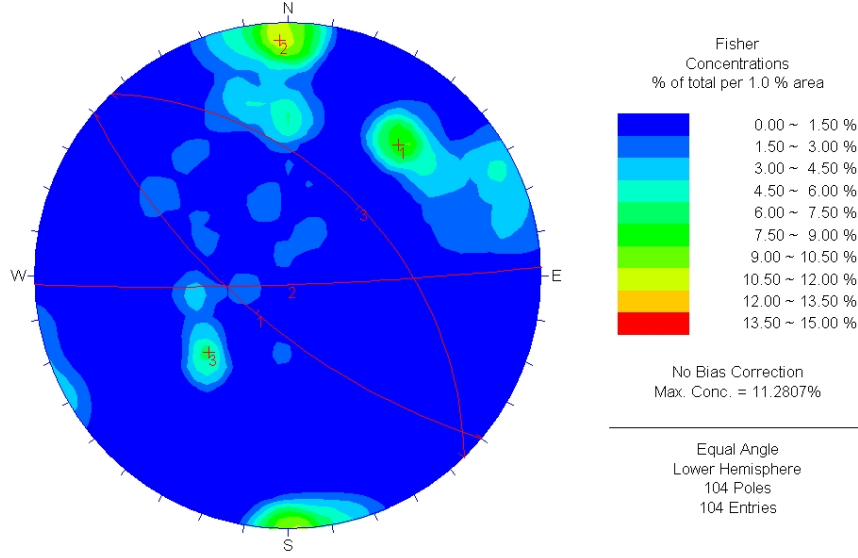
İnceleme alanında yer alan birimlerde çatlaklar belirgin olarak izlenmektedir. Çatlaklar genelde açık ve dolguludur. Dolgu malzemesi olarak kil ve kalsit tespit edilmiştir. Çatlak açıklıkları 0,1-3 cm arasında, genelde tüm birimlerde çatlak yüzeyleri düzgün fakat pürüzlü ve ondülasyonludur. Egemen çatlak yönlerini belirlemek için eşit alanlı projeksiyon ağı kullanılarak Üst kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu (Şekil 39), (Üst Kretase ?) yaşlı Sariosman Monzogarniti (Şekil 40), (Üst Kretase ?) yaşlı Mandızlı Dasiti (Şekil 41) için ayrı ayrı kontur diyagramları hazırlanmıştır. Kontur diyagramları incelendiğinde egemen çatlak konumlarının Çağlayan Formasyonunda 217/81, 248/66, 56/54, Sariosman Monzogarnitinde 246/81, 166/74, 206/25, Mandızlı dasitinde 220/68, 178/86, 46/47 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 39. Çağlayan Formasyonuna ait çatlak kontur diyagramı



Şekil 40. Sarıosman Monzogranitine ait çatlak kontur diyagramı



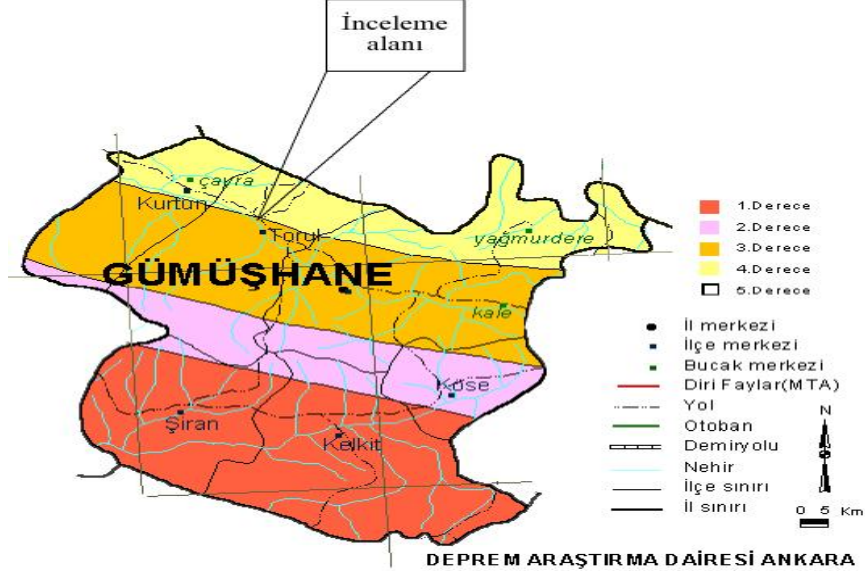
Şekil 41. Mandırlı Dasitine ait çatlak kontur diyagramı

3.2.3. Faylar

Çalışma alanında Sarıoşman Monzograniti ile Çağlayan formasyonu arasında KD-GB doğrultulu düşey atımlı faylar mevcuttur.

3.2.4. Depremsellik

Torul Barajı yeri ve çevresi, Türkiye deprem bölgeleri haritasında 3. derecede deprem bölgesinde yer alır. Kuzey Anadolu Fay zonu baraj yerinin 70 km kadar güneyinden geçmektedir (Şekil 42).



Şekil 42. İnceleme alanı depremsellik haritası (<http://www.deprem.gov.tr>)

3.3. Torul Barajı Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Mühendislik Jeolojisi

3.3.1. Genel

Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gümüşhane İli'nin Torul İlçesine 4 km uzaklıkta bulunan Torul Barajı ve Hidroelektrik Santrali Harşit Çayı üzerinde enerji üretme amaçlı olarak inşa edilmiştir. (Şekil 43).



Şekil 43. Torul barajı

Torul Barajı ve HES karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir;

Yeri: Gümüşhane İli'nin Torul İlçesine 14 km uzaklıkta

Amacı: Enerji

İşletmeye açıldığı yıl: 2009

Yağış alanı: 2 096 km²

Yıllık ortalama su: 546 milyon m³

Tipi: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj

Dolu savak türü: Kapaklı, şutlu, enerji kırıcı

Yüksekliği (talvegten): 137 m

Yüksekliği (temelden): 142 m

Depolama hacmi: 168 hm³

Aktif hacim: 83.3 hm³

Ölü hacim: 84.7 hm³

Kret kotu: 921 m

Kret uzunluğu: 320 m

NSS'de göl hacmi: 168 hm³

NSS'de göl alanı: 3.62 km²

Toplam Net Buharlaştırma Kaybı: 978.8 hm³/yıl

Türbin sayısı: 2 adet

Kurulu gücü: 103 Megawatt

Yıllık enerji üretimi: 322 GWh

Santral: Yarı gömülü

3.3.2. Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Jeolojik Kesitler

Torul barajı göl alanı sağ ve sol sahillerinde DSİ 22. Bölge Müdürlüğü 13. Sondaj Şube Müdürlüğü tarafından 26.07.2004 – 31.05.2006 tarihleri arasında sağ yamaçta 10 adet, sol yamaçta 5 adet olmak üzere 15 adet sondaj kuyusunda toplam 867.00 m sondaj yapılmıştır (Şekil 44, 45). Yapılan sondajlara ait loglar Ek Tablo 1-51' de verilmiştir.

3.3.2.1. Sağ Sahil Sondaj Kuyuları

YSK-1 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu - Torul Devlet Karayolu kenarında 930 kotunda ve 62 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 18 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu spilit, kireçtaşı ve granit blok ve çakıllarıyla birlikte kil içerir. 18 - 62 m'ler arası granit. Birim genelde çok çatlaklı, kırıklı, orta ve ileri derecede ayrışmıştır. Ana kayada 10 cm'yi geçen tek bir karot alınabilmiştir.

YSK-2 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu-Torul Devlet Karayolunun kenarında 925 m kotunda ve 52 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 39 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu kireçtaşı, spilit çakıl ve bloklarıyla birlikte az miktarda kil içerir. 39 - 52 m'ler arası kireçtaşı. Sarımsı ve grimsi renklerde olan kireçtaşları orta ve ileri derecede ayrışmışlardır. Çok çatlaklı ve kırıklıdırlar. Çatlaklar kalsit dolguludur.

YSK-3 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu- Torul Devlet Karayolunun kenarında 923 m kotunda ve 28 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 15 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit ve kireçtaşı kökenli kil, çakıl ve blokları içerir. 15 - 28 m'ler arası tuf + kireçtaşı + spilit geçilmiştir. Bu birimde yer alan tüfler az ayrışmışlardır. Kireçtaşı ve spilitler ise sağlam yapıdadır. RQD değerleri % 15 - % 73 arasında değişmektedir

YSK-4 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu- Torul Devlet Karayolunun hemen altında 911 m kotunda ve 24 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 3 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu spilit kökenli çakıl ve kil içerir. 3 - 24 m arası kireçtaşı geçilmiştir. Kireçtaşı açık gri renkli, sert ve sağlam yapıda olup silisleşme gösterir. Az çatlaklı, çatlak yüzeyleri okside olmuş durumdadır. RQD değerleri % 22 - % 100 arasında değişmektedir.

YSK-5 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde baraj göl alanı içerisinde 905 m kotunda 84 m derinliğinde açılmıştır. 0-48 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit ve kireçtaşı kökenli çakıl ve bloklarla birlikte değişik kademelerde kil bantları içerir. 48 - 84 m'ler arası tuf + kireçtaşı + spilit geçildi. Tüfler sarımsı renkli olup altere olmuşlardır. Kireçtaşları kırmızı renkli olup çok çatlaklıdır. Çatlak araları kalsit dolguludur. Spilitler ise gri renkli olup oldukça çatlaklıdırlar. Çatlak yüzeyleri okside olmuş, sert ve sağlamdırlar. RQD değerleri (64.5 – 84 m arası) % 3 - % 23 arasında değişmektedir.

YSK-6 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde baraj göl alanı içerisinde 898 m kotunda 71 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 57 m yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu spilit ve kireçtaşı kökenli çakıl ve bloklarla birlikte kil içerir. 57 - 71 m arası tuf + kireçtaşı geçilmiştir. Tüfler genelde sarımsı renkte, orta ve ileri derecede ayrıışmışlardır. Kireçtaşları ise gri renkli olup çok çatlaklı bir yapı arz ederler. Çatlaklar kalsit dolguludur.

YSK-12 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu - Torul Devlet Karayolunun üzerinde 962 m kotunda 33 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 12 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; kireçtaşı ve spilit çakıl ve bloklarıyla birlikte az miktarda kil içerir. 12 - 33 m arası kireçtaşı geçilmiştir. Kireçtaşı gri renkli, çok çatlaklı olup silisleşme gösterir. RQD değerleri % 8 - % 80 arasında değişmektedir.

YSK-13 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde Tirebolu - Torul Devlet Karayolunun üzerinde 964 m kotunda 40 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 30 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit ve kireçtaşı çakıl ve bloklarıyla birlikte, bir miktarda kil içerir. 30 - 40 m'ler arası kireçtaşı geçilmiştir. Kireçtaşı; gri renkli, çok çatlaklı, çatlaklar ise kalsit dolguludur.

YSK-14 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde göl alanı içerisinde 894 m kotunda 95 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 54 m'ler arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; tuf + kireçtaşı + spilit kökenli blok, çakıl ve kil içerir. 54 - 95 m arası tuf + spilit geçilmiştir. Birim orta ve ileri derecede ayrıışmış, genelde çok çatlaklı ve kırıklı bir yapı arz eder. RQD değerleri % 4 - % 10 arasında değişmektedir.

YSK-15 No'lu Sondaj Kuyusu

Sağ sahilde göl alanı içerisinde 850 m kotunda 75 m derinliğinde açılmıştır. 0 - 22.5 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; tuf + kireçtaşı + spilit kökenli blok, çakıl ve killeri içerir. 22.5 - 75 m arası tuf + kireçtaşı + spilit geçilmiştir. Birimin değişik derinliklerinde aşırı derecede ayrıışma ve killeşmesi nedeniyle örnek alınamamıştır. RQD Değerleri % 10 - % 36 arasında değişmektedir.

3.3.2.2. Sol Sahil Sondaj Kuyuları

YSK-7 No'lu Sondaj Kuyusu

Sol sahilde 938 m kotunda 80 m derinliğinde açılmıştır. 0 – 52 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit ve granit kökenli blok, çakıl ve kil içerir. 52 – 80 m arası kireçtaşı geçilmiştir. Gri renkli, sert, çok çatlaklı, az ve orta derecede ayrıışmışlardır. Çok çatlaklı olmalarına karşın çatlak yüzeyleri pürüzlü ve dolgusuzdur. RQD değerleri % 5 - % 16 arasında değişmektedir.

YSK-8 No'lu Sondaj Kuyusu

Sol sahilde göl alanı içerisinde 905 m kotunda 70 m derinliğinde açılmıştır. 0 – 30 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit, tuf ve kireçtaşı kökenli blok, çakıl ve kil içerir. Blok ve çakıllar köşelidir. 30 – 70 m arası kireçtaşı + spilit geçilmiştir. Birim az ve orta derecede ayrıışmış, çok çatlaklıdır. Çatlaklar genelde kalsit dolguludur. RQD sadece 30 m ile 33 m arasında %86 değer vermiştir.

YSK-9 No'lu Sondaj Kuyusu

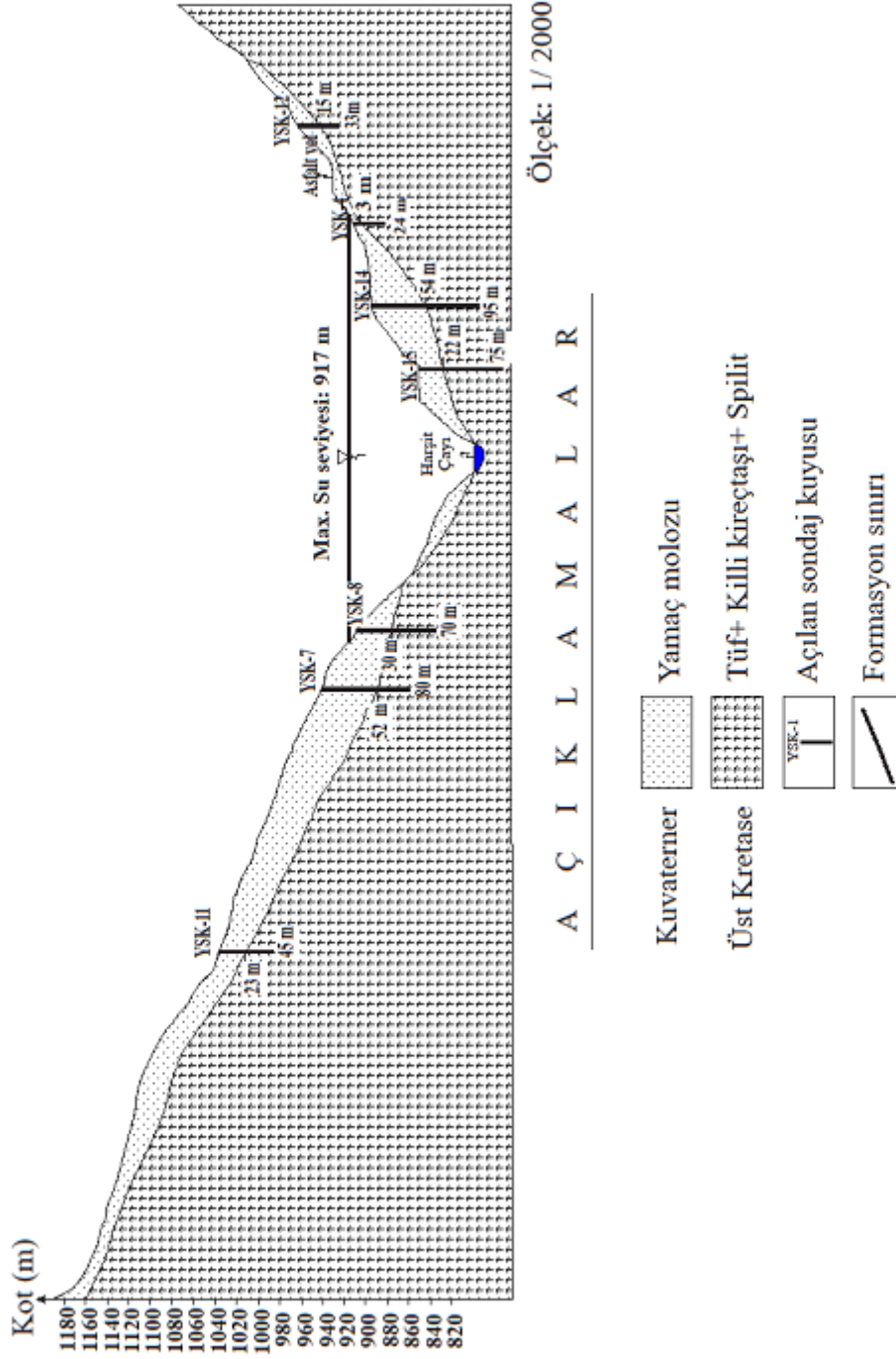
Sol sahilde göl alanı içerisinde 910 m kotunda 47.5 m derinliğinde açılmıştır. 0 – 12 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; kireçtaşı, spilit, tuf kökenli blok, çakıl ve killeri içerir. 12 - 47.5 m arası kireçtaşı + tuf + spilit geçilmiştir. Birim az, orta ve yer yerde tamamen ayrıışmıştır. RQD değerleri % 6 - %40 arasında değişmektedir.

YSK-10 No'lu Sondaj Kuyusu

Sol sahilde göl alanı dışında 927 m kotunda ve 60.5 m derinliğinde açılmıştır. 0 -9 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu; spilit, kireçtaşı çakıl, blok ve kil içerir. 9 - 60.5 m arası tuf + spilit geçilmiştir. Birim sarımsı ve yeşilimsi renklerde olup orta ve ileri derecede ayrıışma nedeniyle karat alınamayan kademeler boş geçilmiştir. RQD değerleri %7- % 15 arasında değişmektedir.

YSK-11 No'lu Sondaj Kuyusu

Sol sahilde 1045 m kotunda ve 45 m derinliğinde açılmıştır. 0 – 23 m arası yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu kırmızı renkli kireçtaşı ve gri renkli spilit kökenli çakıl ve bloklarıyla birlikte kil içermektedir. 23 - 44 m arası tuf + kireçtaşı + spilit geçilmiştir. Birim orta derecede ve çok ayrıışmış, yer yer sağlam yapıdadırlar. Birim genelde çatlaklı ve kırıklıdır. Çatlaklar kalsit dolguludur. RQD değerleri %10- %15 arasında değişmektedir.



Şekil 45. Torul Barajı sağ ve sol sahilinde açılan sondajlardan geçen birleştirilmiş jeolojik kesiti (DSİ, 2006 değiştirilerek)

3.3.3. Laboratuvar Deneyleri

Çalışma alanından 5 ayrı noktadan numune alınmıştır. Alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Örselenmiş numunelerden yapılan deneyler sonucunda, numunelerin özgül ağırlıkları, kıvam limitleri ve buna bağlı olarak aktivasyon katsayıları, yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi sonucunda numunelerin granülometri eğrileri elde edilmiş ve USCS' ye göre adlandırılmıştır. Örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan deneylerde numunelerin serbest basınç dirençleri, kohezyonları, içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları, su içeriği, poroziteleri, boşluk oranları, doygunluk dereceleri bulunmuştur. Ayrıca killi malzemeden kimyasal ayrışma ve suda yüzdürme yöntemi ile hazırlanan numunelerden X-Ray difraktometre çekimleri yapılmış ve bu şekilde kil mineral türleri tayin edilmiştir.

3.3.3.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Zemin numunelerinin boşluk oranı, porozitesi, su muhtevası, doygunluk derecesi, özgül ağırlığı, doğal birim hacim ağırlığı, kuru birim hacim ağırlığı, doymuş birim hacim ağırlığı ve batık birim hacim ağırlığı belirlenmiş ve elde edilen değerler sırasıyla Tablo 20 'de verilmiştir.

Tablo 20. Zemin örneklerinin fiziksel özellikleri

Örnek No	e	n	w	Sr	γ_s (gr/cm ³)	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	γ_{doy} (gr/cm ³)	γ' (gr/cm ³)
1	0.373	0.271	0.115	0.809	2.625	2.131	1.911	2.183	1.183
2	0.487	0.327	0.162	0.865	2.602	2.033	1.749	2.077	1.077
3	0.530	0.346	0.197	0.942	2.536	1.984	1.657	2.000	1.000
4	0.666	0.399	0.104	0.412	2.642	1.750	1.585	1.985	0.985
5	0.667	0.400	0.214	0.849	2.647	1.927	1.587	1.988	0.988

Fiziksel özelliklerin en düşük ve en yüksek değerleri, ve ortalamaları Tablo 21' de verilmiştir.

Tablo 21. Zemin örneklerinin fiziksel özelliklerinin genel değerlendirilmesi

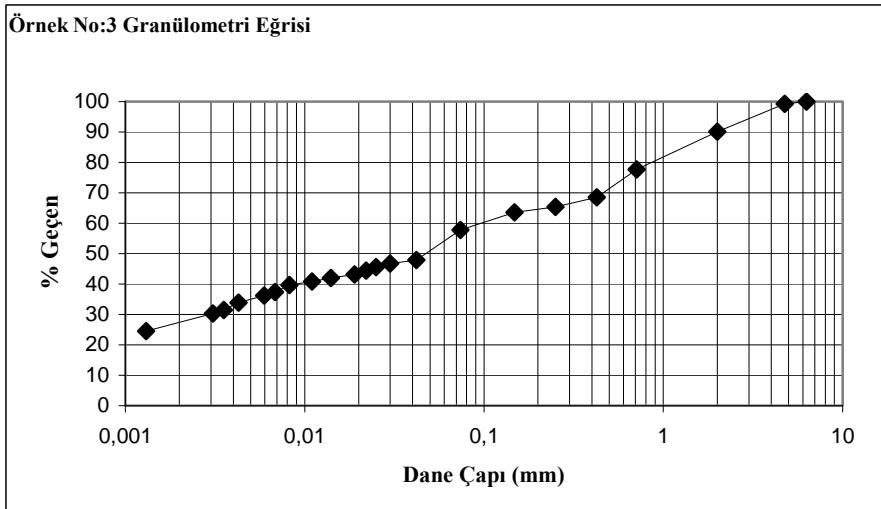
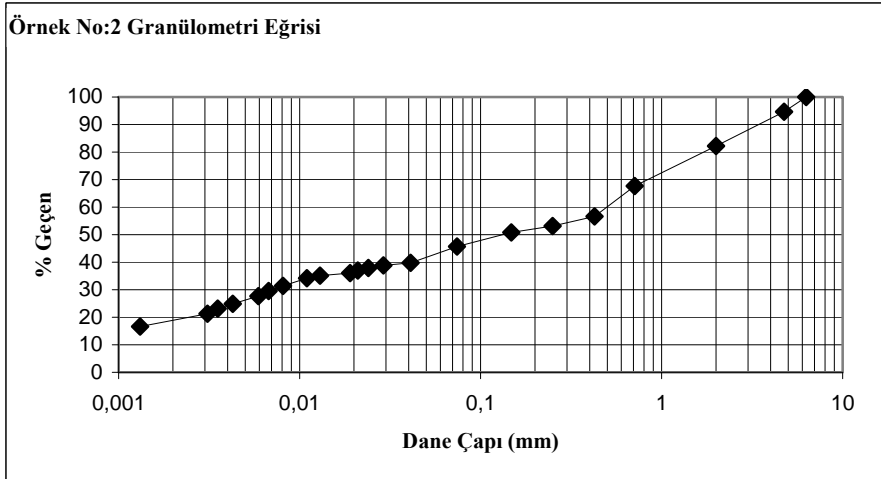
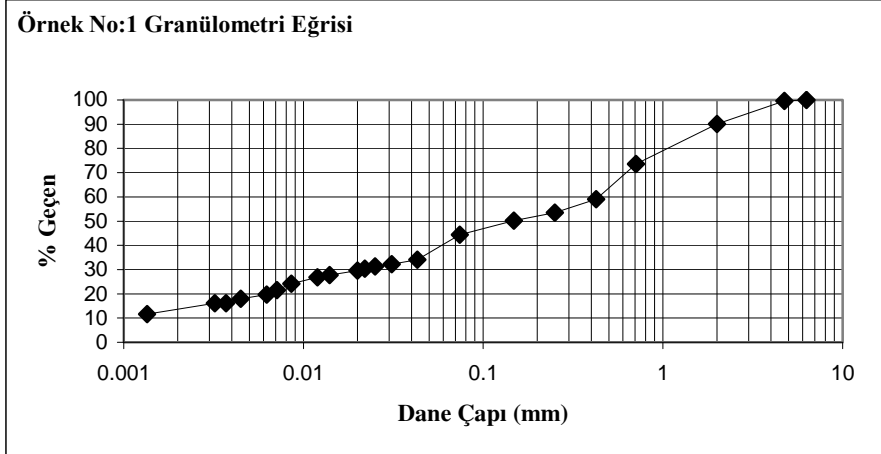
Fiziksel Özellikler	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama
Boşluk Oranı (e)	0.667	0.373	0.544
Porozite (n)	0.271	0.400	0.348
Su Muhtevası (w) (%)	0.104	0.214	0.158
Doygunluk Derecesi (Sr)	0.412	0.942	0.775
Özgül ağırlık (γ_s) (gr/cm³)	2.536	2.647	2.610
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n) (gr/cm³)	1.750	2.131	1.965
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (gr/cm³)	1.585	1.911	1.697
Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_{doy}) (gr/cm³)	1.985	2.183	2.046
Batık Birim Hacim Ağırlık (γ') (gr/cm³)	0.985	1.183	1.046

Tablo 21 incelendiğinde numunelerin boşluk oranlarının 0.667 ile 0.373, porozitesinin 0.271 ile 0.400, su muhtevasının 0.104 ile 0.214, doyumluk derecesinin 0.412 ile 0.942, özgül ağırlığının 2.536 ile 2.647 gr/cm³, doğal birim hacim ağırlığının 1.750 ile 2.131 gr/cm³, kuru birim hacim ağırlığının 1.585 ile 1.911 gr/cm³, doyum birim hacim ağırlığının 1.985 ile 2.183 gr/cm³ ve batık birim hacim ağırlığının 0.985 ile 1.183 gr/cm³ arasında değiştiği görülmektedir.

3.3.3.2. İnce Taneli Zeminlerin Sınıflandırılması

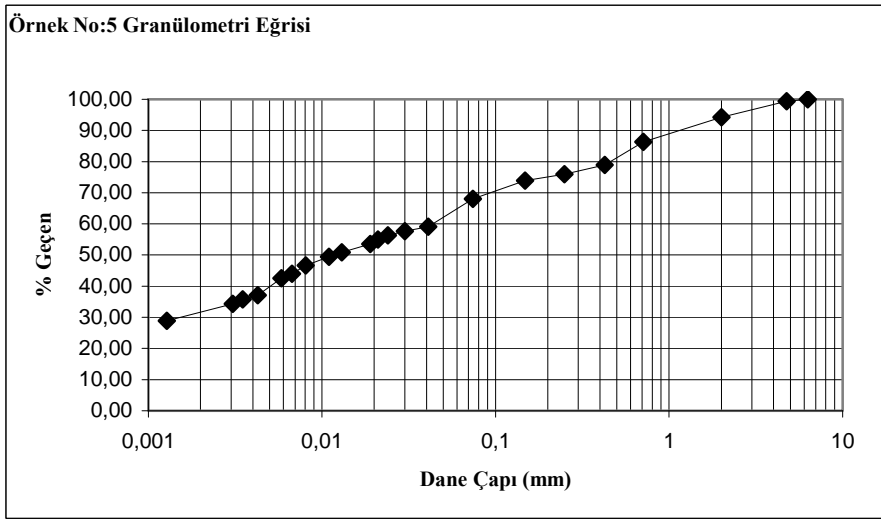
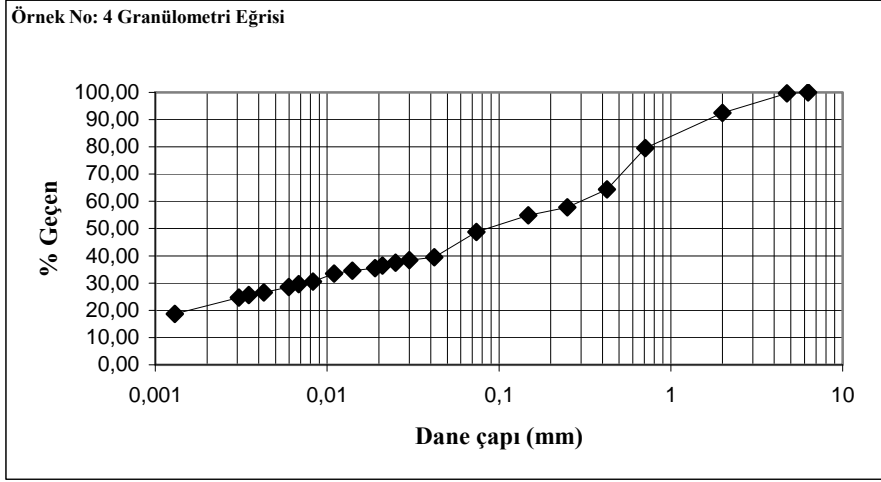
3.3.3.2.1. Granülometri Eğrilerinin Hazırlanması

Zemin numunelerinden yıkamalı elek analizi ve hidrometre analizi yapılmış ve her iki deneyden elde edilen sonuçlar kullanılarak granülometri eğrileri çizilmiştir (Şekil 46).



Şekil 46. Numunelere ait granülometri eğrileri

Şekil 46'in devamı



Tablo 22. Zemin gruplarının dağılımı

Örnek No	KİL (%)	SİLT (%)				KUM (%)				ÇAKIL (%)
		İnce	Orta	Kalın	Toplam	İnce	Orta	Kalın	Toplam	
1	13.8	6	10	10.2	26.2	12	16	22.04	50.04	9.96
2	19	9	8	8	25	8	12	18	38	18
3	28	8	8	10	26	11	10	15	36	10
4	22	7	7	9	23	12	18	17	47	8
5	32	11	11	11	33	10	9	10	29	6

Tablo 23. Zemin gruplarının genel değerlendirilmesi

	KİL (%)	SİLT (%)				KUM (%)				ÇAKIL (%)
		İnce	Orta	Kalın	Toplam	İnce	Orta	Kalın	Toplam	
En Yüksek Değer	32	11	11	11	33	12	18	22.04	50.04	18
En Düşük Değer	13.8	6	7	8	23	8	9	10	29	6
Ortalama	22.96	8.20	8.80	9.64	26.64	10.6	13	16.40	40	10.39

Tablo 23'e göre numuneler, ortalama % 22.96 kil, % 26.64 silt, % 40 kum ve % 10.39 çakıl içermektedir.

3.3.3.2.2. Kıvam Limitleri

Kıvam limitlerine göre deney sonuçları Tablo 24'de, sonuçların genel değerlendirilmesi Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 24. Zemin örneklerinin kıvam limitleri değerleri

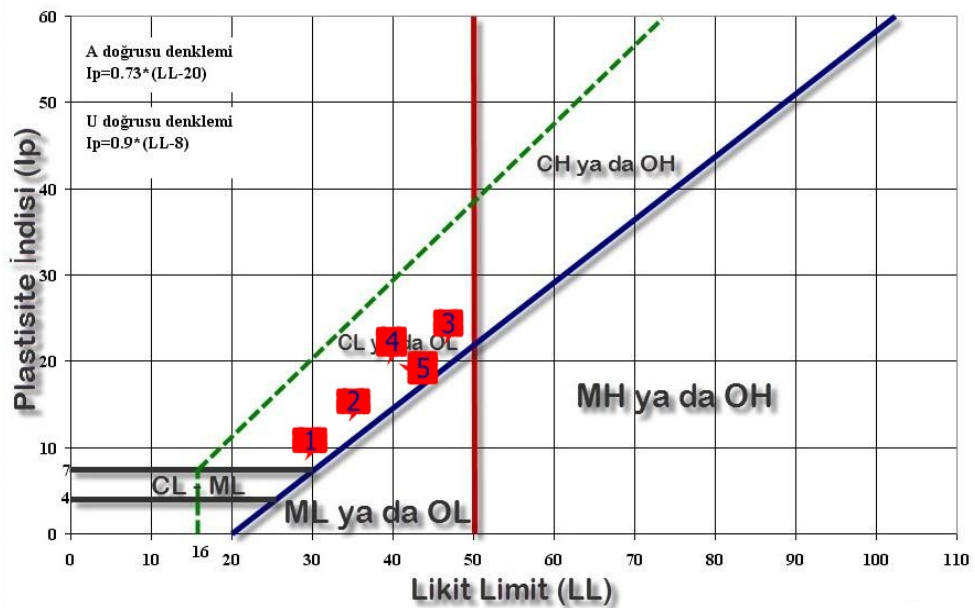
Örnek No	Likit Limit	Plastik Limit	Rötre Limit	Plastisite İndisi	Likitlik İndisi	Kıvam İndisi	Aktivite Katsayısı
1	29	21	18	8	-1,18	2,18	0,57
2	34	21	17	13	-0,36	1,36	0,68
3	47	25	18	22	-0,24	1,24	0,78
4	39	20	15	19	-0,50	1,50	0,86
5	41	22	16	19	-0,03	1,03	0,59

Tablo 25. Zemin örneklerinin kıvam limitlerinin genel değerlendirilmesi

Kıvam Limitleri	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Ortalama
Likit Limit	29	47	38
Plastik Limit	20	25	21.80
Rötre Limit	15	18	16.80
Plastisite İndisi	8	22	16.20
Likitlik İndisi	-1.18	-0.03	-0.46
Kıvam İndisi	1.03	2.18	1.46
Aktivite Katsayısı	0.57	0.86	0.69

Deneyler sonucunda numunelerin, likit limitlerinin %29 ile %47, plastik limitlerinin %20 ile %25, rötre limitlerinin %15 ile %18, plastisite indisinin %8 ile %22, likitlik indisinin -1.18 ile -0.03, kıvam indisinin 1.03 ile 2.18, aktivite katsayısının 0.57 ile 0.86 arasında değiştiği görülmektedir.

Numunelerin Casagrande grafiği üzerindeki yerleri Şekil 47’de verilmiştir.



Şekil 47. Numunelerin Casagrande plastisite grafiği üzerindeki yeri

Numunelerin hepsinin CL (düşük plastisiteli kil) olduğu belirlenmiştir. (Tablo 26)

Tablo 26. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre bulunan zemin grubu sınıfları ve açıklamaları

rnek No	Açıklama	Zemin Grubu
1	Düşük plastisiteli kil	CL
2	Düşük plastisiteli kil	CL
3	Düşük plastisiteli kil	CL
4	Düşük plastisiteli kil	CL
5	Düşük plastisiteli kil	CL

Numunelerin likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre IAEG (1976) tarafından verilen sınıflamadaki yerleri Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Zemin rneklerinin IAEG, 1976’ya göre likit limit ve plastisite indisi değerleri ile belirlenen plastisite sınıflaması

rnek No	Likit Limite Göre	Plastisite İndisine Göre
1	Düşük plastisiteli	Orta plastisiteli
2	Düşük plastisiteli	Orta plastisiteli
3	Orta plastisiteli	Yüksek plastisiteli
4	Orta plastisiteli	Yüksek plastisiteli
5	Orta plastisiteli	Yüksek plastisiteli

Numuneler IAEG’nin likit limite göre yaptığı sınıflamada 1 ve 2 nolu numunelerin düşük plastisiteli, diğerlerinin orta plastisiteli olduğu belirlenmiştir. Plastisite indisine göre yapılan sınıflandırmada ise, 1 ve 2 nolu örneklerin orta plastisiteli, diğerlerinin yüksek plastisiteli oldukları belirlenmiştir.

Numunelerin plastisite indisi değerine göre Burmister (1951) ve Leonards (1961) tarafından yapılan sınıflamadaki yerleri Tablo 28.’de verilmiştir.

Tablo 28. Zemin örneklerinin plastisite indisi ile plastisite derecesi arasındaki ilişki

Örnek No	Burmister (1951)		Leonards (1962)
	Plastisite Derecesi	Tanım	Plastisite Derecesi
1	Düşük plastisiteli	SİLT ve KİL	Az plastik
2	Orta plastisiteli	KİL ve SİLT	Az plastik
3	Yüksek plastisiteli	SİLT Lİ KİL	Plastik
4	Orta plastisiteli	KİL ve SİLT	Plastik
5	Orta plastisiteli	KİL ve SİLT	Plastik

Tablo 28 incelendiğinde Burmister'e göre 1 nolu numunenin düşük plastisiteli, silt ve kil, 3 nolu numunenin yüksek plastisiteli, siltli kil, diğerlerinin orta plastisiteli, kil ve siltten oluştuğu, Leonards'a göre 1 ve 2 nolu numunelerin az plastik, 3,4 ve 5 nolu numunelerin plastik olduğu belirlenmiştir.

Numunelerin kıvamlilik indisine göre sınıflandırılmasında hepsinin çok katı kıvamda olduğu görülmüştür (Tablo 29).

Tablo 29. Zeminlerin kıvamlilik indisine göre sınıflaması

Örnek No	Tanımlama
1	Çok katı
2	Çok katı
3	Çok katı
4	Çok katı
5	Çok katı

Numunelerin, likitlik indisi ve kıvamlilik indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişki değerlendirilerek yapılan sınıflandırmada hepsinin katı kıvamda olduğu görülmüştür (Tablo30).

Tablo 30. Likitlik indisi ve kıvamlilik indisi değerleri ile zeminin kıvamı arasındaki ilişkiye göre yapılan sınıflama

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

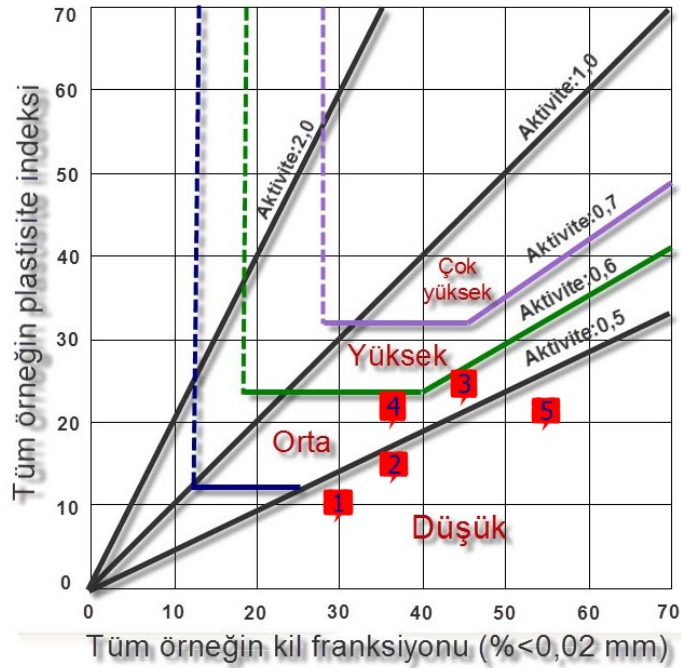
Killerin aktivitelerine göre sınıflandırılması Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Killerin aktiviteye göre sınıflandırılması

Örnek No	Sınıflama	Kil
1	Aktif olmayan killer	(kaolinit)
2	Aktif olmayan killer	(kaolinit)
3	Normal killer	(illit)
4	Normal killer	(illit)
5	Aktif olmayan killer	(kaolinit)

Tablo 31’ e göre 1, 2 ve 5 nolu numunelerin aktif olmayan kil (Kaolinit), diğerlerinin normal kil (illit) olduğu belirlenmiştir.

Numunelerin şişme potansiyeli, (Van Der Merve, 1964) tarafından verilen aktivite abağına göre belirlenmiştir (Şekil 48).



Şekil 48. Zeminlerin aktivite abağına göre sınıflama

Numunelerin aktivite abağındaki yerlerine göre 1,2 ve 5 nolu zeminlerin aktivitesi 0,5’ten düşük, 3 ve 4 nolu zeminlerin aktivitesinin 0,5 ile 0,6 arasında olduğu belirlenmiştir. Numunelerin aktivite değerlerinin düşük ve orta oldukları belirlenmiştir (Tablo 32).

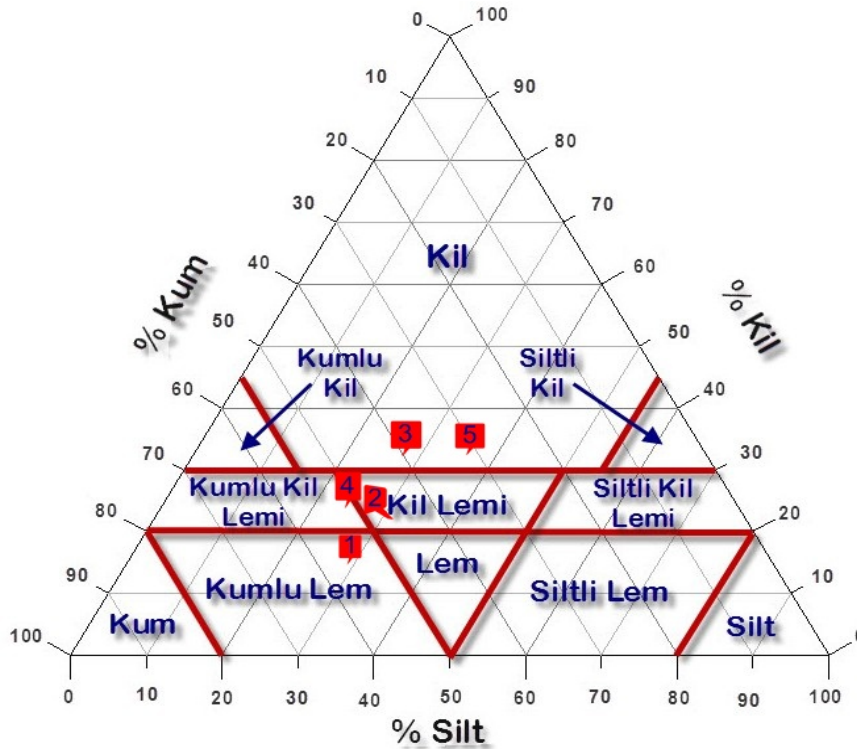
1950’de AASHTO (American Association of State Highway Officials) tarafından yapılan sınıflama Tablo 34’de verilmiştir.

Tablo 34. Amerikan Karayollarına (AASHTO) göre sınıflama

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

Bu sınıflamaya göre 1 no’lu numune A-4 grubunda, 2 no’lu numune A-6 grubunda, 3, 4 ve 5 no’lu numuneler ise A-7-6 grubundadır. Killi olarak sınıflandırılan zemin numunelerinin genel değerlendirilmesi orta ve kötü olduğu belirlenmiştir.

Üçgen sınıflandırma sisteminde numunelerin yerler Şekil 50’de gösterilmiştir.



Şekil 50. Üçgen (Feret Üçgeni) sınıflandırma sisteminde numunelerin yeri

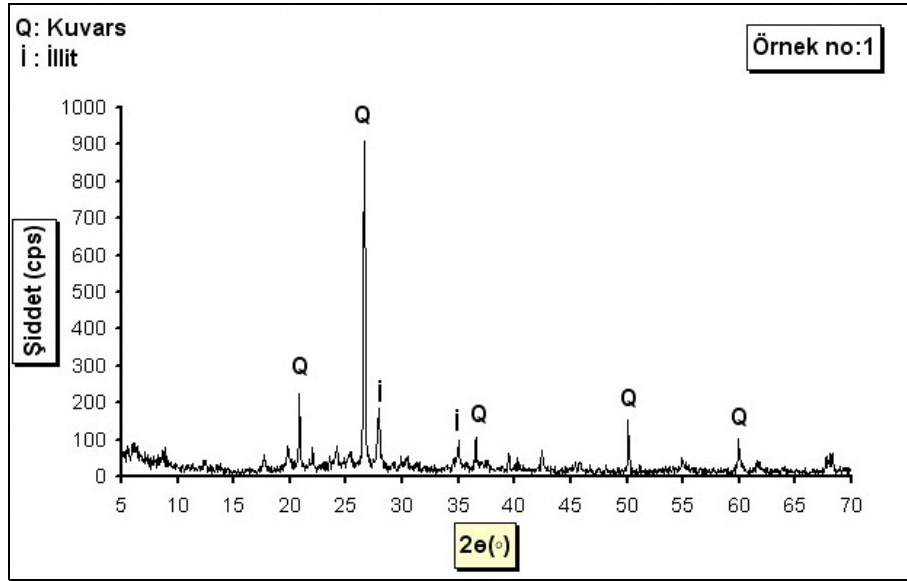
Sınıflandırma sonucunda numunelerin isimlendirilmesi Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35. Numunelerin Feret Üçgenine göre sınıflandırılması

Örnek No	Feret Üçgenine Göre Adlandırma
1	Kumlu Lem
2	Kil Lemi
3	Kil
4	Kumlu Kil Lemi
5	Kil

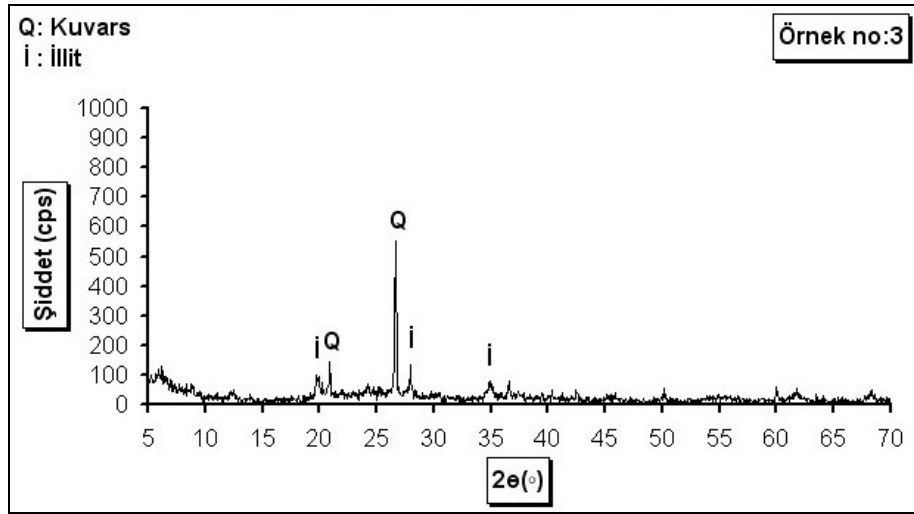
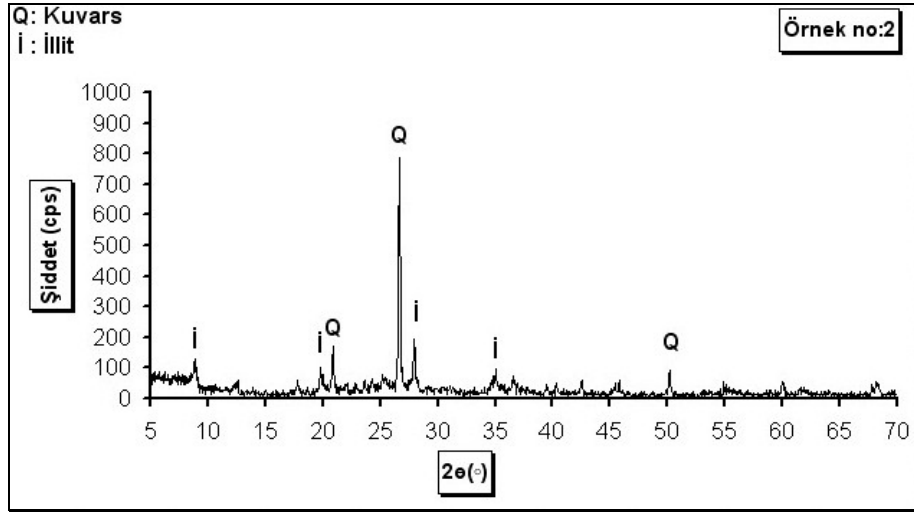
Bu sınıflamaya göre 1 no'lu numunenin kumlu lem, 2 no'lu numunenin kil lemi, 4 no'lu numunenin kumlu kil lemi ve 3 ve 5 no'lu numunelerin ise kil'den oluştuğu görülmektedir.

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

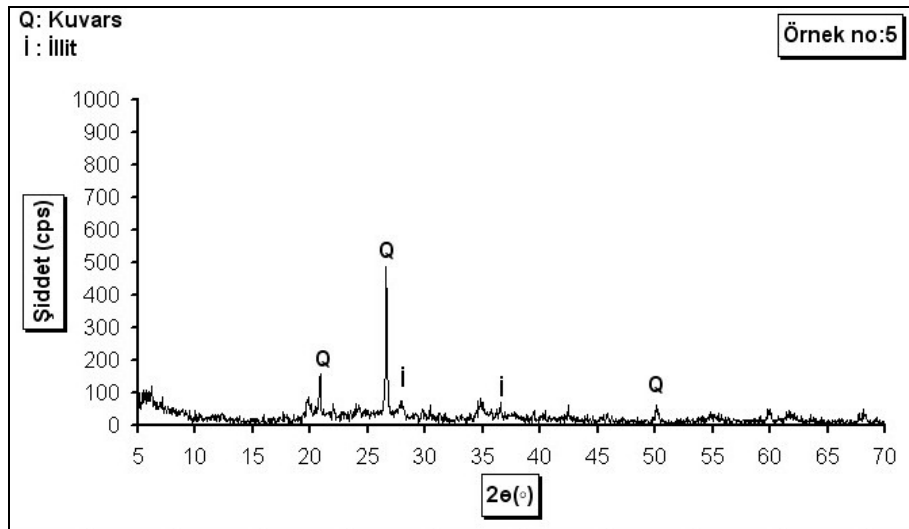
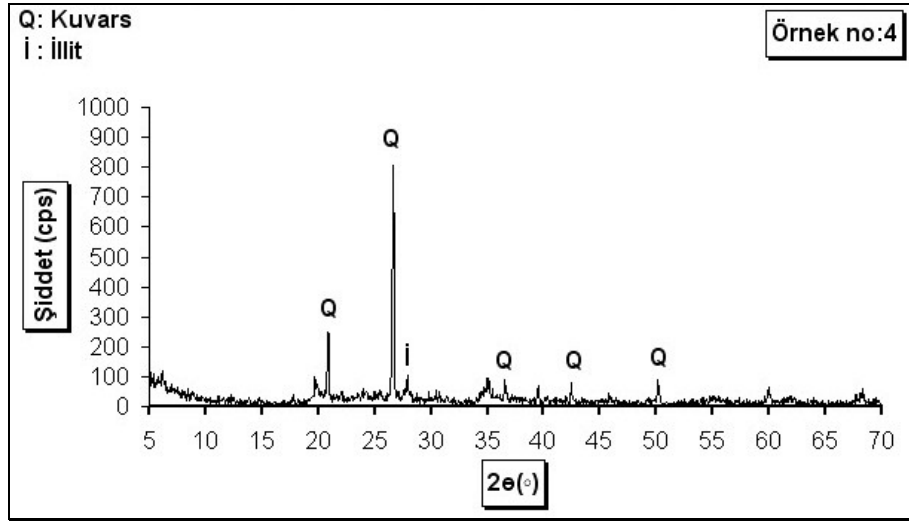


Şekil 51. Zemin numunelerinin XRD difraktogramları

Şekil 51'nin devamı



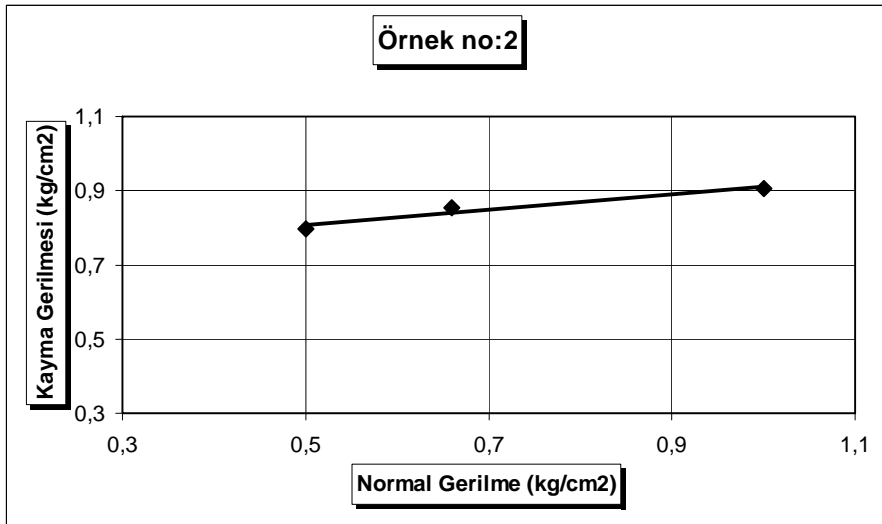
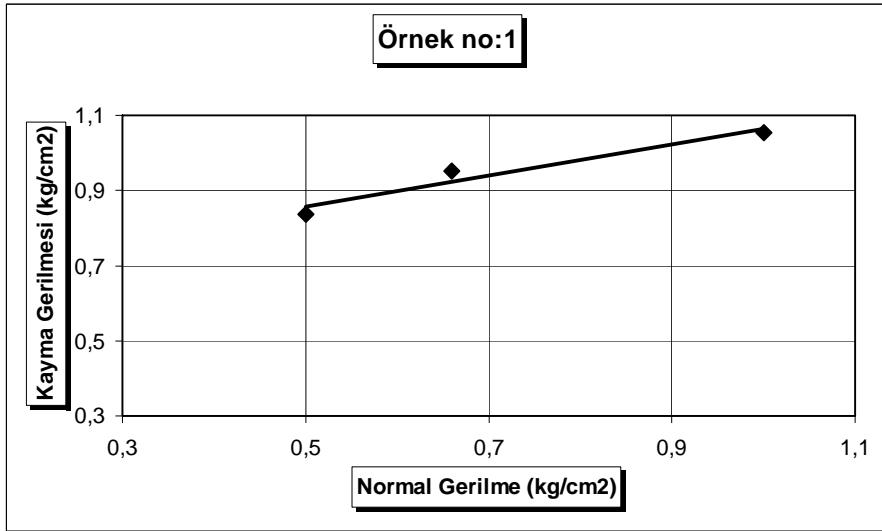
Şekil 51'nin devamı



Sonuçlara göre 1 ve 4 no'lu numunelerde bol miktarda 2, 3 ve 5 no'lu zeminlerde az miktarda kuvars saptanmış ve kil türlerinin illit olduğu belirlenmiştir.

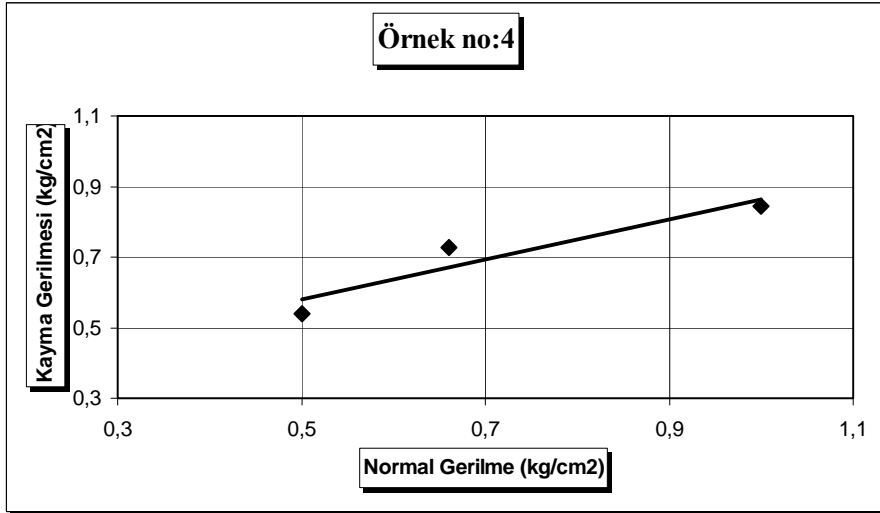
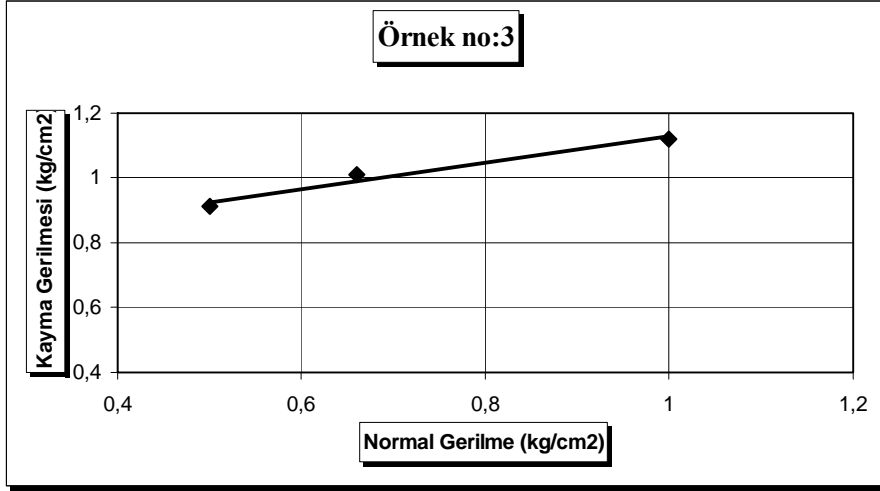
3.3.3.3. Zeminin Kayma Dayanım Parametrelerinin Belirlenmesi

Zeminin kayma dayanımı parametreleri olan içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlemek için kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Numuneler üzerinde kesme kutusu deneyinde elde edilen normal gerilme ve kayma gerilmesi değerleri Tablo 36'de bu değerler kullanılarak çizilen normal – kayma gerilmesi grafikleri Şekil 52'de gösterilmiştir.

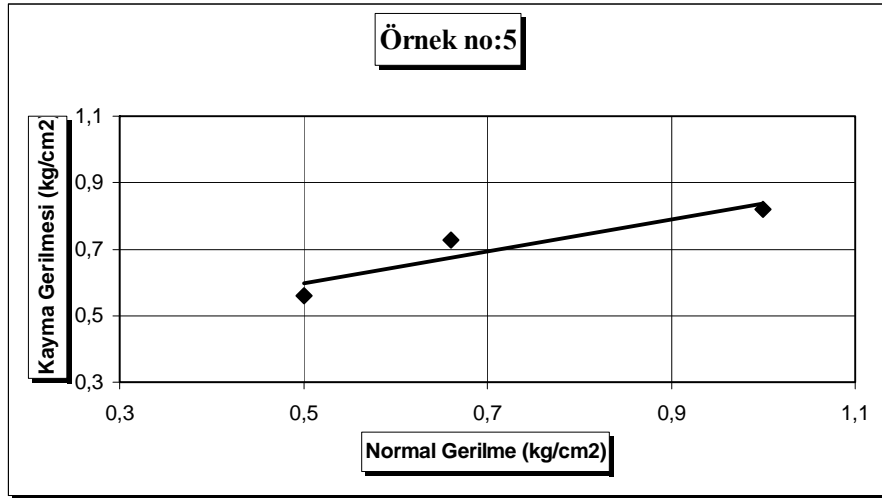


Şekil 52. Numunelere ait normal gerilme-Kayma gerilmesi grafikleri

Şekil 52'in devamı



Şekil 52'in devamı



Tablo 36. Zemin numunelerinin normal ve kayma gerilmesi değerleri

Örnek No	Düşey Yük (kg)					
	18 kg		24 kg		36 kg	
	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	Normal Gerilme (σ) kg/cm ²
1	0.837	0.5	0.953	0.66	1.054	1
2	0.797	0.5	0.852	0.66	0.905	1
3	0.912	0.5	1.010	0.66	1.121	1
4	0.540	0.5	0.727	0.66	0.843	1
5	0.561	0.5	0.727	0.66	0.820	1

Zemin numunelerinin kesme kutusu deneyi sonuçları Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. Zemin numunelerinin kesme kutusu deneyi sonuçları

Örnek No	c (kg/cm ²)	ϕ
1	0.652	22.342
2	0.703	11.640
3	0.724	21.949
4	0.296	29.466
5	0.357	25.641

Numunelerin içsel sürtünme açılarının (ϕ) 11.64° ile 29.46° arasında, kohezyonun (c) ise 0.35 ile 0.72 kg/cm² arasında değiştiği görülmektedir.

Serbest basınç deneyi sonucunda zeminin kıvamı ve serbest basınç dayanımı belirlenmiştir.

Tablo 38. Zemin örneklerinin serbest basınç değerleri

Örnek No	P (Kg)	ΔL (cm)	A_0 (cm ²)	A_f (cm ²)	q_u (kg/cm ²)
1	54	0.29	11.222	11.670	4.627
2	18	0.44	11.400	12.089	1.488
3	54	0.86	10.985	12.370	4.365
4	40	0.25	10.985	11.359	3.524
5	16	0.88	11.341	12.829	1.247

Tablo 39. Zemin numunelerinin serbest basınç dayanımına göre belirlenen zemin kıvamı

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

Deney sonucunda numunelerin serbest basınç mukavemetlerinin 1.24 kg/cm² ile 4.62 kg/cm² arasında değişmekte ve 1 ve 3 no'lu zeminin çok sert, 4 no'lu zeminin sert, 2 ve 5 no'lu zeminin orta sert kıvamda olduğu görülmektedir.

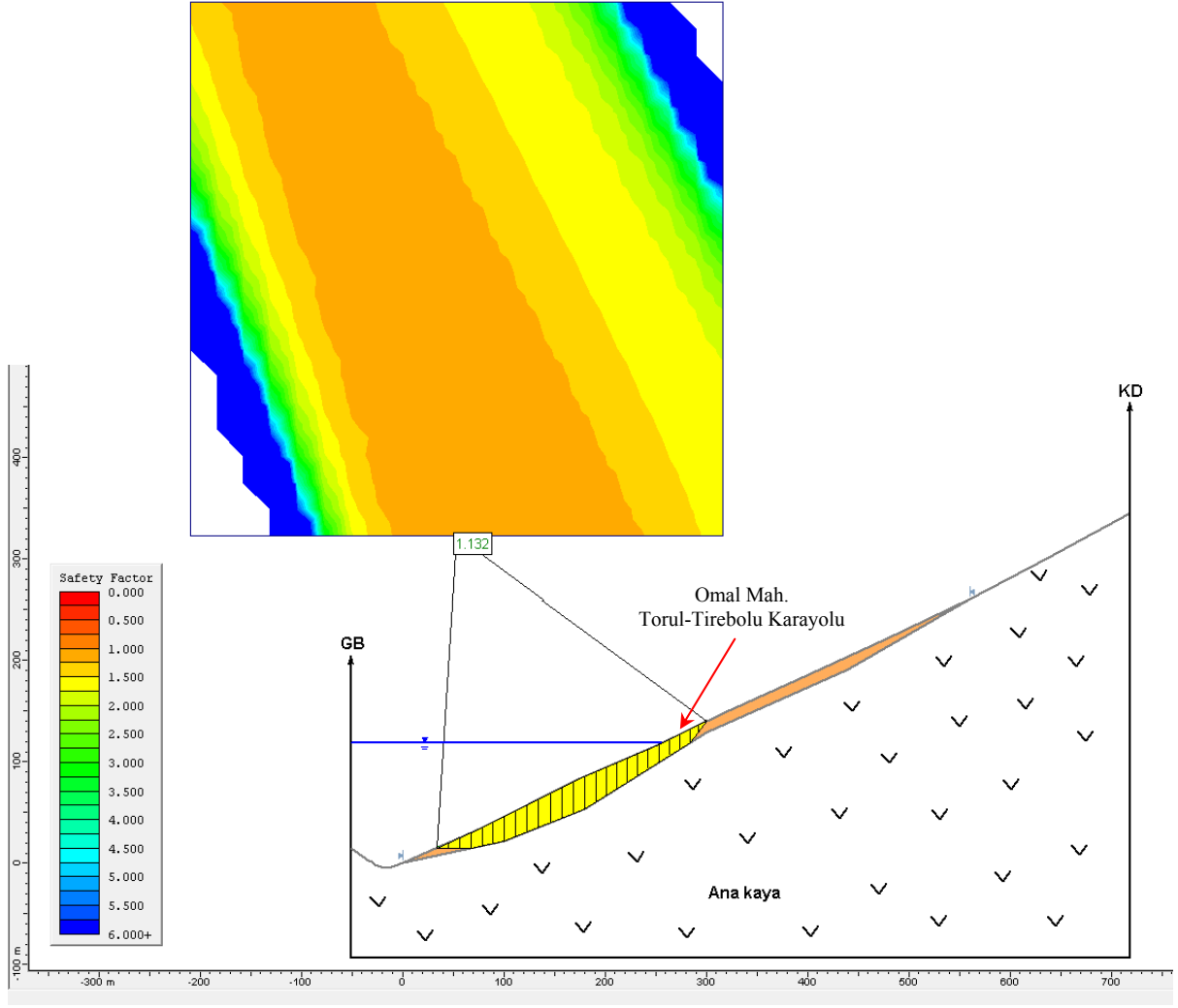
3.3.4. Torul Barajı Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Duraylılığının İncelenmesi

3.3.4.1. Sayısal Analiz ile Yamaçların Stabilite Analizi

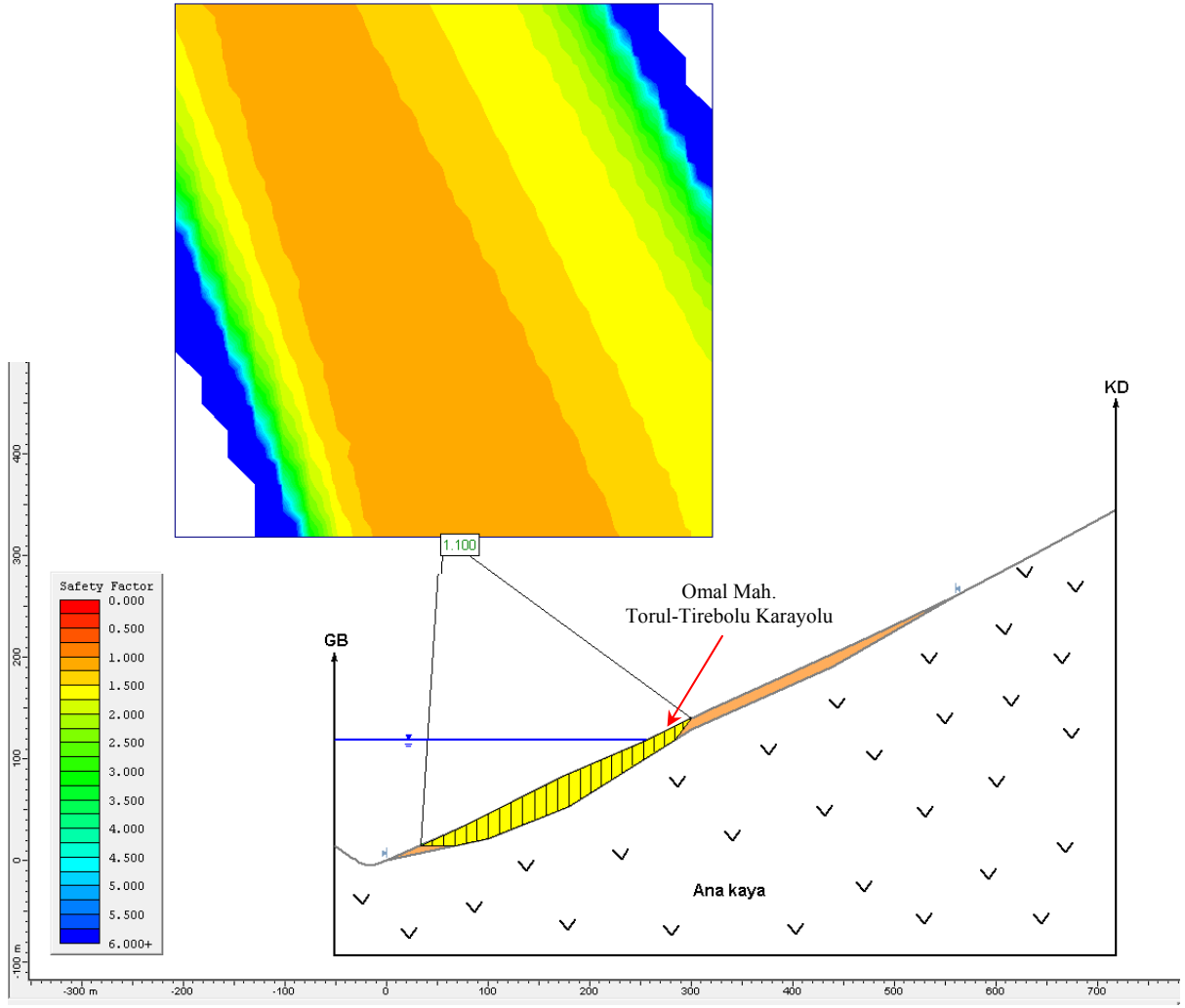
Torul Barajının sağında ve solunda yer alan yamaçlarının stabilitesini belirlemek için limit denge şev stabilite analiz yapan “Slide” bilgisayar programından yararlanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, sahada yapılan araştırma sondajlarından elde edilen yamaç molozu kalınlık değerleri kullanılarak “Slide” programında sağ ve sol yamaçlara ait jeolojik kesitler çizilmiştir. Daha sonra laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen birim hacim ağırlık değeri ve kayma direnci parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) kullanılarak yamaç molozunun özellikleri tanımlanmıştır. Analizlerde Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılmış olup, kayma şekli olarak dairesel ve birleşik kayma türleri seçilmiştir. Stabilite analiz yöntemi olarak da Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Janbu yöntemleri kullanılmıştır. Küçük ölçekli kaymaların olmadığı ve gerilme çatlaklarının gelişmediği varsayımıyla sağ ve sol yamaçların duraylılık analizleri yapılmıştır.

Sağ yamaçta yapılan analizler sonucunda güvenlik katsayısı değeri Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre GK: 1.132, Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre GK: 1.100 olarak belirlenmiştir. Bulunan bu değerler sağ yamaç için hesap edilen en düşük güvenlik katsayısı değerleri olup, limit denge durumu için kabul edilen GK: 1 değerinden büyüktür. Bu sonuçlar sağ yamaçta herhangi bir stabilite sorununun oluşmayacağını göstermektedir. Ancak en düşük güvenlik katsayısı değerini sağlayan kayma yüzeyinin büyük kısmı Torul Barajı maksimum su kotunun altında bulunmaktadır (Şekil 53 ve Şekil 54). Suyla doymun hale gelecek bu kütlenin güvenlik katsayısı değerinin azalmasına bağlı olarak zamanla içinde küçük ölçekli geriye doğru ilerleyen heyelanların oluşması muhtemeldir. Tirebolu-Torul karayolunun bir kısmının ve Kirazlık köyüne bağlı Omal mahallesinin kayma yüzeyini içine alan bölgenin içinde kalması nedeniyle buraların hareketlenmelerden olumsuz bir şekilde etkilenme ihtimali vardır (Şekil 55 ve Şekil 56).



Şekil 53. Sağ yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Bishop kayma analizi



Şekil 54. Sağ yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Janbu kayma analizi

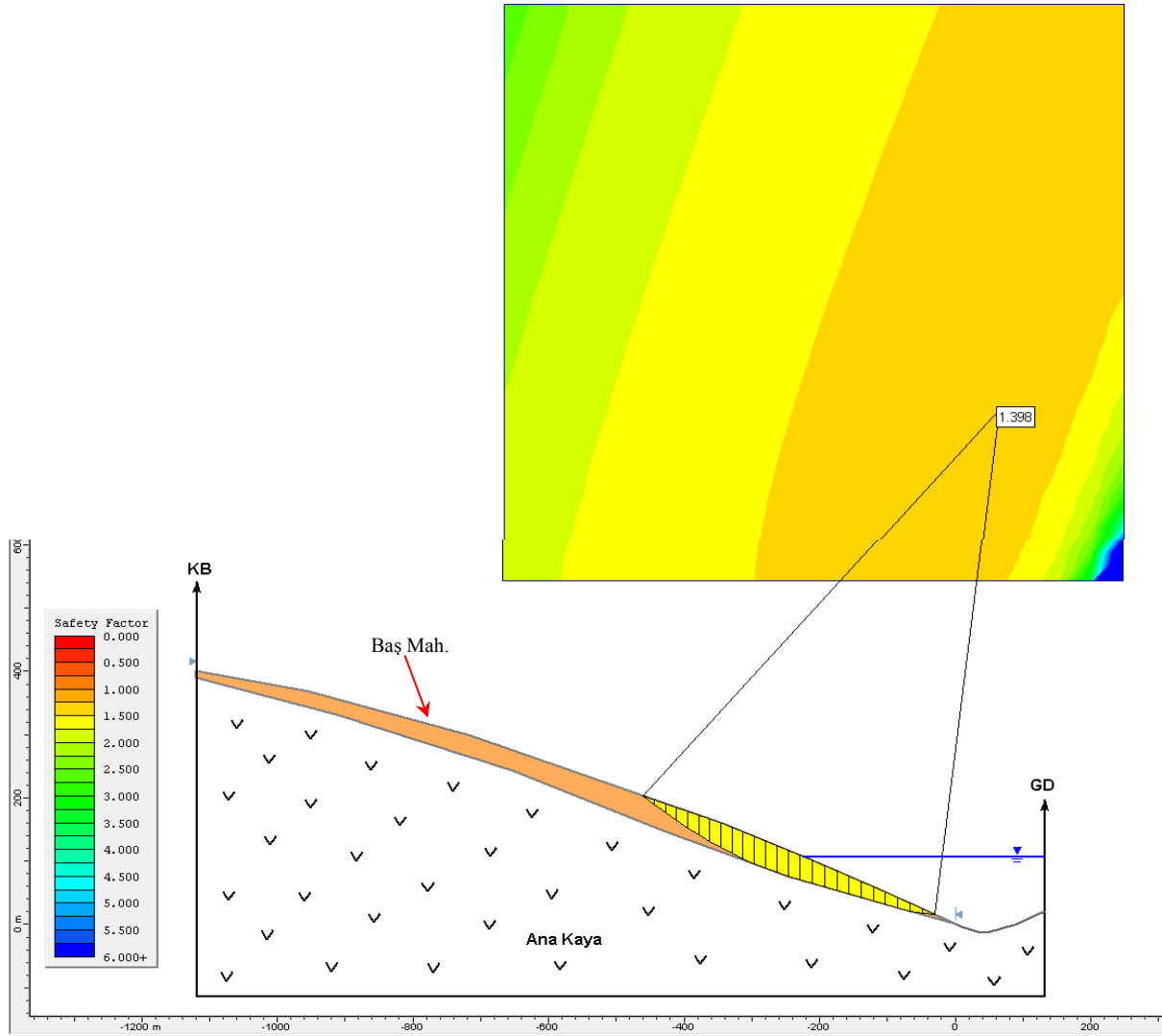


Şekil 55. Torul Barajı sağ sahilinin su tutmadan önceki hali



Şekil 56. Torul barajı sağ sahilinin su tuttuktan sonraki hali

Sol yamaçta yapılan analizler sonucunda güvenlik katsayısı değeri Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre GK: 1.398, Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre GK: 1.368 olarak belirlenmiştir. Bulunan bu değerler sol yamaç için hesap edilen en düşük güvenlik katsayısı değerleri olup, limit denge durumu için kabul edilen GK: 1 değerinden büyüktür. Bu sonuç sol yamaçta herhangi bir stabilite sorununun oluşmayacağını göstermektedir. Sol yamaçta da en düşük güvenlik katsayısı değerini sağlayan kayma yüzeyinin yarısı Torul Barajı maksimum su kotunun altında bulunmaktadır (Şekil 57 ve Şekil 58). Aynı şekilde suyla doygun hale gelecek bu kütlede küçük ölçekli geriye doğru ilerleyen heyelanların olması muhtemeldir. Sol yamaçta yer alan Kirazlık köyüne bağlı Baş mahallesi ise bu heyelan riskli alanın oldukça üstünde yer almaktadır. Hareketlenme olsa bile Baş mahallesi bu olaydan olumsuz bir şekilde etkilenmeyecektir (Şekil 59 ve Şekil 60).



Şekil 57. Sol yamaçta yapılan Basitleştirilmiş Bishop kayma analizi



Şekil 59. Torul Barajı sol sahilinin su tutmadan önceki hali



Şekil 60. Torul barajı sol sahilinin su tuttuktan sonraki hali

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma Torul Barajında su tutulmaya başlandıktan sonra suyun, Torul Barajı göl alanının sağ ve sol yamaçlarının duraylılığına etkisi arazi ve laboratuvar çalışmaları ile araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Çalışma alanının 1/10.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmış 5 litostratigrafik birim ayırtılarak bunların stratigrafik ve petrografik özellikleri ortaya konmuştur. Ayırtılan litostratigrafi birimlerinin yaşlıdan gence doğru sıralanışı şöyledir:

- Çağlayan Formasyonu (Üst kretase)
- Sarıoşman Monzograniti (Üst Kretase ?)
- Mandızlı Dasiti (Üst Kretase ?)
- Yamaç Molozu (Kuvaterner)
- Alüvyon (Kuvaterner)

2. Her iki yamaçtan alınan zemin numuneleri ile yapılan deneyler sonucunda zeminlerin özgül ağırlığının 2.536 ile 2.647 gr/cm³, doğal birim hacim ağırlığının 1.750 ile 2.131 gr/cm³, kuru birim hacim ağırlığının 1.585 ile 1.911 gr/cm³, doymun birim hacim ağırlığının 1.985 ile 2.183 gr/cm³ ve batık birim hacim ağırlığının 0.985 ile 1.183 gr/cm³ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

3. Zeminler ortalama % 22.96 kil, % 26.64 silt, % 40 kum ve % 10.39 çakıl içermektedir.

4. Zeminlerin likit limitlerinin %29 ile %47, plastik limitlerinin %20 ile %25, rötre limitlerinin %15 ile %18, plastisite indisinin %8 ile %22, likitlik indisinin -1.18 ile -0.03, kıvam indisinin 1.03 ile 2.18, aktivite katsayısının 0.57 ile 0.86 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

5. Zeminlerin Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CL (düşük plastisiteli kil) olarak adlandırıldığı, kıvamlılıklarının çok katı, aktivitelere göre aktif olmayan kil ve normal kil içerdiği, şişme potansiyeline göre düşük potansiyelde oldukları tespit edilmiştir.

6. Zeminlerin X-Ray difraktometre çekimlerine göre kil türünün illit olduğu saptanmıştır.

7. Zeminlerin içsel sürtünme açılarının (ϕ) 11.64° ile 29.64° arasında, kohezyonun (c) ise 0.35 ile 0.72 kg/cm^2 arasında ve serbest basınç mukavemetlerinin 1.24 kg/cm^2 ile 4.62 kg/cm^2 değiştiği tespit edilmiştir.

8. Yamaçlarının stabilitesini belirlemek için limit denge şev stabilite analiz yapan “Slide” bilgisayar programından yararlanılmış olup, sağ yamaçta yapılan analizler sonucunda güvenlik katsayısı değeri Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre GK: 1.132, Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre GK: 1.100 ve sol yamaçta yapılan analizler sonucunda güvenlik katsayısı değeri Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre GK: 1.398, Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre GK: 1.368 olduğu tespit edilmiştir.

9. Bu sonuçlar sağ ve sol yamaçta herhangi bir stabilite sorununun oluşmayacağını göstermektedir. Ancak en düşük güvenlik katsayısı değerini sağlayan kayma yüzeylerinin büyük kısmı her iki yamaçta da Torul Barajı maksimum su kotunun altında bulunmaktadır. Dolayısıyla suyla doymun hale gelecek bu kütlelerin güvenlik katsayısı değerinin azalmasına bağlı olarak zamanla içinde küçük ölçekli geriye doğru ilerleyen heyelanların oluşması muhtemeldir.

10. Tüm bu veriler ışığında Sağ yamaçta Tirebolu-Torul karayolunun bir kısmının ve Kirazlık köyüne bağlı Omal mahallesinin kayma yüzeyini içine alan bölgenin içinde kalması nedeniyle buraların hareketlenmelerden olumsuz bir şekilde etkilenme ihtimali vardır. Sol yamaçta ise Kirazlık köyüne bağlı Baş mahallesi ise bu heyelan riskli alanın oldukça üstünde yer almaktadır. Hareketlenme olsa bile Baş mahallenin bu olaydan olumsuz bir şekilde etkilenmesi düşünülmemektedir.

11. Olası hareketlenmelerden dolayı sol sahilde 960 m kotu altı ve sağ sahilde ise Tirebolu – Torul Devlet Karayolu altında bulunan arazilerde yerleşime izin verilmemelidir.

12. Tirebolu – Torul Devlet Karayolu üzerinde belli yerlerde röper noktaları belirlenerek, yolda oluşabilecek hareketlenmeler gözlenmelidir.

13. Tirebolu – Torul Devlet Karayolunun işlevini kaybetmesi halinde, bölgeye ulaşımın sağlanması seçenekleri araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- ASTM D 422-63, 1998. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM, Philedelphia.
- ASTM D 4318-00, 1998 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity, Index of Soils, ASTM, Philedelphia.
- 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.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri Ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri. Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 255 s.
- Ceryan, N., 2005. Kaya kütle sınıflandırma sistemlerinin ve SSPC yönteminin Bekçiler (Maçka-Trabzon)-Torul (Gümüşhane) arasında seçilen kazı şevlerine uygulanışı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 170 s.
- Çellek, S., 2007. Gerze (Sinop) yöresindeki aktif heyelan alanlarının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 128 s.
- Dağ, S., 2007. Çayeli (Rize) ve çevresinin istatistiksel yöntemlerle heyelan duyarlılık analizi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 241 s.
- Duncan, J.M. ve Wright S.G., 2005, Zemin Şevlerinin Duraylılığı, Kayabalı K., Gazi Kitabevi, Ankara.
- Ergüvanlı, K., 1953. Görele-Espiye-Gümüşhane arasındaki bölgenin jeolojisi hakkında rapor. MTA, Rapor No:2629.24, Ankara (Yayınlanmamış).
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granitik Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.178 s.
- Genç, D., 2008, Zemin Mekaniği ve Temeller, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 100, Ankara.
- Erdeve, E., 2006. 100. Yıl Heyelanı (Adana) jeolojik-jeoteknik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 137 s.

- Haliloğlu, S.B., 1997. Heyelan analizinde kullanılan yöntemler ve sayısal çözümleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 198 s.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve çevresinde yüzeyleyen kayaçların petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 253 s.
- Kaynak, G., 2007. Uzunkaya (Rize) heyelanının geoteknik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 97 s.
- Liu, C. and Evett, J.B., 2000, Soil Properties Testing, Measurement and Evaluation, 3th Ed. Prentice Hall, New Jersey-Columbus, Ohio - USA,.
- Peker, S., 1998. Kürtün Barajı Dolusavak Güzergahındaki Diyoritin Jeomekanik özellikleri ve Bu Güzergahtaki Kazı Şevlerinin Duyarlılığı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 153 s.
- Şirin, A., 1995. Kürtün – Torul (Gümüşhane) Arası Karayolu Kaya Şevlerinin Duyarlılık Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 213 s.
- Torul – Kirazlık Köyü Heyelanı Jeoteknik Raporu, Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, Trabzon, 2006.
- Ulusay, R., 1994, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, II. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Ankara.
- Uzuner, B.A., 2007, Temel Zemin Mekaniği, VII. Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon.
- Ünsal, N., 2004, Heyelanlar ve Kitle Hareketleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi22/gumushane.htm>. 15 Ağustos 2010
- URL-2, <http://www.ozdemiras.com.tr/tr/project.php?id=24>. 15 Ağustos 2010

Ek Tablo 5. YSK-2 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KİRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 52.00m. KOTU: 925m. KOORDİNATLARI X: 44 99 343 Y: 520 410 SONDAJ NO: YSK-2							BAŞLANGIÇ TARİHİ: 26.07.2004 BİTİŞ TARİHİ: 02.09.2004 MAKİNA TİPİ: D-4778 CREALİUS SONDÖR: C. TOSUN SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜHALİCAN PEPEOĞLU PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU													
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesiti uc çirisi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Denevi				Basıncsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri				jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basıncı (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	Darbe Sayısı	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)		
1	27.7.04													50				0-39m yamaç molozu kireçtaşı, çalır çakıl ve bloklaıyla birlikte az miktarda kıl içermektedir.		
2														50						
3														50						
4	28.7.04													100						
5														25						
6														25						
7	29.7.04													20						
8														20						
9	30.7.04													20						
10																				
11	2.8.04													6						
12																				
13	3.8.04													44						
14	4.8.04													40						
15	5.8.04													28						
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)						
< 1GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIS W2 AZ AYRIŞMIS W3 ORTA DERECE AYRIŞMIS W4 ÇOK AYRIŞMIS W5 TAMAMEN AYRIŞMIS				<1 MA SİF 1-3 AZ ÇATLAKLI-KIRIKLI 3-10 KIRIKLI 10-50 ÇOK ÇATLAKLI-KIRIKLI > 50 PARÇALANMIS						

Ek Tablo 8. YSK-3 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 28.00m KOTU: 923m KOORDİNATLARI X: 44 99 388 Y: 520 368 SONDAJ NO: YSK-3							BAŞLANGIÇ TARİHİ: 14.10.2004 BİTİŞ TARİHİ: 02.11.2004 MAKİNA TİPİ: D-4778 CREALİUS SONDÖR: C. BAYINDIR B. İMAMOĞLU SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜHALİCAN PEPEOĞLU PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU													
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Mühafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneği				Basıncsız Su Deneği		SPT				Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınc (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Taşıma gücü (kg/cm ²)	Karot yüzdesi (%)		
1	↑														100				0 - 15 m yamaç molozu split ve kireçtaşı kökenli çakıl ve bloklarla birlikte kil içermektedir.	
2	15.10.04														80					
3	↓														50					
4	↑														55					
5	18.10.04														8					
6	↓														10					
7	↑														4					
8																				
9	20.10.04														10					
10	↓																			
11	↑														11					
12	↓																			
13	2.1.10.04														30					
14	↑																			
15	↓														30					
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)						
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ						

Ek Tablo 9. YSK-3 Sondaj logu (16-28 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici ucü cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi		SPT			Kaya Özellikleri		jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basıncı (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)			İşşma gücü (kg/cm2)	Karot yüzdesi (%)
16	↑																			
17	↓	22.10.04													7					
18	↓																			
19	↓	25.10.04													26					
20	↓																			
21	↓	26.10.04													44					
22	↓														68					
23	↓	26.10.04													25					
24	↓	27.10.04													76	47				
25	↓														86	73				
26	↓	1.11.04													76	22				
27	↓														100					
28	↓	2.11.04													60	15				
															100	47				
															Kuyu Tabanı 28 m					

Ek Tablo 10. YSK-4 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 24.00m. KOTU:911m. KOORDİNATLARI X: 44 99 278 Y: 520 392 SONDAJ NO: YSK-4					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 01.06.2005 BİTİŞ TARİHİ: 14.06.2005 MAKİNA TİPİ: D-4778 CREALİUS SONDÖR: E. KÖPRÜLÜ E. KURT SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜHALİCAN PEPEOĞLU					PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU										
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi		SPT			Kaya Özellikleri				jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	Darbe Sayısı	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)		
1	1.605													100						0 - 3 m
2														100						yamaç molozu
3														15						spilit çakılları
4	2.6.05													10						içeren kildedden oluşur
5														10						3 - 24 m
6														10						kireçtaşı
7	6.6.05													100	50					açık gri renkli
8														100	22					sert ve sağlam
9	7.6.05													80	43					yapıda olup
10														45						silileşme gösterir
11														100	30	3-10				az çatlaklı, çatlak
12														100	70	3-10				yüzeyleri okside
13	8.6.05													100	57	3-10				olmuş, sarımsı
14														100	95					kahve renkli.
15														100						
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)						
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIS W3 ORTA DERECE AYRIŞMIS W4 ÇOK AYRIŞMIS W5 TAMAMEN AYRIŞMIS				< 1 MASİF 1-3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3-10 KIRIKLI 10-50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ						

Ek Tablo 11. YSK-4 Sondaj logu (16-24 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																		
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KİRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																		
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi		SPT			Kaya Özellikleri		Tanımlama	
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için Darbe Sayısı	2.15 cm için Darbe Sayısı	30 cm için toplam Darbe Sayısı	50 darbedeki İlerleme (cm)		Taşınma gücü (kg/cm ²)
16															100	70	3-10	
17				NW											100	95	3-10	
18	10.6.05		T - 76 Diamy Elmas		Devretmiyor										100	100	1-3	
19																	1-3	
20																	1-3	
21	13.10.05														100	100	1-3	
22															100	100	1-3	
23	14.06.05														100	35	1-3	
24															100	75	1-3	
															100	90	1-3	Kuyu Tabanı 24 m

Ek Tablo 12. YSK-5 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																					
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 84.00m KOTU: 905m KOORDİNATLARI X: 44 99 348 Y: 520 300 SONDAJ NO: YSK-5					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 11.04.2004 BİTİŞ TARİHİ: 20.05.2005 MAKİNA TİPİ: D-4778 CREALİUS SONDÖR: C. BAYINDIR E. KURT SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜHALİCAN PEPEOĞLU PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU																
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj sayısı (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncısız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basıncı (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için Darbe Sayısı	2.15 cm için Darbe Sayısı	30 cm için toplam Darbe Sayısı	50 darbedeki İlerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm2)	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)		
1	↑														100				0 - 48 m yamaç molozu spilit ve kçt kökenli çakıl ve bloklarla birlikte kil içermektedir.		
2	3.11.04														100						
3	↓														100						
4	5.11.04														70						
5	8.11.04														80						
6	↑		NW G Vidye Kron												50						
7																					
8			NW		Devretmiyor										25						
9	9.11.04																				
10																					
11															20						
12																					
13																					
14	10.11.04														15						
15																					
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)							
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ							

Ek Tablo 17. YSK-6 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																			
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																			
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 71.00m. KOTU: 898m. KOORDİNATLARI X: 44 99 335 Y: 520 240 SONDAJ NO: YSK-6					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 17.06.2005 BİTİŞ TARİHİ: 30.11.2006 MAKİNA TİPİ: D-4778 A-4199 CREALİUS SONDÖR: E.KURT Y. BORAN SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ALİCAN PEPEOĞLU PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU														
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimento lama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneği			Basıncısız Su Deneği			SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K. (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm ²)		
1	↑														53				0 - 57 m yamaç molozu split ve kçt kökenli çakıl ve bloklarla birlikte kil içermektedir.
2	↓														93				
3	↓														100				
4	↓														83				
5	↓														73				
6	↓														34				
7	↓														33				
8	↓														52				
9	↓														38				
10	↓														50				
11	↓														44				
12	↓																		
13	↓																		
14	↓																		
15	↓																		
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)			AYRIŞMA DERECESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (# m)							
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ			W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ			<1 MASİF 1-3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3-10 KIRIKLI 10-50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ							

Ek Tablo 18. YSK-6 Sondaj logu (16-37 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																					
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Denevi				Basıncsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki İlerleme (cm)			Taşınma gücü (kg/cm ²)	Karot yüzdesi (%)
16																72					
17																70					
18	23.6.05															29					
19																40					
20																10					
21																0					
22	24.6.05															39					
23																27					
24																					
25	27.6.05															35					
26			VWG	Vidye Kron												25					
27	28.6.05				Devtermiyor											22					
28																					
29				NW												36					
30																					
31																20					
32	29.6.05															0					
33																					
34																0					
35																					
36	30.6.05			BW												30					
37			BWG	B												25					

Ek Tablo 21. YSK-7 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
YERİ: SOL SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 80.00m. KOTU: 938m. KOORDİNATLARI X: 44 99 241 Y: 519 760 SONDAJ NO: YSK-7					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 22.10.2004 BİTİŞ TARİHİ: 06.05.2005 MAKİNA TİPİ: D-4000 CREALİUS SONDÖR: E. KURT SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜHALİCAN PEPEOĞLU PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU															
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc einsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyl			Basıncsız Su Deneyl			SPT				Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm2)	Karot yüzdesi (%)		
1	↑														60				0 - 52 m yamaç molozu 0 - 16 m arası kil ile birlikte, split ve granit kökenli çakıl ve bloklar içerir.	
2	8.9.04														44					
3																				
4																				
5	9.9.04																			
6	13904																			
7																				
8	4.9.04																			
9																				
10																				
11	5.9.04																			
12																				
13																				
14	7.9.04																			
15																				
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)			AYRIŞMA DERECE (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)							
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ			W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ							

Ek Tablo 25. YSK-8 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																			
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																			
YERİ: SOL SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 70.00m. KOTU:905m. KOORDİNATLARI X: 44 99 263 Y: 519 841 SONDAJ NO: YSK-8					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 14.09.2004 BİTİŞ TARİHİ: 15.10.2004 MAKİNA TİPİ: D-4000 CREALİUS SONDÖR: O. AYDOĞDU M. OSKAY SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGIN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU														
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneği				Basıncsız Su Deneği		SPT				Kaya Özellikleri		jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm2)	Karot yüzdesi (%)		
1	↑														84			0-30 m yamaç molozu 0-20 m arası kil 2-3 m arası kil ile birlikte gri ve koyu gri renklerde split, tuf ve kçt blok ve çakılları içerir. Blok ve çakıllar köşelidir.	
2	149.04														86				
3	↓														56				
4	159.04														40				
5	↓														40				
6	159.04														50				
7	↓														30				
8	169.04														27				
9	↓														37				
10	179.04														40				
11	↓														25				
12	179.04																		
13	↓														17				
14	209.04																		
15	219.04														13				
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ					

Ek Tablo 30. YSK-9 Sondaj logu (16-37 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI IL: GÜMÜŞHANE																					
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Denevi			Basıncısız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama			
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı			Karot yüzdesi (%)			RQD (%)	Çatlak sıklığı (# m)	Ayrışma derecesi
													1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam						
16	19.8.04													80	40	10 - 50	W3	Tüfler genelde sarımsı renkli, orta derecede ayrılmışlardır. Kireçtaşları gri renkli ve çatlaklı, spilitler ise koyu gri renkli olup sağlam yapı arsederler.			
17	20.8.04													60	26	10 - 50	W3				
18	20.8.04															10 - 50					
19	24.8.04													27		10 - 50					
20	24.8.04													40	30	3-10					
21	25.8.04													34		1-3					
22	25.8.04													30	10	3-10					
23	26.8.04													43	23	3-10					
24	26.8.04													22	20	3-10	W3				
25	27.8.04													23		10 - 50					
26	27.8.04															10 - 50					
27	27.8.04													33		10 - 50					
28	27.8.04															10 - 50					
29	1.9.04													18	6	3 - 10					
30	1.9.04															10 - 50					
31	2.9.04													0	0	> 50	W5		30 - 31.5 m arası tamamen ayrılmış tüf.		
32	2.9.04															10 - 50	W3				
33	2.9.04													33		10 - 50	W3				
34	2.9.04													27	10	3 - 10	W3				
35	3.9.04															10 - 50	W3				
36	3.9.04													40	8	10 - 50	W3				
37	3.9.04													26		10 - 50					

Ek Tablo 32. YSK-10 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																			
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																			
YERİ: SOL SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 60.50m. KOTU: 927m. KOORDİNATLARI X: 44 99 374 Y: 520 743 SONDAJ NO: YSK-10							BAŞLANGIÇ TARİHİ: 22.06.2005 BİTİŞ TARİHİ: 11.07.2005 MAKİNA TİPİ: D-4199 JOY SONDÖR: B. İMAMOĞLU SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGİN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU												
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc einsi	Muhafaza borusu ve çimento lama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyl			Basıncısız Su Deneyl			SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basıncı (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	Darbe Sayısı	Karot yüzdesi (%)		
1														100				0 - 9 m yamaç molozu split, kçt çakıl ve bloklarını içeren kil.	
2	22.605													100					
3														38					
4														29					
5														40					
6														79					
7														40					
8														34					
9	23.605													38					
10														48				0 - 60.5 m tüf-split tüfler oldukça çatlaklı ve kırıklı orta ve ileri derecede ayrışmış sarımsı ve yeşilimsi renkte ileri derecede ayrışma nedeniyle 43 - 45 m 50 - 55 m 57 - 58.5 m arasında numune alınamadı.	
11														46					
12														33					
13														34	10 - 50	W3 - W4			
14														40	15				
15														30					
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)			AYRIŞMA DERECESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (# m)							
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ			W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ			<1 MASİF 1-3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3-10 KIRIKLI 10-50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ							

Ek Tablo 38. YSK-12 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																		
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																		
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 33.00m. KOTU: 962m. KOORDİNATLARI X: 44 99 247 Y: 520 524 SONDAJ NO: YSK-12							BAŞLANGIÇ TARİHİ: 10.11.2005 BİTİŞ TARİHİ: 07.12.2005 MAKİNA TİPİ: D-4778 CREALİUS SONDÖR: N. MERCAN E. KÖPRÜLÜ SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGİN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU											
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneği			Basıncsız Su Deneği		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)		
1	↑																	0 - 12 m
2	↑														17			yamaç molozu
3	↑	10.11.05																kireçtaşı ve spilit
4	↑														20			çakıl
5	↑																	ve bloklar ile
6	↑														22			birlikte az
7	↑														16			miktarda
8	↑	14.11.05																da kil içerir.
9	↑														21			
10	↑														20			
11	↑	15.11.05													22			
12	↑																	
13	↑														23			12 - 33 m
14	↑	16.11.05														10 - 50	W2	kireçtaşı
15	↑														20			gri renkli, sık
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)				
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ				

Ek Tablo 39. YSK-12 Sondaj logu (16-33 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneği			Basınsız Su Deneği		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam			50 darbedeki İlerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm ²)
16																100		3-10	W1	Çatlaklar genellikle kalsit dolguludur.
17	17.11.05															100	80	1-3	W1	
18	23.11.05															100	22	3-10	W1	
19	29.11.05															56		3-10	W1	
20	30.11.05															33	8	3-10	W1	
21	1.12.05															26				
22	2.12.05															26				
23																26				
24																				
25																				
26	6.12.05															23				
27																		10-50	W1	
28																				
29																20				
30	7.12.05																			
31																				
32																20				
33																				
																Kuyu Tabanı 33 m				

Ek Tablo 40. YSK-13 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																		
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																		
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 40.00m. KOTU: 964m. KOORDİNATLARI X: 44 99 354 Y: 520 495 SONDAJ NO: YSK-13							BAŞLANGIÇ TARİHİ: 13.12.2005 BİTİŞ TARİHİ: 31.03.2006 MAKİNA TİPİ: D-4000 CREALİUS SONDÖR: N. MERCAN M. OSKAY SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGİN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU											
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc çinsi	Muhafaza borusu ve çimento lama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyl			Basıncısız Su Deneyl		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam		
1	↑													32				0 - 30 m yamaç molozu spilit, kçt, çakıl ve bloklarıyla birlikte bir miktar kil içerir.
2	↓													22				
3	↑																	
4	↑													20				
5	↑													23				
6	↑																	
7	↑																	
8	↑													13				
9	↑																	
10	↑													21				
11	↑													21				
12	↑													21				
13	↑																	
14	↑													13				
15	↑																	
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (# m)				
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ				W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ				

Ek Tablo 43. YSK-14 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																		
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																		
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 95.00m. KOTU: 894m. KOORDİNATLARI X: 44 99 270 Y: 520 281 SONDAJNO: YSK-14					BAŞLANGIÇ TARİHİ: 06.12.2005 BİTİŞ TARİHİ: 27.04.2006 MAKİNA TİPİ: A-4199 JOY SONDÖR: Y. BORAN E. KÖPRÜLÜ SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGIN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU													
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimento lama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyl			Basıncsız Su Deneyl		SPT			Kaya Özellikleri		jeolojik kesit	Tanımlama	
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam			Darbe Sayısı
1	6.12.05													80				0 - 54 m yamaç molozu tüf, kçt, spilit kökenli blok, çakıl ve kil içerir.
2														100				
3														70				
4														80				
5	7.12.05													55				
6														40				
7														40				
8	8.12.05													45				
9														70				
10	9.12.05													50				
11														50				
12	12.12.05													45				
13	13.12.05													45				
14	14.12.05													65				
15																		
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)			AYRIŞMA DERECESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (# m)						
< 1 GEÇİRİMSİZ 1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ 5 - 25 GEÇİRİMLİ > 25 GEÇİRİMLİ						0 - 25 ÇOK ZAYIF 25 - 50 ZAYIF 50 - 75 ORTA 75 - 90 İYİ 90 - 100 ÇOK İYİ			W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ W2 AZ AYRIŞMIŞ W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ W4 ÇOK AYRIŞMIŞ W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ			< 1 MASİF 1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI 3 - 10 KIRIKLI 10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI > 50 PARÇALANMIŞ						

Ek Tablo 45. YSK-14 Sondaj logu (38-59 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																					
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneği			Basınçsız Su Deneği			SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınc (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki İlerleme (cm)			Taşınma gücü (kg/cm ²)	Karot yüzdesi (%)
38	3.4.06															12					
39																					
40																					
41	4.4.06															15					
42																					
43																25					
44	5.4.06																				
45																25					
46	6.4.06															25					
47																					
48																25					
49	7.6.06															25					
50	10.4.06																				
51																13					
52																					
53	11.4.06															1					
54																					
55																					
56	12.4.06															5	> 50	W4			
57																					
58																					
59																7					

54 - 95 m tüf+spilit birim orta ve ileri derecede ayrışmış tüf ve spilit, çakıl kum ve kil içerir.

Ek Tablo 46. YSK-14 Sondaj logu (60-81 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																					
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Denevi				Basınsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm2)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı			Karot yüzdesi (%)	RQD (%)			Çatlak sıklığı (# m)	Ayrışma derecesi
													1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam						
60														7							
61														25	10	10 - 50	W4				
62														29		50	W5				
63	12.4.06															> 50					
64					Devretmiyor																
65														33	4	10 - 50	W4				
66																					
67														1							
68														1							
69	13.4.06													1							
70														1							
71														1		> 50	W5				
72														1							
73	14.4.06													1							
74	18.4.06													1							
75	19.4.06													1							
76																					
77			B W G Vidye Kron																		
78																					
79	21.4.06													10		10 - 50	W4				
80																					
81																					

66 - 76 m
82 - 95 m'lerde
aşırı derecede
ayrışmış olması
nedeniyle örnek
alınamamıştır.

Ek Tablo 48. YSK-15 Sondaj logu (1-15 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																							
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																							
YERİ: SAĞ SAHİL KONUMU: DÜŞEY DERİNLİĞİ: 75.00m. KOTU: 850m. KOORDİNATLARI X: 44 99 280 Y: 520 190 SONDAJ NO: YSK-15								BAŞLANGIÇ TARİHİ: 05.05.2006 BİTİŞ TARİHİ: 31.05.2006 MAKİNA TİPİ: A-4199 JOY SONDÖR: O. AYDOĞDU E. KÖPRÜLÜ SONDAJ ŞB MÜH: JEO. MÜH. ENGIN ÇEVİK PROJE İLE İLGİLİ MÜH: JEO. MÜH. MEHMET ASLAN JEO. MÜH. GÜVEN KUTLU															
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc çinsi	Muhafaza borusu ve çimento lama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				jeolojik kesit	Tanımlama		
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınc (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	1.15 cm için Darbe Sayısı	2.15 cm için Darbe Sayısı	30 cm için toplam Darbe Sayısı	50 darbedeki İlerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm ²)	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)			Çatlak sıklığı (# m)	Ayrışma derecesi
1																							0 - 22.5 m
2	5.5.06																						yamaç molozu tütif. kçt. spilit kökenli blok çakal ve kil içerir.
3																							
4			T - 86 mm Vidye Kron																				
5	8.5.06																						
6																							
7																							
8	9.5.06				NW																		
9					Devretmiyor																		
10																							
11																							
12	10.5.06		T - 76 mm Vidye Kron																				
13																							
14																							
15																							
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ (RQD)					AYRIŞMA DERECESESİ (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (# m)							
< 1 GEÇİRİMSİZ						0 - 25 ÇOK ZAYIF					W1 TAZE AYRIŞMAMIŞ					< 1 MASİF							
1 - 5 AZ GEÇİRİMLİ						25 - 50 ZAYIF					W2 AZ AYRIŞMIŞ					1 - 3 AZ ÇATLAKLI - KIRIKLI							
5 - 25 GEÇİRİMLİ						50 - 75 ORTA					W3 ORTA DERECE AYRIŞMIŞ					3 - 10 KIRIKLI							
> 25 GEÇİRİMLİ						75 - 90 İYİ					W4 ÇOK AYRIŞMIŞ					10 - 50 ÇOK ÇATLAKLI - KIRIKLI							
						90 - 100 ÇOK İYİ					W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ					> 50 PARÇALANMIŞ							

Ek Tablo 49. YSK-15 Sondaj logu (16-37 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																					
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																					
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basınlı Su Deneyl			Basınsız Su Deneyl		SPT			Kaya Özellikleri			jeolojik kesit	Tanımlama			
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basınç (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı			Karot yüzdesi (%)			RQD (%)	Çatlak sıklığı (# m)	Ayrışma derecesi
													1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam						
16	↑	1.5.06													13						
17	↓	1.5.06													13						
18	↓																				
19	↑																				
20	↓	2.5.06													1						
21	↓																				
22	↓														27						
23	↓	5.5.06																			
24	↓														60						
25	↑																				
26	↓	6.5.06													20						
27	↓														10 - 50	W3					
28	↓														27						
29	↑		10																		
30	↑	17.5.06													14						
31	↓														50	14					
32	↑		10												13						
33	↓														10 - 50	W3					
34	↓	18.5.06																			
35	↓														1	> 50	W5				
36	↓																				
37	↓														12						

22.5 - 75 m
tıf+kçct+spilit
33 - 35 m
45 - 48 m
70 - 73 m
arasında aşırı
derecede altere
olmuş tıf
geçilmiş
ve numune
alınamamıştır.

Gri-Sarı-Beyaz renkli
%100 devrediyor

Ek Tablo 51. YSK-15 Sondaj logu (60-75 m)

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ SONDAJ LOGU																				
DSİ XXII BÖLGE 13. SONDAJ ŞB. MD. PROJE: TORUL BARAJI KIRAZLIK HEYELANI İL: GÜMÜŞHANE																				
Derinlik (m)	Günlük Durum		Kuyu çapı ve kesici uc cinsi	Muhafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyl				Basıncısız Su Deneyl			SPT			Kaya Özellikleri				Tanımlama
	İlerleme (m)	Su seviyesi				Basıncı (kg/cm ²)	5 dak. kayıp (L)	5 dak. kayıp (L)	Toplam kayıp (L)	Lugeon	Su kaybı (L)	K (cm/s)	Darbe Sayısı	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Taşınma gücü (kg/cm ²)	Karot yüzdesi (%)	
60	25.5.06																			
61		15.5																		
62	26.5.06																			
63																				
64	29.5.06	28																		
65																				
66		28																		
67																				
68																				
69																				
70	30.5.06																			
71																				
72																				
73																				
74	31.5.06	28.10																		
75																				
Not: 1 ile gösterilen seviyelerde karot alınamamıştır.															Kuyu Tabanı 75 m.					

ÖZGEÇMİŞ

Şeyma ÖZDOĞAN, 27.04.1984 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Cudibey İlköğretim Okulunda, ortaöğrenimini Trabzon Lisesinde tamamlamıştır. 2002 – 2003 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başlamıştır. 2006 yılında Fakülte ve Bölüm 3. olarak mezun oldu, 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.