

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULAK (KELKİT, GÜMÜŞHANE) GÖLETİ AKS YERİ VE GÖL ALANINDAKİ**  
**KAYAÇLARIN GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Murat KARAHAN**

**HAZİRAN 2015**

**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Murat KARAHAN Tarafından Hazırlanan

BULAK (KELKİT, GÜMÜŞHANE) GÖLETİ AKS YERİ VE GÖL ALANINDAKİ  
KAYAÇLARIN GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

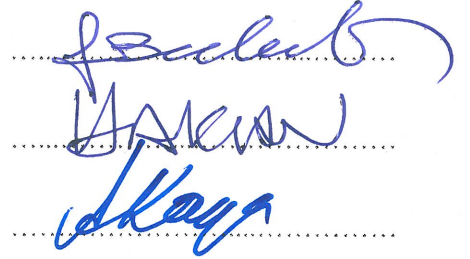
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 12 / 05 / 2015 gün ve 1602 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT

Üye : Doç. Dr. Hakan ERSOY

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayberk KAYA



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

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

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Sayın Doç. Dr. Hakan ERSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen DOLSAR Mühendislik çalışanlarından Jeo. Müh. Özkan ÇOŞKUN'a, Jeo. Müh. Teoman KÖNİĞ'e ve Teksa Teknik Sondaj çalışanlarına, özellikle Jeo. Müh. Serkan NURAL'a teşekkürü borç bilirim.

Lisans, yüksek lisans ve iş hayatımda devamlı yanımda olan, hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen Prof. Dr. İsmet GEDİK'e, Jeo. Yük. Müh. Semih PEKER'e ve DSİ çalışanlarında Jeo. Müh. Adnan TAFLAN'a teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmasının her aşamasında yardımcı olan Jeo. Müh. Hilal HARPUTLU'ya, Yıldız HARPUTLU'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakârlığı için, aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Murat KARAHAN

Trabzon, 2015

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulak (Kelkit, Gümüşhane) Göleti Gövde ve Göl Alanındaki Kayaçların Geçirimsizlik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 02.06.2015

Murat KARAHAN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖN SÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	3
1.3. Barajlar ve Göletler.....	4
1.4. Baraj Türleri .....	5
1.5. Baraj Gövde Tipleri .....	6
1.5.1. Dolgu Barajlar .....	7
1.5.1.1. Homojen Gövdeli Barajlar .....	9
1.5.1.2. Zonlu Dolgulu Barajlar .....	9
1.5.1.3. Ön Yüzü Kaplamalı Barajlar.....	9
1.5.1.4. Ön Yüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajlar.....	9
1.5.1.5. ÖYBK ile Toprak Çekirdekli Kaya Dolgu Barajların Karşılaştırılması .....	10
1.5.1.6. Memba Şevi Asfalt Kaplamalı Barajlar .....	10
1.6. Diğer Baraj Elemanları .....	11
1.6.1. Dolusavak Tesisleri.....	11
1.6.2. Derivasyon Tesisleri .....	12
1.6.1.2. Dipsavak Tesisleri .....	12
1.7. Baraj Yerinin ve Tipinin Seçimi.....	13
1.7.1. Baraj Tipi Seçimine Etki Eden Faktörler .....	13
1.7.2. Barajlarda Gözlenen Jeoteknik Sorunlar.....	14

1.8.	Çalışma Alanını Genel Özellikleri.....	22
1.9.	Önceki Çalışmalar .....	24
1.10.	Proje Özellikleri.....	27
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	28
2.1.	Genel Jeolojik ve Stratigrafik Çalışmalar .....	28
2.2.	Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları .....	28
2.2.1.	Literatür İncelemeleri.....	28
2.2.2.	Arazi Çalışmaları .....	29
2.2.2.1.	Sondaj Uygulamaları .....	29
2.2.2.2.	Kaya Kalite Göstergesi (RQD %) .....	34
2.2.2.3.	Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi.....	35
2.2.2.4.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Süreksizlik Sıklığı.....	36
2.2.2.5.	Süreksizliklerin Yüzeylerinin Pürüzlülük ve Dalgallılığı .....	38
2.2.2.6.	Basınçlı Su Deneyleri ile Geçirimsizliğin Belirlenmesi .....	40
2.2.2.7.	Geçirimsiz Perde Derinliğinin Hesaplanması .....	49
2.3.	Büro Çalışmaları.....	50
3.	BULGULAR .....	51
3.1.	Bölgesel Jeoloji .....	51
3.2.	Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi .....	52
3.2.1.	Hamurkesen Formasyonu(J1h) .....	52
3.2.2.	Yeniköy Formasyonu (Jky) .....	52
3.2.3.	Karayaprak Karışığı (Jkek) .....	53
3.2.4.	Akıncılar Formasyonu (Ea) .....	53
3.2.5.	Alüvyonlar .....	54
3.3.	Deprem Durumu .....	57
3.4.	Çalışma Alanı ve Çevresinin Mühendislik Jeolojisi.....	58
3.4.1.	Giriş .....	58
3.4.2.	Mühendislik Jeolojisi .....	62
3.4.3.	Temel Araştırma Sondajları .....	64
3.4.3.1.	SK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	64
3.4.3.2.	SK-2 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	65
3.4.3.3.	SK-3 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	66
3.4.3.4.	SK-4 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	67

3.4.3.5.	SK-5 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	68
3.4.3.6.	SK-6 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	69
3.4.3.7.	SK-7 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	70
3.4.3.8.	SK-8 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	71
3.4.3.9.	SK-9 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	71
3.4.3.10.	SK-10 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	72
3.4.3.11.	PSK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu .....	72
3.4.3.12.	KSK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu.....	73
3.4.4.	Hidrojeoloji .....	76
3.4.5.	Aks Yerinin Geirirmliliği ve Perde Enjeksiyon Derinliğinin Belirlenmesi	77
3.4.6.	Göl Alanının Geirirmliliği .....	80
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	81
4.1.	Sonuçlar .....	81
4.2.	Öneriler .....	83
5.	KAYNAKÇA .....	85
6.	EKLER.....	89

## ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BULAK (KELKİT, GÜMÜŞHANE) GÖLETİ AKS YERİ VE GÖL ALANINDAKİ  
KAYAÇLARIN GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Murat KARAHAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan ERSOY  
2015, 88 (Tez Sayfa), 30 (Ek Sayfalar)

Bu çalışmada Yeşilirmak Havzası'nda bulunan Bulak Göleti'nin (Kelkit, Gümüşhane) oturacağı kaya kütlelerinin geçirimsizlik özellikleri araştırılmış ve enjeksiyon perde derinliği hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında aks üzerinde 6 adet, dolusavak güzergâhında 1 adet, kondüvi güzergâhı üzerinde 2 adet, vadi tabanı batardo ekseninde 1 adet ve memba sağ sahilde 1 adet olmak üzere 11 adet (toplam 303,0 metre) temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan kuyularda kaya kütlelerinin geçirimsizlik özelliklerini tespit etmek amacıyla yerinde 2 metre aralıklar basınçlı su deneyleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda birimlerin yanal ve düşey devamlılıkları, %RQD değerleri, ayrışma derecesi, süreksizlik özellikleri, geçirimsizlik özellikleri ve yeraltısuyu durumu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında ve bu alanının çeşitli ölçeklerde kesit ve haritaları hazırlanmıştır. Çalışma alanında tuf, aglomera, marn ve kireçtaşından oluşan Kretase yaşlı Karayaprak Karışığı, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve yamaç molozu yüzeyleme vermektedir. Birimlerin %RQD değerleri 0-97, ayrışma dereceleri orta-çok ayrılmış, çatlak sıklığının 3-10 ve Lugeon değerleri 19.36 L- 0.5 L arasında değişmektedir. Cut-off kazı kotları, lugeon değerleri ve yeraltısuyu seviyeleri de dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda enjeksiyon perde derinliği 29 m olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sıyırma kazısı sonrası zeminde oluşabilecek zayıflıkları iyileştirmek amacıyla sol sahilde 3 metre derinlikte 2 sıra kapak enjeksiyonu yapılması önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulak Göleti, Jeoteknik, Gümüşhane-Kelkit, Enjeksiyon, Gölet

Master Thesis

SUMMARY

RESEARCH ON PERMEABILITY CHARACTERISTICS OF ROCKS IN THE  
WATERBODY AND AXIS AREA OF THE BULAK POND (KELKİT, GÜMÜŞHANE)

Murat KARAHAN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geology Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan ERSOY  
2015, 88 (Pages), 30 (Pages Appendix)

In this study, we examined the permeability characteristics of rock masses which the Bulak Pond (Kelkit, Gümüşhane) located in Yeşilirmak basin on, and calculated the grout-curtain depth. Within the scope of this study, 11 boreholes were drilled in total for research purposes: 6 boreholes on axe, 1 borehole on the spillway, 2 boreholes ahead of cut-and-cover tunnels, 1 borehole in the valley bottom centered with cofferdam axis, and 1 on the pond slope (covering totally 303.0 meter). In-situ hydraulic pressure tests were carried out with 2-meter intervals on the drilled boreholes to identify the permeability characteristics of rock masses. By means of tests and researches, vertical and horizontal continuity of units, RQD% values, weathering degrees, discontinuity characteristics, permeability characteristics, and the condition of groundwater were determined. In the light of obtained data, sections and maps of the area were drawn at various scales. Both talus and alluvial deposits such as Cretaceous aged, Karayaprak Mélange and Kuvaterner aged alluvial deposits consisting of tuff, agglomerate, marl and limestone led to topping in the study area. RQD% values, fracture frequency and Lugeon values were found to be 0-97, 3-10, and 19.36 L -0.5 L, respectively. In addition, weathering degrees were found to be moderate to high. Through calculations based on excavation grades, Lugeon values and groundwater levels, the grout-curtain depth was calculated as 29 meters. Moreover, cement lining was recommended at the depth of 3 meters on the left coastal area to strengthen the soil which may have weakened as a result of stripping excavation.

**Key Words:** Bulak Pond, Geotechnic, Gümüşhane-Kelkit, Injection, Pond

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. Gövde yapısına göre barajların sınıflandırılması .....	6
Şekil 1.2. Bir zonlu dolgu baraj kesiti .....	7
Şekil 1.3. Borçka Barajı.....	8
Şekil 1.4. Aslantaş Barajı.....	8
Şekil 1.5. Saint Francis Baraj yeri jeoloji kesiti.....	14
Şekil 1.6. Teton Barajı'nın yıkılışı.....	15
Şekil 1.7. Vaiont rezervuarının heyelan malzemesiyle dolmuş hali .....	16
Şekil 1.8. May Barajında Terra-rosa ile örtülü düdenlerden suların kaçması .....	16
Şekil 1.9. Keban Barajı sol yamaç Petek Mağarası'ndan su kaçakları .....	17
Şekil 1.10. Keban Barajı rezervuarından kaçan suların sifon yaparak, Keban Deresi sol yamacından çıkması .....	18
Şekil 1.11. Dünyada yıkılan baraj tiplerinin % dağılımları.....	19
Şekil 1.12. Dünyada yıkılan barajların yıkılma sebeplerinin % dağılımları .....	19
Şekil 1.13. Dünyada yıkılan barajların yıkılma yaş aralıkları .....	21
Şekil 0.14. Proje alanı yer bulduru haritası.....	22
Şekil 0.15. Gölet yerine ait Google Earth uydu görüntüleri .....	23
Şekil 2.1. Temel sondaj kuyularına ait lokasyonları gösterir harita.....	31
Şekil 2.2. Sondaj çalışmasından genel bir görünüş.....	32
Şekil 2.3. Çalışmalarda kullanılan sondaj makinası.....	32
Şekil 2.4. Tek tüplü karotiyerden örnek alınması .....	33
Şekil 2.5. Sondaj çalışmalarında kullanılan tijler.....	33
Şekil 2.6. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri .....	39
Şekil 2.7. Tek paker ve çift paker yöntemi .....	41
Şekil 2.8. Basınçlı su deneyinde kullanılan araçlar.....	42
Şekil 2.9. Arazide basınçlı su deneyinin yapılışı .....	42
Şekil 2.10. Lugeon deneyinin yapılışı .....	44
Şekil 2.11. Tij ve manşonlardaki yük kaybını gösteren .....	45
Şekil 2.12. Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması .....	46

Şekil 2.13. Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması.....	47
Şekil 2.14. Lugeon kümülatif eğrilerinin yorumlanması.....	48
Şekil 2.15. Enjeksiyon perdesinin derinliğinin hesaplanması .....	49
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresinin 1/12500 ölçekli jeoloji haritası.....	55
Şekil 3.2. Bölge ve çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	56
Şekil 3.3. Proje alanının 1/1000000 Ölçekli deprem durumu haritası .....	57
Şekil 3.4. Gölet yeri sol sahilde Sk-1 nolu temel araştırma sondaj kuyusu yakınlarında yüzeylenen Karayaprak Karışığı mostrası .....	59
Şekil 3.5. Çalışma alanının 1/2000 ölçekli jeoloji haritası .....	60
Şekil 3.6. A-A' Hattı boyunca alınan gölet eksenli jeoloji boy kesiti.....	61
Şekil 3.7. Gölet elemanları ve temel araştırma sondaj kuyularını gösterir harita .....	62
Şekil 3.8. Temel araştırma sondaj çalışmalarından görünüm.....	63
Şekil 3.9. Gövde geçirimsizlik boy kesiti haritası .....	79
Şekil 3.10. Eksenden göl alanına bakış.....	80

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1. Göl alanındaki su seviyelerine ait veriler.....	27
Tablo 1.2. Gövdeye ait veriler .....	27
Tablo 2.1. RQD sınıflaması .....	34
Tablo 2.2. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama .....	36
Tablo 2.3. Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama .....	36
Tablo 2.4. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri.....	38
Tablo 2.5. Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları .....	38
Tablo 2.6. Kayaçların Lugeon birimine göre geçirimsizlik sınıflaması .....	48
Tablo 3.1. Temel araştırma sondajları özet tablosu.....	74
Tablo 3.2. Aks sondajları RQD, çatlak sıklığı ve ayrışma derecesi özet tablosu .....	75
Tablo 3.3. Temel Araştırma Kuyuları YAS seviyeleri.....	76
Tablo 3.4. Aks sondajları derinlik – Lugeon değerleri tablosu.....	78

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	:Deney kademesinin uzunluğu (m)
BST	:Basınçlı su testi
$B_j$	:Süreksizliğin eğimi
$f(x)$	:Olasılık
H	:Kuyu başındaki manometreden deney yapılan kademenin ortasına kadar olan uzaklık
H'	:Yeraltı suyu olmaması durumunda deney zonunun ortasından manometreye kadar olan düşey uzaklık (m)
ICOLD	:International Commission on Large Dams
Jsi	:Görünür ara uzaklık
K	:Kayanın geçirgenlik katsayısı (m/sn)
Ke	:Emilme katsayısı (lt/m/dk)
L	:Kademe boyu (m)
$L_n$	:Gözlenen her bir eklem setine dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu
$L_0$	:Ölçüm hattını uzunluğu
LU	:Lugeon ( lt/dak/m )
N	:Ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır
P	:Uygulanan gerçek basınç ( kg/cm <sup>2</sup> )
Pc	:Manometre ile deney zonu başlangıcı arasındaki tijlerde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı
Peff	:Deney zonundaki gerçek basınç (kg/cm <sup>2</sup> )
Pm	:Manometrede okunan basınç (kg/cm <sup>2</sup> )
PSK	:Presiyometre kuyusu
Q	:Deney kademesine pompalanan su miktarı (m <sup>3</sup> /sn)
R	:Etki yarıçapı (Tesir yarıçapı (m)) uygulamada 225 olarak alınır
r	:Deney aralığında kuyu yarıçapı (m)
RQD	: Kaya kalite göstergesi
R0	:Aşırı derecede zayıf kayaç
R1	:Çok zayıf kaya

R2	:Zayıf kayaç
R3	:Orta derecede sağlam kayaç
R4	:Sağlam kayaç
R5	:Çok sağlam kayaç
R6	:Aşırı derecede sağlam kayaç
SK	:Sondaj kuyusu
SPT	:Standart Penetrasyon Testi
t	:Deney süresi (dk)
USBR	:U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation
W <sub>1</sub>	:Bozunmamış
W <sub>2</sub>	: Az bozunmuş
W <sub>3</sub>	:Orta derecede bozunmuş
W <sub>4</sub>	:Tamamen bozunmuş
W <sub>5</sub>	:Artık zemin
X	:Ortalama süreksizlik aralığı
$\delta_1$	:süreksizlik doğrultusu ile ölçüm hattı arasındaki açı
$\lambda$	:1 m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısı
$\alpha$	:Kuyunun eğim açısı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Tarih boyunca insanın suya olan gereksinimi, onu suyu biriktirmeye zorlamıştır. Bu nedenle önceleri günlük ihtiyaçlarını giderecek su kapları yapan insanlar, daha sonraları su kaynakların kıt olması, kirletilmesi ve artan nüfusun etkisi nedeniyle suyu biriktirmek için yapılar yapmak zorunda kalmışlardır. Bu yapılardan en önemlileri barajlar ve göletlerdir.

Belirli bir su hacmini tutmak için doğal ve/veya yapay malzeme kullanılarak yapılan su setlerine baraj denir. Büyük doğal felaketlerden birisi olan taşkınlar özellikle mal ve can kaybına yol açmakta ve bu nedenle, nehirlerdeki akışların düzenlenmesi için barajlar inşa edilmektedir. Barajlar bu özelliği dışında elektrik enerjisi üretmek için, sulama suyu ve içme suyu temini için de kullanılmaktadır. Baraj yeri ve göl alanındaki kaya birimlerin, litolojik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi çok önemlidir. Taşıma gücü, su tutma özelliği ve suyla temasta olabilecek değişimler bilinmelidir. Ayrıca, baraj beslenme alanına düşen yağış miktarı ve süresi, akarsuların taşkın debileri ve dalga etkileri baraj yapılmadan önce saptanmalı ve havzanın hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik durumu ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmelidir (Ertunç, 2003).

Sınırlı su kaynakların kullanımında önemli bir rolü olan barajlar ve göletlerinin yapılacağı yerlerin jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin çok iyi tespit edilmesi gerekir. Jeolojinin, mühendislik projelerinde en çok uygulandığı ve inşaat mühendisiyle jeoloji mühendisinin en çok işbirliği yaptığı alanlardan biri ve belki birincisi 'Baraj Jeolojisi'dir. Bu yakınlık, 1928 yılında, Amerika'da St. Francis Barajının yıkılmasından ve 436 kişinin ölmesinden sonra daha da artmış ve bugün birbirini tamamlayıcı hale gelmiştir. Bu olaydan sonra 1929 yılında, barajların yıkılmasına etki eden faktörleri araştırmak amacı ile bir sempozyum yapılmış ve problemler her yönden ele alınmıştır. Bu toplantıya baraj jeolojisinin temel atma töreni gözüyle bakılabilir. Bu gün baraj yapımının her aşamasında (ön çalışma, yapılabilirlik, kesin proje, yapım ve bakım) baraj mühendisleriyle, baraj jeolojisi konusunda uzmanlaşmış jeoloji mühendisleri, ekip halinde çalışmalar yaparak, baraj yerleri saptanmakta, fizibilite çalışmaları yapılmakta, projeler hazırlanmaktadır.



Dünyanın her yerinde yapılan çalışmalarda, ön projeler hazırlanmadan önce, baraj yerlerinin ve rezervuar alanlarının ayrıntılı jeolojik, jeoteknik, tektonik ve depremsellik incelemeleri yapılmakta, malzeme türleri ve yerleri saptanmakta, yağış alanlarının erozyon etütleri yapılmaktadır. Bu gün artık baraj yeri, baraj gölü, baraj malzemesi, baraj yağış alanı ve çevre sorunları çeşitli konularda uzman mühendisler tarafından incelendikten ve olumlu sonuçlar elde edildikten sonra barajların yapımına başlanmaktadır (Erguvanlı, 1982). Bu durumda baraj yapım öncesinde fizibilite çalışmalarının eksik yada hatalı yapılması, baraj rezervuar alanı ve baraj yeri seçiminde uygun alanların seçilmemesi sonucunda; bazen onarımı mümkün olmayan bazen de çok önemli maliyetler gerektiren problemler ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar karşısında barajlar aniden yıkılarak can ve mal kaybına neden olmuş (Cedar Barajı, 1914) veya baraj maliyetinden daha yüksek maliyetler ile ıslah çalışmaları yapılmıştır. Bu ıslah çalışmaları sonucunda Konya May Barajı (1956) nda olduğu gibi bazen sonuç alınmamıştır.

Barajlar, taşıma gücü ve sızma yönünden güvenli veya güvenliği sonradan yapılan iyileştirme ile sağlanabilecek alanlar üzerine inşa edilmelidir. Özellikle dolgu barajlarda, nehir tabanı ile yamaçlar dikkate alınmakta ve bu birimler iyileştirilerek dolgu stabilitesi için uygun hale getirilmektedir. Barajlar, suya istinat eden yapılar olması nedeniyle, temel zemini hem taşıma gücü ve oluşacak oturmalar bakımından hem de sızma akımı yönünden detaylı olarak incelenmelidir (Tosun, 2004). Kayaç temeller, barajlar için, taşıma gücü yönünden herhangi bir problem yaratmamaktadır. Hatta zayıf kaya temelleri, çoğunlukla zemin tipi temellere tercih edilmekte ve bu tip bir temelin seçiminde, kayaç kütlelerinin genellikle homojen olduğu, baraj ile rezervuar işlevlerinde problem yaratmayacağı esas alınarak, temeller geçirimsizlik yönünden araştırılmaktadır. Eğer kayaç içindeki eklemler, geçirimsiz tabakalar veya düzlemler boyunca dokanak erozyonu ile aşırı kaldırma basıncı oluşabilecek ve yüksek su kayıpları görülebilecekse, baraj temelinde geçirimsizliği sağlayacak ölçüde enjeksiyon yapılmalıdır (Shroff ve Shah, 1993).

Dane çapı dağılımı, boşluk oranı, boşluk ve akım kanallarının biçimi, zeminin suya doygunluk derecesi ve yeraltı suyunun özellikleri (yoğunluk, viskozite, vs.) zeminlerin geçirimsizlik değerini etkileyen başlıca faktörlerdir. Temellerin geçirimsizlik katsayılarının belirlenmesine bağlı olarak, temel birimde oluşacak sızmanın miktarı, Darcy kanunu kullanılarak hesaplanmaktadır. Eğer temel tabakalı ise, düşey geçirimsizlik, yatay geçirimsizlikten daha düşük olacağından, derin seviyelerdeki geçirimsiz tabakalar, yeraltındaki sızmanın oluşmasında bütünü ile etkili olmayacaktır. Darcy formülü ile

bulunan sızma miktarı, değişik tabakalara ait bir ortalama geçirimsizlik katsayısı değeri kullanılarak bulunmuşsa, daha yararlı sonuçlar elde edilecektir (USBR, 1980). Geçirimli temellerdeki başlıca problemler, oluşan sızma miktarı ve sızmaya neden olan kuvvetlerdir. Sızma miktarının azaltılması için yapılacak çalışmalar, barajın amacı, rezervuar kapasitesi, akarsuyun akış rejimi ve su ihtiyaı gibi etkilere bağlı olarak belirlenmektedir. Eğer temel malzemesi bütünü ile aynı ise, rezervuarda, farklı hidrolik yüksekliğe sahip iki nokta arasındaki hidrolik eğim farkından dolayı meydana gelen bir borulanma veya barajda bir göçme oluşabilmektedir. Eğer temel üniform değilse, iri taneli malzeme yerinde kalırken, ince taneli malzemenin uzağa taşınmasıyla, stabilite bozulmamakta fakat temel daha geçirimli hale gelmektedir (Tosun, 2004). Borulanma göçmesinin diğer bir nedeni ise, içsel erozyondan kaynaklanmakta olup, bu erozyon mansap topuğundan başlayarak, barajın tabanı boyunca sızmanın membaya ulaşmasına neden olabilmektedir. Bütün temel içindeki ve borulanmanın başladığı barajın mansap topuğundaki sızma kuvvetlerinin büyüklüğü, sızma suyuna hareket veren basıncın hidrolik eğimine bağlıdır ve genellikle, geçirimsiz zeminler, borulanma açısından şüpheli zeminler değillerdir. Çünkü geçirimsiz zemin, sızma kuvvetlerine ve oluşacak deplasmanlara karşı büyük bir direnç göstermektedir.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Baraj yeri ve göl alanında yer alan litolojik birimlerin geçirgenlik özellikleri, barajın yapılabilişliği ve kullanım ömrünü kontrol eden önemli faktörlerden biridir. Bu tez kapsamında Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde, Bulak köyü güneyinde, kuzey güney yönlü akan Mantara Deresi çevresindeki arazilerinin sulama suyu ihtiyaının karşılanması amacıyla yapılması planlanan Bulak Göleti'nin gövde ve göl alanındaki jeolojik birimlerin sızdırmazlık özellikleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, Bulak göleti; gölet ekseni, dolusavak ve kondüvi güzergâhında zeminin jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla 11 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj alışmaları esnasında arazide açılan temel sondaj kuyularında ana kayanın geçirimsizliğinin belirlenmesi amacıyla Basıncılı Su Testleri yapılmıştır. Yapılan Basıncılı Su Testleri ile göletin oturacağı kaya kütesinin Lugeon değerleri tespit edilmiş olup gölet ekseni boyunca uygulanacak olan enjeksiyon perdesi derinliği belirlenmiştir.

### 1.3. Barajlar ve Göletler

Barajlar rezervuar, göl veya su birikimi oluşturarak suyun akışını önleyen, yönlendiren veya geciktiren yapılardır. Barajlar değişik malzemelerden ve değişik tiplerde inşa edilen boyutlu dayanma yapılarıdır (Berkün, 2007). Barajlar sulama, içme suyu, endüstriyel su kullanımı ve elektrik enerjisi üretimi gibi amaçlarla yapılırlar. Suyun insan, hayvan ve bitki yaşamı için önemli bir doğal kaynak olması nedeniyle, bu kaynağın canlı yaşamı için kullanımı doğrultusunda yapılan çalışmalar insanlığın varlığı ile birlikte başlamıştır. Yeryüzünde yapılan en eski barajın Dicle üzerinde yapılmış Maruk toprak barajı olduğu söylenmektedir. Akışı düzenlemek ve taşkınları önlemek amacı ile tarih öncesi devirde yapılan bu barajdan 13. yüzyılın sonuna kadar yararlanılmıştır. Yeryüzünde taştan yapılan ilk kâgir baraj ise Nil nehrinin sularını çevirmek ve şehre içme suyu sağlamak için Menfiz şehrinin 20 km güneyinde, M.Ö. 4000 yılında yapılan barajdır. Bu barajdan 4-5 bin yıl yararlanılmıştır. Bu gün İspanya’da, çok eskiden inşa edilmiş olup bugün de yararlanılan barajlar vardır. Bunların en eskisi 1384 yılında Araplar tarafından yapılmış olan, Almansa Barajıdır. Bu tarihe kadar yapılan barajlarda bugünkü tekniğin gerektirdiği hesaplar yapılmış değildir. Modern hidrolik hesaplara göre yapılan ilk baraj Fransa’da Chartrain (1888-1892)’barajıdır. İlk beton ağırlık barajı ise 1887 – 1888’de Kaliforniya’da inşa edilen Sen Mates Barajıdır. 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başında yüksek enerji ve içme suyu elde etmek, sulama yapmak ve taşkın önlemek amacı ile kısa zamanda çeşitli tiplerde yüksek barajlar inşa edilmeye, emniyet ve maliyet bakımından ayrıntılı etütler yapılmaya başlanmıştır (Erguvanlı, 1982).

Ülkemizde de ilk çağlarda ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde, bazı su bentlerinin inşası gerçekleştirilmiştir (Öziş,1994). Ayrıca ülkemizdeki tarihi su tesislerinin teknik yönden değerlendirilmesinde yapılmıştır (Çeçen,1999). Cumhuriyetin ilk yıllarında da birkaç barajın inşa edildiği görülmektedir. 1950’li yıllarla birlikte baraj inşaatında hızlı bir atılım olmuş ve değişik tiplerde yüzlerce baraj inşa edilmiştir. 2014 yılı sonu itibari ile ülkemizde 503 adet baraj inşa edilmiş olup bunların 203 adeti büyük baraj, 300 adeti ise gölet niteliğindedir. 92 adet büyük baraj ise, inşa halinde bulunmaktadır (URL-1).

Barajlar yüksekliği 15 metreden büyük veya rezervuarı 3.000.000 metreküpten az olmayan su tutma yapılarıdır (ICOLD). Yükseklikleri 10 metreden aşağı ve topladığı su miktarı 50000 metreküpten az olan su tutma yapısına gölet denir (Erguvanlı, 1982). Türkiye’de Köy Hizmetleri tarafından yapılan tüm su tutma yapıları gölet olarak

adlandırılmaktadır. Genel olarak talvegden 24 metreye kadar olan su yapılarına da gölet ismi verilmektedir (Boyacı, 2005). D.S.İ. 15 m'den ufak olan su tutma yapılarına gölet demeyi önermektedir. Göletler özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, düzlüklerde ve daha çok dağ eteklerinde, susuz ya da çok az debili vadilerde ya da çukurlarda yapılır. Gölet yeri için aranan koşullar barajlara nazaran daha basittir. Önemli olan, dolgu malzemesini sağlamaktır. Çoğu göletler toprak dolgu ve homojen olarak yapılır. Gölet yeri olarak killi, siltli, kumlu alüvyonlarla örtülü vadiler ve erime sonucu oluşmuş siltli killilerle kaplı çukurlar düşünülür. Genellikle gölet temelinin sızdırmazlığı ve taşıma gücü dikkate alınır. Gövdede kullanılacak malzemenin çok yakın olması istenir. Göletler yağış alanı ve yağış miktarına, taşkın sularının getireceği tortuya, buharlaşma miktarına, sulanacak alana ve su verilecek canlıya göre boyutlandırılır (Erguvanlı, 1982).

Türkiye'de yapılan göletlerin bir kısmı düz yerlerin kazılıp çukurlaştırılması ve civar suların toplanması (çukur tip gölet) ya da kuru vadilerin toprakla doldurulması (Yamaç Göleti-HillLakes) ile meydana getirilmiştir ve bir kısmı yükseltilmiş 20-22 m' ye çıkartılmış ufak bir baraj haline getirilmiştir. Bir kısmı su kaçırmış, bir kısmı ise özellikle karstik bölgelerde su toplayamamıştır (Isparta, Burdur). Bunların onarılması için harcanan ücret, yapımları için sarf edilenden fazla olmuştur (Erguvanlı, 1982).

#### 1.4. Baraj Türleri

Baraj jeolojisi üzerine çalışan araştırmacılar barajları kendilerine özgü olarak sınıflandırmaktadırlar. Örneğin, Erguvanlı (1982)'ye göre barajlar 3 tipte sınıflandırılmıştır. Bunlar;

Yüksekliklerine (H) ve göl hacimlerine göre (V)

- ★ Gölet:  $H < 10 \text{ m}$  ve  $V < 50.000 \text{ m}^3$
- ★ Ufak baraj:  $10 \text{ m} < H < 15 \text{ m}$ ,  $50.000 \text{ m}^3 < V < 1.000.000 \text{ m}^3$
- ★ Büyük baraj:  $H > 15 \text{ m}$ ,  $V > 1.000.000 \text{ m}^3$

Amaçlarına göre

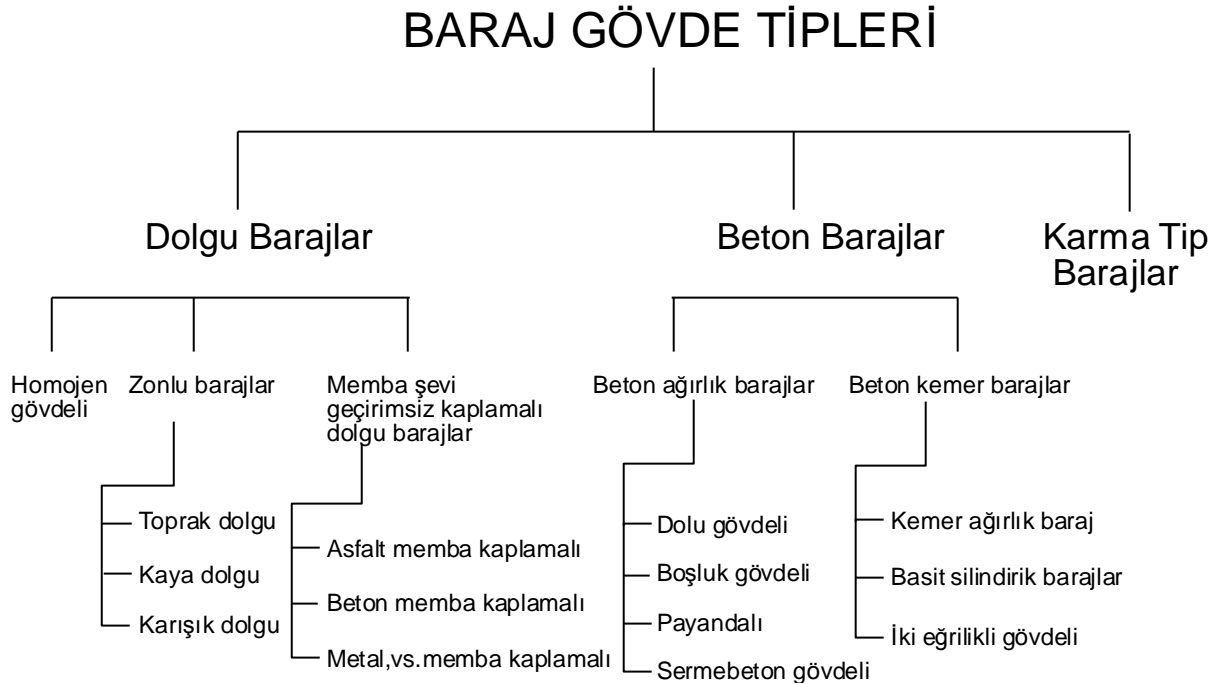
- ★ İçme suyu sağlamak
- ★ Enerji üretmek (Hidro Elektrik Santralleri, H.E.S)
- ★ Taşkın önlemek
- ★ Sulama yapmak

- ★ Cevher tutma
- ★ Atık

**Gövdelerinin yapımında kullanılan malzemeye göre:** Bunlar Kâgir (taş) barajlar, beton barajlar, toprak barajlar, kaya barajlar, kaya – toprak barajlar, ahşap barajlar ve çelik barajlar olarak sınıflandırılmaktadır. Ertunç (2003)'e göre ise barajlar, amaçlarına ya da yapımlarında kullanılan malzemeye göre sınıflandırılmaktadır. Genel olarak barajların amacı; içme suyu sağlanması, enerji üretimi, taşkın önleme ve sulamadır. Bundan başka ulaşım, dinlenme yeri, spor tesisleri, balıkçılık, termik santral kül depolanması, maden artıklarının depolanması amaçlarıyla da baraj yapılabilir.

### 1.5. Baraj Gövde Tipleri

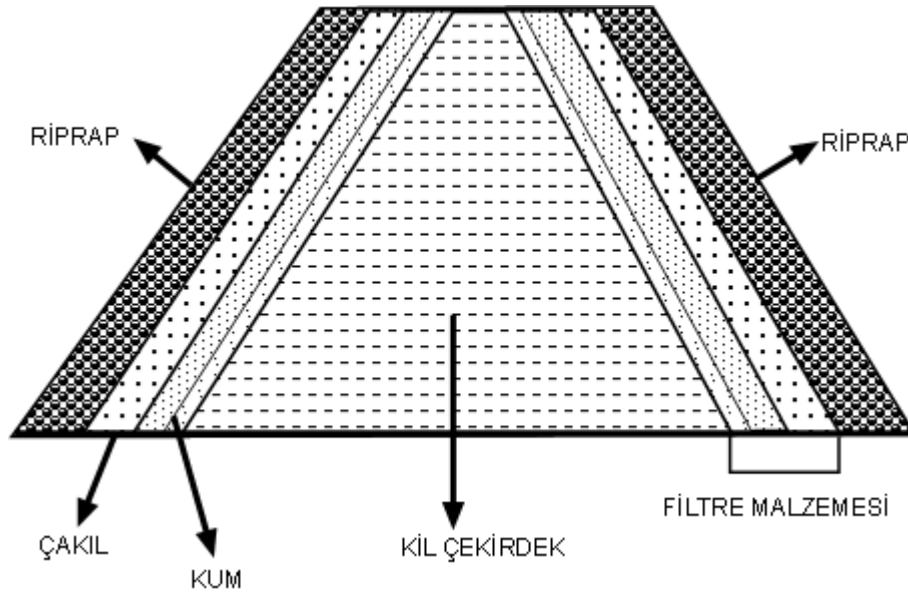
Bütün vadiyi kapatarak baraj gölü oluşumunu sağlar genellikle beton veya dolgu malzemeden inşa edilen sabit yapıya baraj gövdesi denir. Baraj gövde tiplerinin, özelliklerinin değişik yönlerden değerlendirilmelerine göre, farklı sınıflamalar yapılabilir. Şekil 1.1. deki sınıflama bazı özel uygulamaların dışında baraj gövdesinde kullanılan malzeme cinsine ve bundan yararlanma şekline göre yapılmıştır (Berkün, 2007).



Şekil 1.1. Gövde yapısına göre barajların sınıflandırılması

### 1.5.1. Dolgu Barajlar

Dolgu barajlar, toprak ve kayanın belli bir oranda karıştırılması ile yapılan su tutma tesisleridir. Bu tip barajlar zeminin yeterince sağlam ve homojen olmaması halinde tercih edilir. Geniş ve yayvan vadilerde de toprak baraj yapılır. Baraj yerine yakın malzeme olması gerekir. Bu malzeme; kaya parçası, çakıl, kum, silt, kil ve bunların karışımıdır (Ertunç, 2003). Homojen gövdede her taraftaki malzeme aynı özelliktedir. Baraj gövdesi, sıkıştırılmış toprak tabakalarından ibarettir. Bu tip barajlarda, ortasında geçirimsizliği sağlayan kil veya betondan çekirdek bulunur. Memba ve mansap tarafının eğimi 1/2 ile 1/2,5 arasındadır. Yurdumuzda işletmeye açılan ve inşa halinde olan projesi hazır veya projesi hazırlanmakta olan 90'dan fazla toprak dolgu baraj vardır ve yükseklikleri 15 metreden 95 metreye kadar değişmektedir. Zonlu gövdelerde ortada geçirimsiz bir kısım (çekirdek), iki tarafta tane boyu dışa doğru gitgide büyüyen geçirimli kısım ile memba ve mansap topuklarında filtre bulunur (Şekil 1.2, Şekil 1.3, ve Şekil 1.4).



Şekil 1.2. Bir zonlu dolgu baraj kesiti (Ertunç, 2003'ten değiştirilerek çizilmiştir)

Kaya dolgu gövdeler kırılmış taştan yapılıdır. Bazen geçirimsiz çekirdek bulunur, bazen de memba yüzü geçirimsiz bir örtü (kil, asfalt, çelik, takviyeli beton v.s.) ile kaplanır. Bazı durumlarda su tarafı, çelik gibi bir malzeme ile de kaplanarak geçirimsizlik sağlanabilir. Ülkemizdeki Keban (207 m), Altınkaya (195 m), Atatürk(184 m), Uzköy (176m), Kılıçkaya (140 m) gibi mevcut ve inşa edilmekte olan barajlarımız kaya dolgu

tipindedir. Bunlardan Atatürk Barajı, gövde dolgusu hacmi 84.5 milyon m<sup>3</sup> kaya ve toprak dolgusu ile dünyada beşinci sırada yer almaktadır.



Şekil 1.3. Borçka Barajı (Toprak dolgulu baraj/Artvin)



Şekil 1.4. Aslantaş Barajı (Toprak dolgulu baraj/Osmaniye)

### **1.5.1.1. Homojen Gövdeli Barajlar**

Homojen gövdeli baraj, geçirimsiz veya çok az geçirimli aynı özelliklerle sahip tek malzemeden oluşmuş, geçirimsizlik fonksiyonuna şev korumaları hariç bütün gövdenin katıldığı bir yapıdır.

### **1.5.1.2. Zonlu Dolgulu Barajlar**

Bu tipteki barajlarda çeşitli dolgu malzemesi belirli amaçlarla gövdenin değişik bölgelerine yerleştirilmişlerdir. Gövdede oluşturulacak malzeme zonları şunlardır; çekirdek dolgusu, mamba mansap kabuk dolguları, filtre dolguları, riprap, mansap şevi koruma örtüsü, toprak dolgu gövdeler, kaya dolgu gövdeler ve karışık dolgu gövdeler.

### **1.5.1.3. Ön Yüzü Kaplamalı Barajlar**

Bu tipteki barajlar geçirimsiz dolgu malzemesinin ekonomik bir uzaklıkta mevcut olmaması veya mevcut olup da doğanın korunması nedenleri ile kullanılmak istenmemesi hallerinde söz konusu olur. Bu barajlar iyi istiflenmiş ve sıkıştırılmış kaya dolgu gövdenin mamba şevi üzerine geçirimsiz bir malzemenin kaplanması ile oluşturulurlar.

### **1.5.1.4. Ön Yüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajlar**

Ön yüzü beton kaplı (ÖYBK) kaya dolgu barajların kullanımı günümüzde oldukça yaygındır. Kaya dolgu barajlar özellikle güvenli olmaları, büyük farklılıklar gösteren arazi koşullarına uyabilmeleri, yapılarının pratik ve ekonomik olması gibi üstünlüklerinden dolayı çoğunlukla tercih edilirler. Yapılan araştırmalar bu tip barajların çok yüksek inşa edilmeleri halinde, performanslarının sınırlı değerler içerisinde kaldığının ve depreme karşı çok dayanıklı olduğunu göstermiştir. Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajlar bugüne kadar çok büyük yüksekliklerde başarı ile inşa edilmiştir 300 metre yüksekliğe kadar uygulanmışlardır. Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajların tamamı kuru olduğundan deprem dalgaları kaya dolgu boşluklarında boşluk suyu basıncı oluşturmaz. Bu özelliğinden dolayı da ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu baraj depreme karşı



dayanıklıdır. Kret oturmaları ise nispeten düşüktür. İlk birkaç yıldan sonra bu oranda çok büyük düşme gözlenmektedir. Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajlar her boyutta ve her amaç için kullanılabilme imkanına sahiptir. Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajlar 1970'den beri çok kullanılan bir tiptir. Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajların seçiminde Amerika'da, Avustralya'da ve dünyanın bir çok yerinde artışlar gözlemlenmiştir. Bu tip barajların daha ekonomik ve daha yüksek inşa edilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Yapılması planlanan Bulak Göleti'de ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj olarak dizayn edilmiştir.

#### **1.5.1.5. ÖYBK ile Toprak Çekirdekli Kaya Dolgu Barajların Karşılaştırılması**

ÖYBK kaya dolgu baraj ve toprak çekirdekli kaya dolgu baraj için ihtiyaç duyulan yer şartlarında önemli farklılıklar yoktur. Her iki tipte de oldukça iyi kaya temele gereksinim vardır son yıllarda ÖYBK kaya dolgu baraj tipinin seçildiği yerleri için aynı zamanda projeci tarafından toprak çekirdekli kaya dolgu baraj alternatifi de incelenmiştir. Toprak çekirdek malzemenin olmadığı yerlerde ÖYBK kaya dolgu barajların seçimi doğaldır.

#### **1.5.1.6. Memba Şevi Asfalt Kaplamalı Barajlar**

Memba şevi asfalt kaplamalı dolgu barajların prensibi bakımından beton kaplamalı gövdelere benzer, fakat asfalt kaplamaları esnekliklerinden dolayı kırılmalara karşı betondan daha fazla dayanım gösterir. Bu tip baraj gövdelerinden beklenen özellikler şunlardır;

- ★ Seçilen şev eğiminde stabilitesinin yeterli olması
- ★ Dayanıklılığı
- ★ Geçirimsizliği
- ★ Su basıncına, dalga tesirine dayanıklı olması
- ★ Hidrostatik alt basınca mukavemet gösterebilmesi
- ★ Kaplama arkasındaki dolgunun rahatça drene olabilme kabiliyetinin olması
- ★ Dolgunun yerel deformasyonlarına karşı, dayanımlı ve elastikiyeti ile uyum gösterebilmesi.

## 1.6. Diğer Baraj Elemanları

### 1.6.1. Dolusavak Tesisleri

Dolusavakların ana görevleri, yüzeysel akışlarla baraj ya da gölet rezervuarına gelen akımların rezervuardan ötelenmesi esnasında baraj mansabına emniyetle aktarılmasını sağlayan yapılardır. Dolusavak yapılarının konumu projelendirilen yapının tipine göre belirlenmektedir. Örneğin dolgu barajlarda (toprak, kaya dolgu) dolusavak yapıları zorunluluk olmadığı sürece yamaçlarda inşaa edilir. Beton ağırlık ve kemer barajlarda ise dolusavak yapısı baraj gövdesi üzerine yerleştirilirler (Barajlar Kongresi, 2012).

Dolusavak yapıları değişik özelliklerinin değerlendirilme şekillerine göre sınıflandırılırlar. Bu özellikleri suyu alış şekilleri, geometrik özellikleri, kullanıldığı malzemeler, denetim şekilleri vb. olmaktadır. Genel anlamda sınıflama şekilleri aşağıdaki gibi olmaktadır.

Denetim durumlarına göre iki gruba ayrılırlar;

- ★ Serbest akışlı dolusavaklar
- ★ Kapaklı dolusavaklar

Su alış konumlarına göre;

- ★ Karşıdan alışlı dolusavaklar
- ★ Doğrusal eşikli
- ★ Dairesel eşikli
- ★ Kademeli eşikli
- ★ Labirent
- ★ Basamaklı
- ★ Özel şekilli ( yelpaze, ördek gagası, papatya, t tipi)

Yandan alışlı dolusavaklar: Dolusavak eşik yapısına paralel bir boşaltım kanalı olan dolusavaklardır. Bu tip dolusavaklar iki gruba ayrılır;

- ★ Tek yandan alışlı
- ★ İki yandan alışlı

Üstten alışlı dolusavaklar: eşik yapısı düşey veya eğik bir boşaltım kuyusu üzerine oturan dolusavaklardır. Bu tip dolusavaklar iki gruba ayrılır;

- ★ Dairesel kuyulu
- ★ Sifonlu kuyulu

Dolusavak yapılarını görevlerini yerine getirme özelliklerine ve oluşan akım koşulları göz önüne alınarak bir değerlendirme yaptığımızda 4 ana bölüm altında sınıflanabilir. Bir dolusavak yapısının bölümleri;

- ★ Yaklaşım kanalı
- ★ Dolusavak eşik yapısı
- ★ Boşaltım kanalı
- ★ Enerji kırıcı yapılardır.

### **1.6.2. Derivasyon Tesisleri**

Derivasyon, baraj inşaat alanının kuru tutulabilmesi için akarsu güzergâhının geçici olarak değiştirilmesidir. Genellikle batardolar ve derivasyon tüneline ibaret yapılardır. Batardolar baraj gövdesinin küçültülmüşü gibidir. Memba batardosu suyun baraj inşaatına girmesini önlediği gibi derivasyon tüneline çıkan suyun inşaat alanına girmesini önler. Derivasyon tüneli, suyu dağın içinde ileten çoğunlukla dairesel bazen de atnalı kesitinde yapıdır. Bu yapı açıkta yapılırsa kondüvi denir.

### **1.6.3. Dipsavak Tesisleri**

Barajlarda depolanan suyu mansaba vanalar vasıtasıyla, kontrollü olarak veren tesislerdir. Genellikle dipsavak aşağıdaki yapılardan meydana gelir (Berkün, 2007).

- ★ Su alma yapısı: Baraj gölünden, tek veya değişik seviyelerden su alabilen yapıdır.
- ★ Memba tüneli (Kondüvisi): Su alma yapısı vasıtasıyla alınan suyu ileten yapıdır.
- ★ Tehlike vanası ve tıkacı: Cebri boru veya ayar vanasında tamirat gerektiğinde suyu kesen vanadır.
- ★ Cebri boru: Tehlike vanası ile ayar vanası arasında suyu ileten çelik borudur.
- ★ Ayar vanası ve ayar vana odası: İstenilen su miktarına göre ayar yapan vanadır.

- ★ Enerji kırıcı tesis: Suyun enerjisini alarak döküldüğü yere ve çevresine zarar vermesini önleyen yapıdır.

### **1.7. Baraj Yerinin ve Tipinin Seçimi**

Akarsu vadileri kilometrelerce uzunlukta olabilen ve kendi içinde çok çeşitli hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik özellikler gösterebilen yerlerdir. Bu nedenle bir baraj yeri için çeşitli alternatifler içinde en uygun olanının seçilmesi gerekir.

Baraj planlama çalışmaları ile akarsu vadisinde baraj yapımı için uygun yerler belirlenerek, baraj yeri alternatifleri ayrıntılı olarak incelenir. Bu alternatifler üstün ve sakıncalı yönleri ile birbirleri ile karşılaştırılarak sudan en fazla yarar sağlayabilecek, en ekonomik ve emniyetli seçenek baraj tipine bağlı olarak belirlenir. Baraj yerimi seçiminde göl bölgesinin özellikleri, baraj eksen yerinin özellikleri, yağış havzasının hidrolik ve hidrojeolojik özellikleri, iskân, istimlak ve yenileme ile ilgili maliyetler, çevre etkisi gibi faktörlere dikkat edilir;

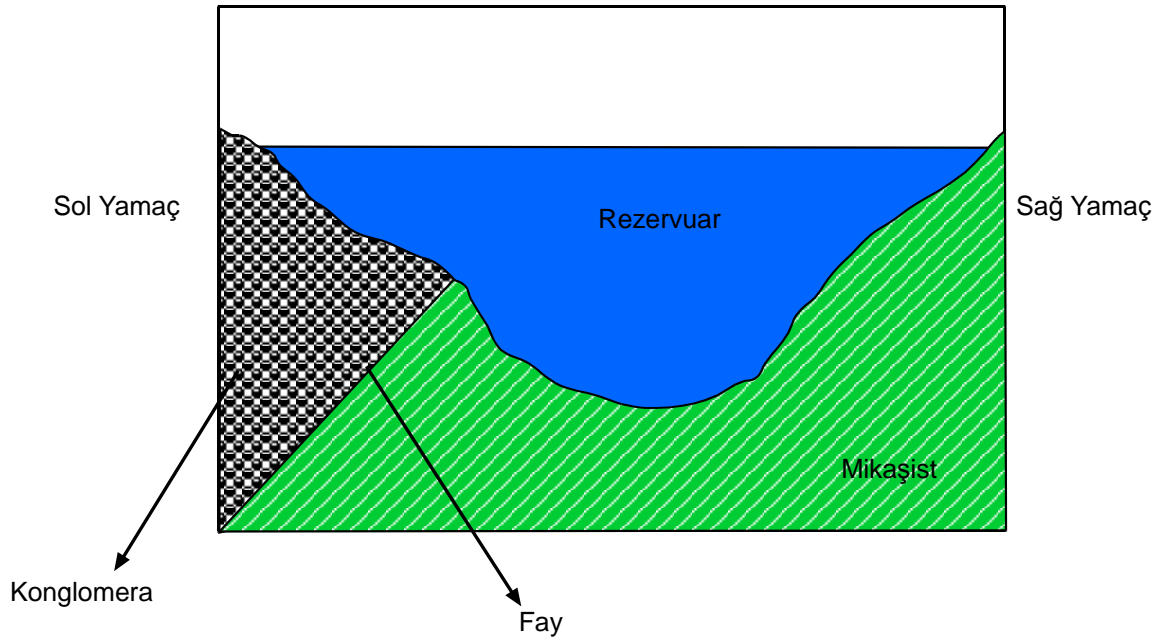
#### **1.7.1. Baraj Tipi Seçimine Etki Eden Faktörler**

Baraj tipi seçimine etki eden bütün faktörleri içine alan ve bunları göz önünde tutarak baraj tipini gösteren bir formül bugüne kadar ortaya konmuş değildir. Emniyet ve maliyet göz önünde tutularak çeşitli faktörler ayrıntılı şekilde incelenir ve en uygun baraj tipi ve yerine karar verilir. Bu faktörler şunlardır:

- ★ Topoğrafya
- ★ Jeolojik özellikler
- ★ Hidrolik ve hidrojeolojik durum
- ★ Kullanılacak malzemenin sağlanması
- ★ Ülke ekonomisi ve altyapı durumu
- ★ İklim ve inşaat mevsimi süresi
- ★ Baraj yüksekliği ve su gereksinimi
- ★ Deprem durumu

### 1.7.2. Barajlarda Gözlenen Jeoteknik Sorunlar

Baraj yeri ve gölalanı seçiminde jeolojinin iyice anlaşılmamış olması nedeni ile dünyada 1928 yılına kadar 250 baraj yıkılmıştır. 1928 yılında ABD’de St. Francis barajı yıkılmış, 436 kişi ölmüştür. Saint Francis barajı 150 m yarıçapında bir kemer ağırlık barajı olup gövde kalınlığı tabanda 55 m, krette 5 m, yükseklik 62 m’dir. Barajda 1 Mart 1926’da su toplanmaya başlanmış fakat temelden büyük ölçüde su kaçakları görüldükten sonra, 12 Mart 1928’de baraj yıkılmıştır. Şekil 1.5’te görüldüğü üzere temel kayasının tabanda ve sol yamaçta yapraklanmalı mikaşist, sağ yamaçta ise çakıltaşı (konglomera) biriminin varlığından dolayı ve bu iki litoloji dokanağının faylı olması nedeni ile temelde kaçaklar başlamış ve baraj yıkılmıştır (Ertunç, 2003).



Şekil 1.5. Saint Francis Baraj yeri jeoloji kesiti (Ertunç, 2003’ten değiştirilerek çizilmiştir)

5 Haziran 1976’da ABD’de 100 m yükseklikte gövde tipi toprak dolgulu olan Teton Barajı kil çekirdeğinin yeterli sıkıştırılmaması nedeni ile sağ yamaca yakın gövdede borulanma meydana gelmiş ve sızıntılar nedeniyle baraj birkaç saat içinde yıkılmıştır (Şekil 1.6). Akış aşağıdaki yerleşim alanları zamanında boşaltıldığı için ölü sayısı 11’i geçmemiştir (Ertunç, 2003).



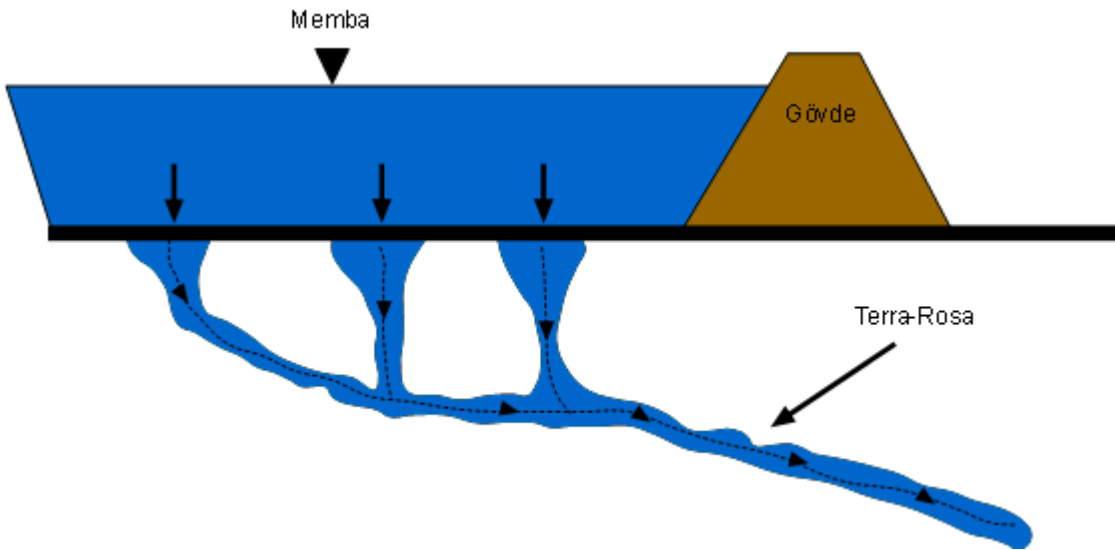
Şekil 1.6. Teton Barajı'nın yıkılışı

İtalya'da Venedik'in 120 km kuzeyinde bulunan Vaiont Barajı 265.5 m yükseklikte olup dünyanın ikinci en yüksek barajı konumundadır. İnce kemer tipinde yapılan bu baraj rezervuar alanında 9 Ekim 1963'de jeolojik dengenin bozulması ile 250 milyon m<sup>3</sup> kaya parçası ve 120 milyon m<sup>3</sup> su kütlesi, 60 saniye gibi kısa bir zaman içinde baraj rezervuar alanına heyelan etmiştir (Şekil 1.7). Bu olay sonucu baraj üzerinden taşan göl suları vadiden aşağı boşalmış ve 2600 kişinin ölümüne sebep olmuştur. Baraj tepe seviyesinden 250 m yükseklikte bulunan köy evlerinin çatıları uçmuş, köprüler, galeriler ve santral binaları yıkılmıştır. Bu olay sonucu meydana gelen sarsıntı Viyana ve Brüksel deprem istasyonlarında kaydedilmiştir. Dışarı taşan göl suları barajın yalnız üst parmaklıklarını koparmış, ince kemer gövdeye hiçbir şey olmamıştır (Erguvanlı, 1982).



Şekil 1.7. Vaiont rezervuarının heyelan malzemesiyle dolmuş hali (Ertunç, 2003)

Konya’da 1959 yılında yapımı tamamlanan May Barajı 27.84 m yükseklikte homojen gövdeli toprak barajdır. Baraj gövdesi ve rezervuar alanı kireçtaşı üzerindedir. 1960 Şubatında barajda su tutulmaya başlanmıştır, fakat nehir yatağındaki Terra-rosa altında gizli kalan düdenlerden dolayı sular kaçmaya başlamış (Şekil 1.8), önce rezervuarda alçalma olmuş ve sonra hiç su kalmamıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları başarılı olamamıştır (Ertunç, 2003).



Şekil 1.8. May Barajında Terra-rosa ile örtülü düdenlerden suların kaçması (Ertunç, 2003’ten değiştirilerek çizilmiştir)

O günkü teknik olanakların yetersizliği ve kesin projeyi yapan firmanın kayıtsızlığı nedeniyle yeterli araştırma yapılamadan inşaatına başlanan Keban Barajında temel kazısı yapılırken büyük mağaralar çıkmıştır. Kireçtaşındaki bu karstik boşluk ve mağaralardan ulaşılabilenler temizlenip betonla doldurulmuş, ulaşılamayanlar enjeksiyon ile iyileştirilmeye çalışılmıştır. Santral yerinde yapılan sondajda büyük bir mağara geçildiği halde, projede santral buraya oturtulmuş, temel kazılarında mağara çıkınca, santral akış aşağı doğru kaydırılmıştır. İlk santral yeri, cebri boruları bile taşıyamayacak kadar zayıf çıkmıştır. Beton gövdenin oturduğu temelde de boşluklar çıkınca, gövdede dik bir bknt yapılmıştır. Baraj inşaatının yarısına gelinmişken, rezervuar sol yamacından su kaçağı olasılığı ortaya çıkmış, yapılan etütler sonucunda bu kesimde enjeksiyon yapılmasına karar verilmiştir. Buna rağmen, beton gövdenin akış yukarısındaki Dden ve Petek mağarası yoluyla kaçan sular (şekil 1.9), Keban deresinin sol yamacından sifon yaparak çıkmıştır (şekil 1.10). Kaan suyun debisi 26-30 m<sup>3</sup>/sn olması nedeni ile baraj göl seviyesi düşürülmüş, iri bloklarla mağaranın doldurulmasına çalışılmıştır. Sonuç olarak su kaçakları 7-8 m<sup>3</sup>/sn'ye düşürülmüş ve bu miktar sabit kalmıştır. Bütün bunlar baraj inşaatının uzamasına ve maliyetin üç kat artmasına neden olmuştur (Ertunç, 2003).



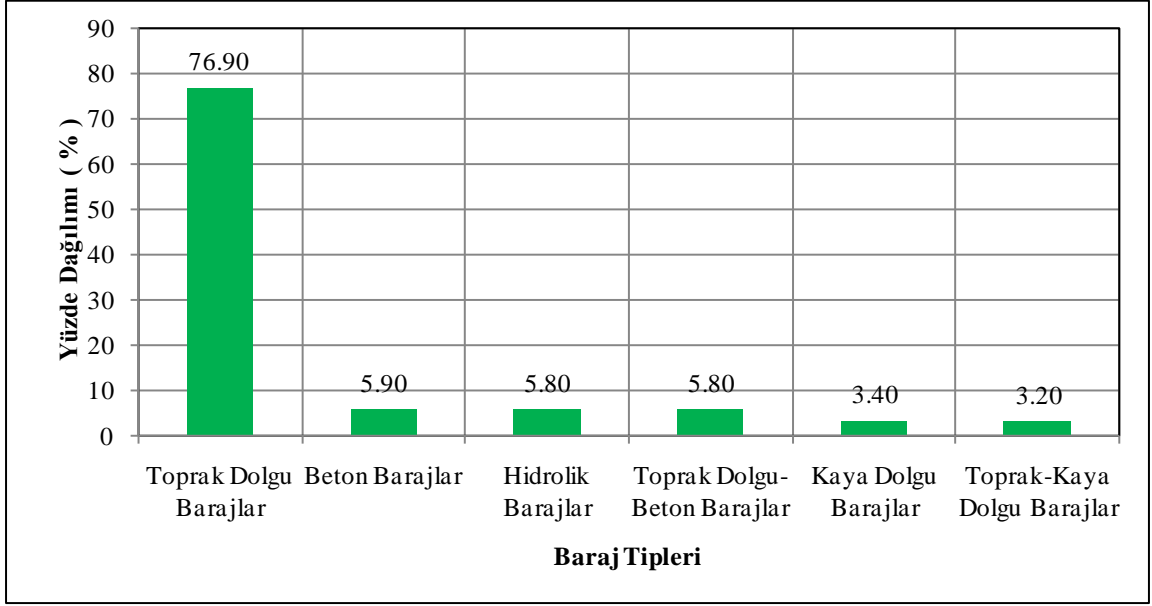
şekil 1.9. Keban Barajı sol yamaç Petek Mağarası'ndan su kaçakları (Ertunç, 2003)





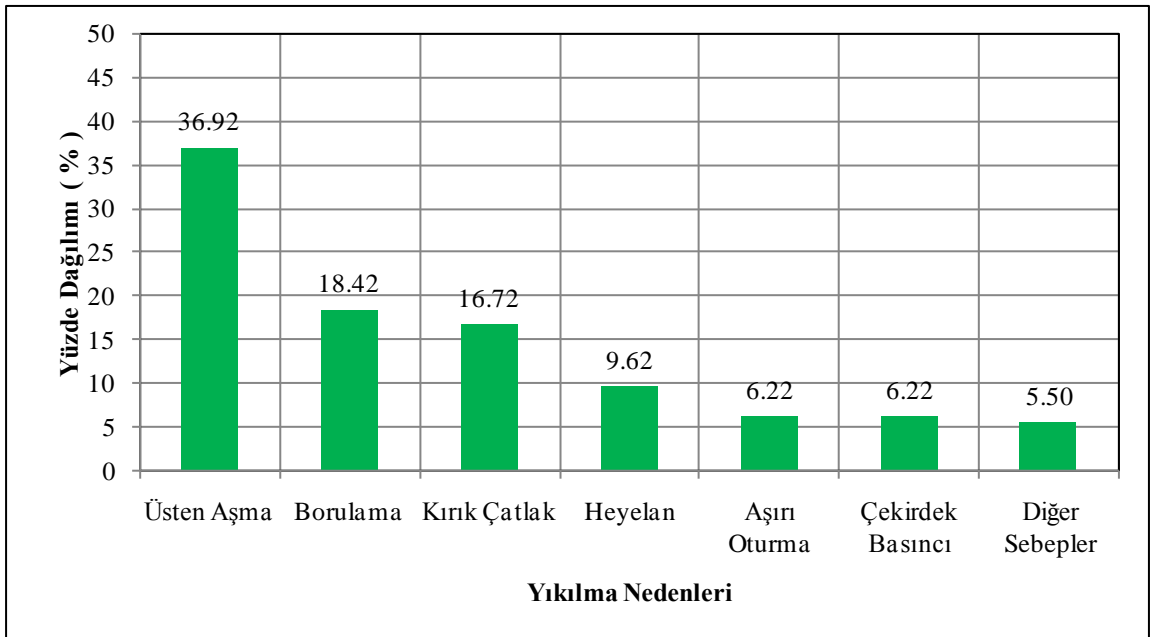
Şekil 1.10. Keban Barajı rezervuarından kaçan suların sifon yaparak, Keban Deresi sol yamacından çıkması (Ertunç, 2003)

Baraj yeri ve rezervuar alanı jeolojisinin içerisinde bulunduğu baraj jeolojisi çalışmalarının iyice anlaşılmamış olması nedeniyle dünyada 250 civarında baraj yıkılmıştır. Şu ana kadar yıkılan bu barajlar istatistiksel açıdan incelenerek aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre dünyada yıkılan barajların % 76.9'u toprak dolgu barajlar, % 5.9'u beton barajlar, % 5.8'i hidrolik barajlar, % 5.8'i toprak dolgulu beton barajlar, % 3.4'ü kaya dolgu barajlar, % 3.2'si ise toprak kaya dolgu barajlardır (Şekil 1.11). Toprak dolgu barajlar baraj tarihinde ilk yıllarda yapılan barajlar olduğundan yıkımlar daha çok bu barajlarda gözlenmiştir. Bu tip barajların yapımında özellikle dolgu kısmında oldukça dikkatli olunmalıdır. % 5.8 ile hidrolik barajların yıkılma sebebi geçmiş yıllarda bu tip baraj yapımının yaygın olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak geçen süre sonucunda bu tip barajlarda sonuç alınamamış ve çoğu geçirimsizliğin sağlanamaması yüzünden yıkılmıştır. Toprak-kaya dolgu barajlar en az yıkılan baraj tipidir.



Şekil 1.11. Dünyada yıkılan baraj tiplerinin % dağılımları

Yıkılan bu barajların neden yıkıldıkları araştırıldığında % 36.92'sinin üstten aşma, % 18.42'sinin borulanma, % 16.72'sinin gövdede oluşan kırık çatlaklardan, %9.62'sinin rezervuar alanında görülen heyelanlardan, % 6.62'sinin gövdedeki aşırı oturma miktarından, % 6.22'sinin ise çekirdek basıncından kaynaklandığı görülmüştür (Şekil 1.12).



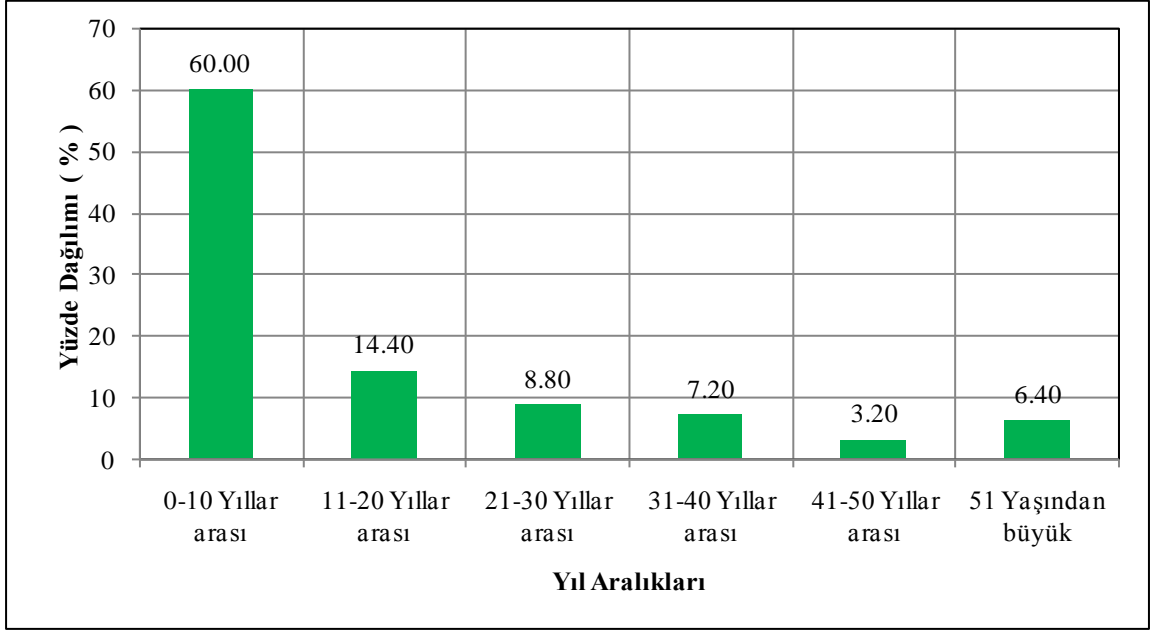
Şekil 1.12. Dünyada yıkılan barajların yıkılma sebeplerinin % dağılımları

Üstten aşma probleminin nedeni baraj fizibilite çalışmalarının eksik yada hatalı yapılmasından kaynaklanır (Söylemez, 2003). Baraj yapımı öncesi rezervuar alanına gelen yağmur sularının ve akarsuyun son 100 yıllık debisi araştırılmalıdır. Barajlar oluşabilecek taşkınları engellemek içinde yapıldığından, sel gibi aşırı yağış durumlarında rezervuar alanına gelecek su miktarının emniyetli bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Baraj yüksekliğinin de tehlike anında oluşacak bu su miktarına göre ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca herhangi bir sel koşulunda dolusavak ve tehlike dolu savak kapasitelerinin de yapılan bu çalışmalara göre uygun olarak tasarlanması gerekmektedir (Söylemez, 2003).

Tehlike anında baraj rezervuar alanına giren suyun tahliyesini dolu savakların yeterince sağlayabilmesi gerekmektedir. Diğer bir yıkılma nedeni olan borulanma ise en çok toprak dolgulu barajlarda görülür. Nedeni ise, baraj kil çekirdeğinde kullanılan malzemenin iyi seçilememesi ve yeterince sıkıştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Uygulamaya yönelik olan bu sorun zamanla daha iyi anlaşılmiş ve tedbirler yönetmeliklerle alınmıştır. Bir başka uygulamaya yönelik baraj yıkılmasına neden olan problem ise aşırı oturma sorunudur. Bu sorunda toprak dolgulu barajlarda gözlenmektedir ve sebebi yine kil çekirdeğin yeterli miktarda sıkıştırılmamasından kaynaklanmaktadır (Söylemez, 2003).

Kırık ve çatlaklar ile heyelanların oluşum sebebi yine ön projelerin yani fizibilite çalışmalarının yetersiz ve eksik yapılmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle rezervuar alanının baraj yapım öncesinde ciddi bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Bu araştırmaların içinde baraj yerinin; vadi şekli, litolojik özellikleri, yapısal özellikleri, hidrolojik ve hidrolik durumu, yapımında kullanılacak malzeme miktarı, iklim koşulları, bölgenin depremselliği gibi faktörler ile baraj yapıldıktan sonra baraj gövdesine etki edecek kuvvetlerden gravite (baraj ağırlığı), mamba ve mansapta toplanacak suyun hidrostatik basıncı, suyun kaldırma kuvveti, oluşacak ise buz basıncı, silt basıncı, dalga etkisi ve deprem etkisi ile dolu savakların yeri, tipi ve fazla suyu tahliye edebilme kapasiteleri yer alır (Söylemez, 2003).

Yıkılan barajların yapımından itibaren hangi yaş aralığında yıkıldığı incelendiğinde % 60'ının yapımından itibaren ilk 10 sene içinde, % 14.4'ünün yapım yılından itibaren 11 ile 20 yılları arasında, % 8.8'inin 21-30 yılları arasında, %7.2'sinin 31-40 yılları arasında, % 3.2'sinin ise yapımından sonra 41-50 yılları arasında yıkıldıkları görülmüştür (Şekil 1.13).

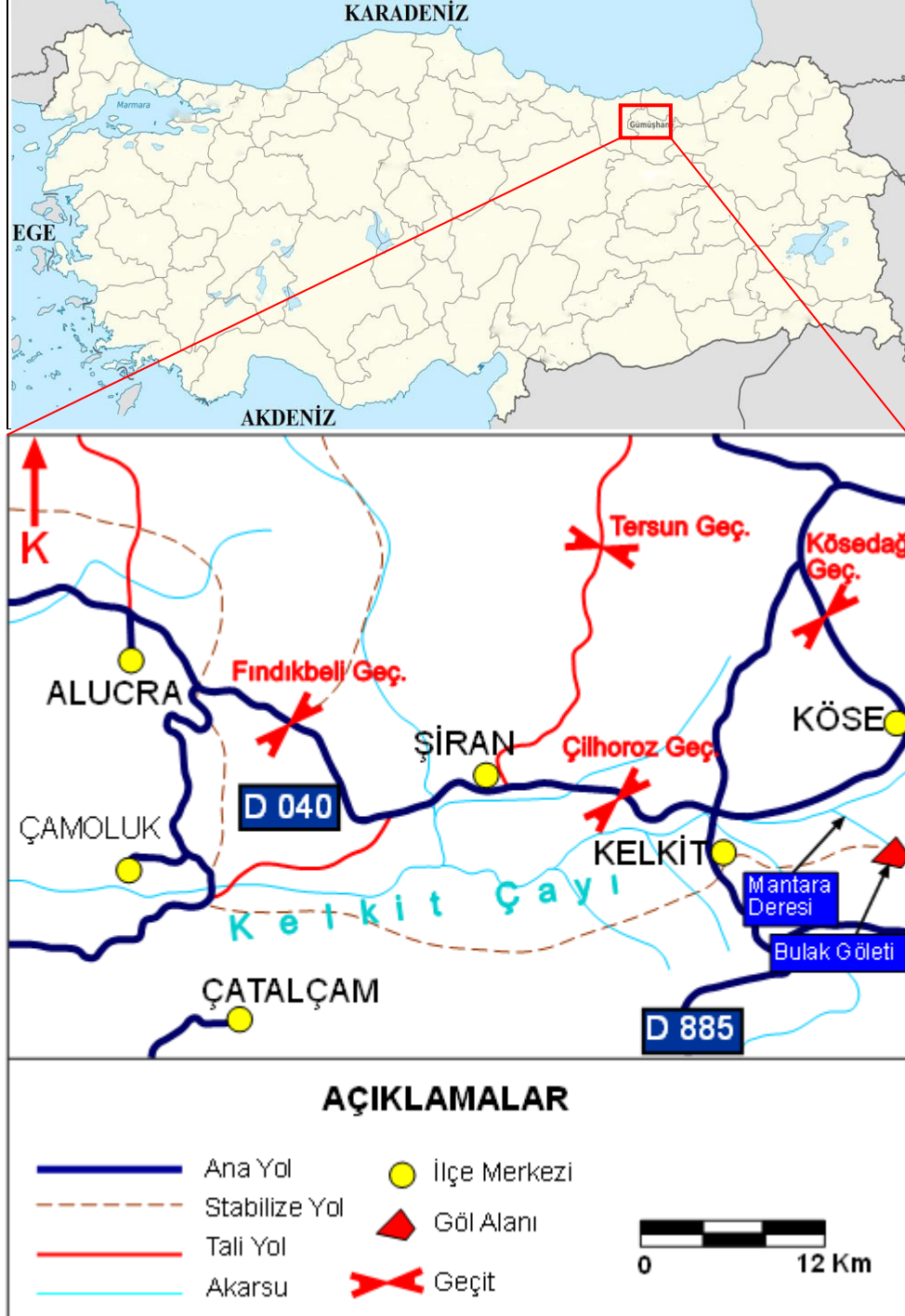


Şekil 1.13. Dünyada yıkılan barajların yıkılma yaş aralıkları

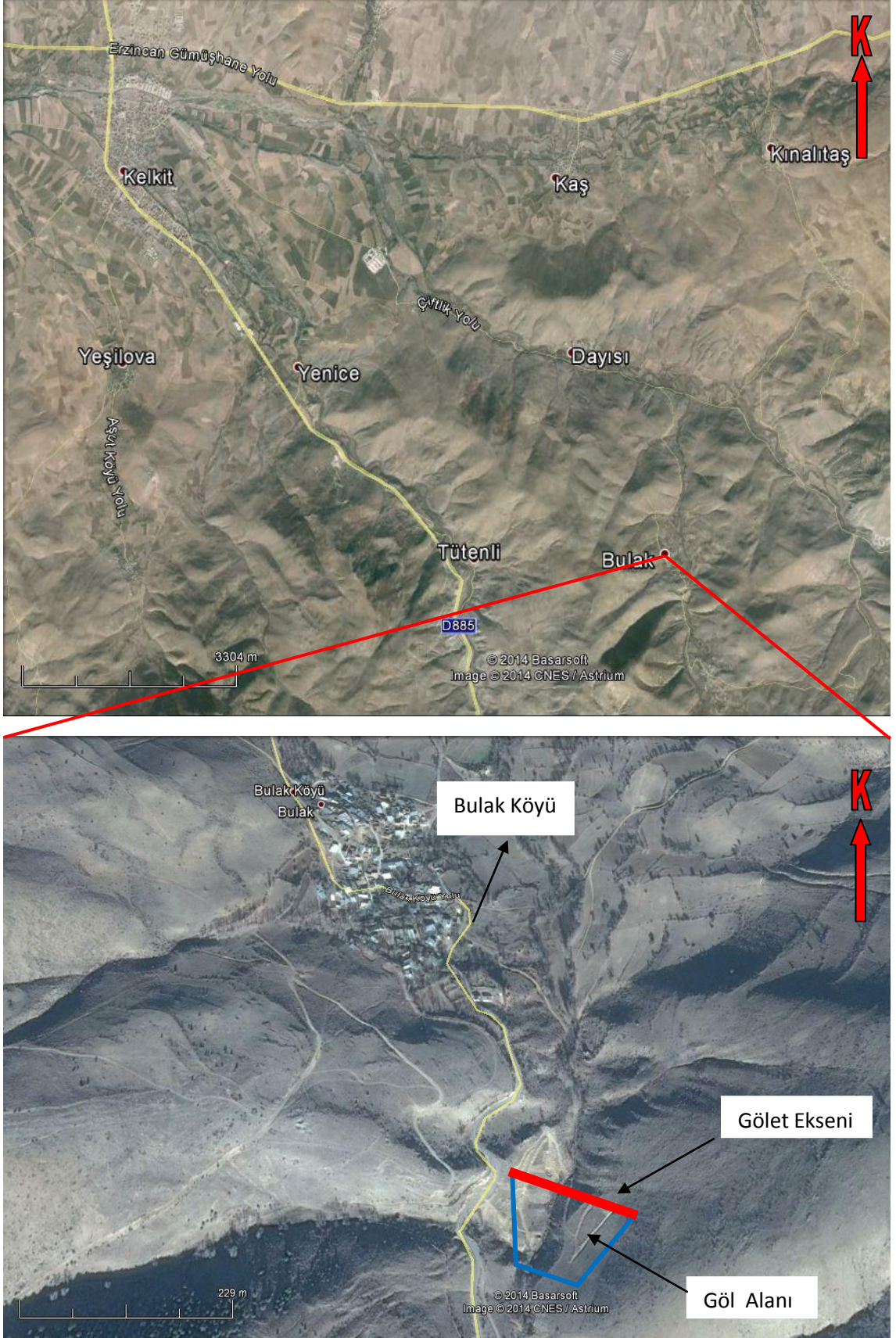
Özellikle yapımından itibaren ilk 10 sene içinde yıkılan barajların % 89.9'u ilk 5 sene içinde yıkılmıştır. Araştırma derinleştirildiğinde yapımından sonra ilk 5sene içinde yıkılan barajların, % 48'i yapımından hemen sonraki yılda yıkıldığını göstermiştir. Bu sonuçlar bize baraj yapımında yapılan hataların baraj yapımından hemen sonra etkisini gösterdiği sonucunu vermektedir.

### 1.8. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı Gümüşhane İli, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde, Bulak köyü'nün 400 metre güneyinde, Kelkit ilçe merkezinden ise yaklaşık 13 km doğudadır. Yapılması planlanan Bulak göleti Mantara deresi üzerinde bulunmaktadır. (Şekil 1.14 ve Şekil 1. 15)



Şekil 1.14. Proje alanı yer bulduru haritası



Şekil 1.15. Gölet yerine ait Google Earth uydu görüntüleri

Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde bulunan Bulak Köyünde Mantara deresi üzerinde inşa edilmesi planlanan Bulak göleti, Bulak Köyü'nün 400 metre güneyinde, Kelkit ilçe merkezinden ise yaklaşık 13 km yol uzaklıktadır.

Gümüşhane'nin iklimi, karasal iklim ile Doğu Karadeniz iklimi arasında bir geçiş hususiyeti gösterir. Kuzeydeki dağlar soğuk ve nemli kuzey rüzgârlarını engeller. Doğu Karadeniz havzasında kalan bölgelerde iklim nemli ve ılıktır. Kelkit İlçesinin iklimi Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu arasında bir iklim geçidi teşkil eder. Her iki bölgenin iklim özelliğini taşıyan yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk, ilkbahar ve sonbahar ayları oldukça yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 460 mm<sup>2</sup>/yıl

### 1.9. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve özellikle de yakın çevresi ile ilgili, değişik amaçlara yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir. Bölge jeolojisi için ilk çalışmalar 20. yy ilk yarısında Chaput (1931) tarafından yapılmıştır, 1935 yılında MTA Enstitüsünün kuruluşu ile Türkiye'nin hemen her tarafında olduğu gibi, bu bölgede de daha esaslı araştırmalara başlanmıştır, Pilz (1936), Leuchs (1938), Arni (1939), Blumenthal (1945, 1950) ve Nebert (1957) gibi yabancılar tarafından yapılmıştır. 1950 yılında ise Baykal tarafından Kelkit-Şiran yöresini içeren bir alanda jeoloji çalışması yapılmış, bu çalışma 1952 yılında raporlaştırılmış ve çalışmadan elde edilen veriler 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasında kullanılmıştır.

Ketin (1950, 1951), "Bayburt yöresinin Jeolojisi" başlıklı çalışmasında yörenin 1/100 000 ölçekli haritasını Maden Tetkik Arama Enstitüsü için yapmıştır. Bu çalışmaya göre Liyas yaşlı volkano-tortul birimler Paleozoyik yaşlı metamorfikler üzerine transgresif olarak oturmuş olup, bu istifin kalınlığı 2000 metre olarak saptanmıştır. İçerdiği ammonit'lere göre de birime Sinemuriyen-Toarsiyen yaşı verilmiştir. Yine aynı çalışmada yörenin tektoniği iredelenmiş ve Bayburt yöresindeki Kale'ye ait Liyas yaşlı kireçtaşlarının, Üst Kretase yaşlı flişler üzerine itildiği saptanmıştır.

Nebert (1961), "Kelkit Çayı ve Kızılırmak Nehirleri mecrası bölgelerinin jeolojik yapısı" başlıklı çalışmasında temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik ve granitik kayaların üzerine gelen, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaları inceleyerek, bunları kıvrımlandıran fazları ortaya koymuş ve yörede Dogger'in varlığından söz etmiştir.

Wedding (1963), “Kelkit hattı jeolojisine ait düşünceler” başlıklı çalışmasında Kelkit ve Bayburt civarındaki Jura yaşlı çökellerin, Paleozoyik yaşlı çökeller üzerine transgresif olarak geldiğine işaret etmiş ve bu çökellerin piroklastlar, filiş, kumtaşı ve marnlardan oluştuğunu saptamıştır. Aynı çalışmada Wedding, kalkerli kumtaşı içinde yeşil kil katkıları ve kömür damarları bulunan birime Dogger, açık renkli beyaz masif birimlere de Malm-Alt Kretase yaşını vermiştir.

Bergougnan (1975, 1976 a, b) Erzincan dolaylarında Kelkit ve Fırat’ın yukarı vadileri arasında, Pontidlerin güneyi ile Toritlerin kuzeyini kapsayan çalışmasında ultrabazik kayalardan oluşan bir kütleinin Munzur Dağı ile Pontidler arasında yer almakta olduğunu ve her iki yanda ofiyolitik unsurlu bir tektonik melanjin Kretase sonunda yerleştiğini savunmaktadır. Bu çalışmaya göre Munzur Dağı’nda Triyas’tan ÜstKretase’ye kadar görünür bir uyumsuzluk yoktur. Pontid kesiminde ilk uyumsuzluk Liyas ile metamorfik Paleozoyik ve Permo-Karbonifer yaşlı tortullar arasındadır. Triyas tanımlanamamıştır. Kelkit kuzeyinde Alt Senoniyen tortulları bir konglomera ile Alt Kretase yaşlı karbonatların, Kelkit güneyinde ise Liyas denizel kırıntılı kayaların üzerine gelmektedir (Öztemur, 2007).

Seymen (1975)’in Kelkit Vadisi’nin kuzey ve güneyindeki birimlerin ilişkilerini karşılaştırdığı Niksar-Reşadiye arasındaki çalışmasına göre, Kelkit Vadisi kuzeyinde Jura’dan Paleosen sonuna kadar devam eden istif üzerine uyumsuzlukla Eosen ve Neojen yaşlı tortul ya da volkanik fasiyeslerden oluşan birimler gelmektedir. Güneyde ise metamorfiteğin üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen ve Miyosen yaşlı çökel birimlerden oluşan otokton birlik ile bu birliğe kuzeyden bindirmiş ultra mafitler ve bunların üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen ve Miyosen yaşlı birimlerden oluşan allokton birlik yer almaktadır. Bu çalışmada ayrıca, Bulak göletinin 30 km güneybatısından geçen Kuzey Anadolu Fayı Üst Miyosen yaşlı olup 85-95 km kadar sağ yanal atım sunduğu belirtilmiştir.

Ağar (1977), “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi” başlıklı çalışmasında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik, tortul ve metamorfik kayaları ayırt etmiştir. Aynı çalışmada Permo-Karbonifer’de bitki kırıntılı seviyeler tespit edilerek ilk kez Triyas’ın varlığından söz edilmiştir. Ayrıca volkanik ve magmatik kayaları oluşturan, yöreyi kıvrımlandıran çeşitli fazlar ortaya konulmuştur

Özer (1984), “Bayburt (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi ve mikrofasiyes İncelemesi” başlıklı çalışmasında yörede Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayalar



yüzeylendiğini belirtmiştir. Özer'e göre bölgedeki en yaşlı kayalar "Permokarbonifer öncesi" yaşlı, düşük metamorfizmalı şistlerdir. Mesozoyik yaşlı kayalar Liyas volkanotortul seri ile başlar, üzerine Dogger-Malm yaşlı kalın tabakalı tabanda yer yer kumlu yer yer dolomitik ve çörtlü kireçtaşlarından oluşan seri gelir. Alt Kretase dönemi kireçtaşı-kumtaşı-marn ardışımı ile tipiktir. Özer, Eosen istifini birbirleri ile yanal geçişli taban konglomerası ve kumlu kireçtaşları ile başlayan volkano-tortul kayalardan bir istif olarak tanımlamış ve yörenin bu dönem sonu denizden kurtulduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve diğerleri (1985); bölgenin Munzur Dağları kuzeyinde Liyas'ta riftleşmeye başladığını, ofiyolitleri oluşturan havzanın Geç Jura-Erken Kretase arasında geliştiğini ve kapanmasının Senomaniyen'de başladığını savunmuştur.

Musaoğlu (1987), "Bayburt-Maden-Kop Yöresi jeolojisi ve Maden prospeksiyonu" başlıklı çalışmasında Ketin'in muhtemel Turoniyen sırasında tektonik olarak bölgeye yerleşmiş olduğunu ileri sürdüğü Maden ofiyolitik karmaşık birimini aynı yaşlı kabul etmiştir.

Yılmaz (1993), "Doğu Pontid Güney Zonu'nun stratigrafik deneşirmesi ve paelocoğrafik evrimi" başlıklı çalışmasında yörede kalın istif ve yaygın yüzeylemeler sunan çökel kayaların farklı fasiyes koşullarında biriktiğini, bu oluşumun Liyas sürecindeki riftleşme, Dogger-Kretase ve Erken Eosen transgresyonları ile geliştiğini ve istiflerin son şeklini Geç Kretase ve Miyosen'de gelişen orojenik devinimlerle kazandığını belirtmiştir.

Robinson ve diğerleri (1995), "Doğu Pontidlerin yapısal ve stratigrafik gelişimi" başlıklı çalışmalarında Üst Paleosen'in olmadığını bu nedenle riftleşmenin muhtemelen Karadeniz'de olduğunu, Tetis okyanusunun kapanması ile birlikte Pontidleri Eosen'den Pliyosen'e kadar büyük sıkışmaların etkilediğini ve bu nedenle Oligosen ve daha genç kayaların denizel olmadıklarını işaret etmişlerdir.

Bektaş ve diğ. (1999), "Doğu Pontid magmatik arkında ark gerisine doğru yitimle ilişkili Üst Kretase volkanizması ve göçü" başlıklı çalışmalarında Doğu Pontidlerin güney zonundaki Üst Kretase volkanizmasının kuzey zondan daha geç geliştiğini ve bunun da ark boyunca güney yönlü bir yitimle geliştiğinin bir kanıtı anlamına geldiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada genel jeoloji haritasına altlık olarak MTA 1/25.000 ölçekli Trabzon H43-d4 paftası ve Yılmaz vd. (1985) tarafından kullanılan formasyon adları kullanılacaktır.

### 1.10. Proje Özellikleri

Bulak köyü ve çevresindeki tarım arazilerinin sulama suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla inşa edilmesi planlanan Bulak Göleti'nin özellikleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2 de verilmiştir.

Tablo 1.1. Göl alanındaki su seviyelerine ait veriler

Minimum Su Seviyesi	1675,00 m
Normal Su Seviyesi	1685,90 m
Maksimum Su Seviyesi	1686,75 m

Tablo 1.2. Gövdeye ait veriler

Tipi	Ön Yüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu
Talveg Kotu	1647,00 m
Talvegten Yüksekliği	40,8 m
Temelden Yüksekliği	42,8 m
Kret Uzunluğu	220,00 m
Kret Genişliği	8,00 m
Yeri	Sol Yamaç
Tipi	Karşıdan Alışlı, Serbest
Taşkın Debisi (Q10000)	25,80 m <sup>3</sup> /s

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Genel Jeolojik ve Stratigrafik Çalışmalar**

Yapılması planlanan Bulak Göleti, Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde, Bulak köyü'nün 400 metre güneyinde, Mantara deresi üzerinde bulunmaktadır. İnceleme alanı ve çevresinin 1/25000 ölçekli Trabzon H43-d4 nolu topoğrafik haritasından faydalanarak arazi çalışmaları sonucunda çalışma alanına ve çevresine ait 1/12500 ve 1/500 ölçekli jeoloji haritaları ve kesitler hazırlanmıştır.

### **2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları**

Mühendislik jeolojisi çalışmaları üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar kapsamında ilk olarak literatür araştırmaları yapılmış olup, ikinci aşamada ise mühendislik jeolojisi çalışmalarında kullanılmak üzere gerekli olan verilere ulaşmak için arazi çalışmaları yapılmıştır. Üçüncü ve en son aşamada ise elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve tezin yazılması için ofis çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

#### **2.2.1. Literatür İncelemeleri**

Bu aşamada ilk önce çalışma alanına ve çevresine ait topoğrafik ve jeolojik haritalar temin edilmiş, bölgede daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve temin edilen haritalar üzerinde bölgenin genel jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. Sonraki aşamalarda çalışma alanına ve çevresine ait daha önceden yapılmış birçok yayın, rapor, makale ve tezler incelenmiştir. İncelemeler sonucunda çalışma alanı ve bölgenin jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir.

### 2.2.2. Arazi Çalışmaları

Saha çalışmaları sırasında öncelik olarak arazi detaylı olarak gezilerek yüzey jeolojisi hakkında bilgi edinilmiş, topoğrafik yapısı incelenmiş, arazi ile ilgili daha önceden yapılmış olan jeolojik, litolojik ve stratigrafik çalışmalar irdelenerek bölgenin genel jeolojisi yorumlanmıştır. İnceleme alanında zemin-temel sondajı ve arazi deneyleri yapılarak zeminin jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumunun belirlenmesine çalışılmış, özellikle de birimlerin geçirimsizlik özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanında sondaj çalışmaları sonucunda kesilen formasyonların değerlendirilmesi amacı ile sondaj çalışmaları esnasında sürekli olarak ölçülen kuyu loglarından yararlanılmıştır. Baraj göl alanı ve aks boyunca açılmış olan karotlu kuyularda kesilen birimlere ait mühendislik özellikleri tespit edilmiştir. Tespit edilen özellikler temel kayacın geçirimsizliği, temel kayacın kaya kalitesi sınıflaması, süreksizlik yüzeylerinin bozunma derecesi ve dayanımı, süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik sıklığı, süreksizliklerin yüzeylerinin pürüzlülük ve dalgalılığı şeklinde sıralanabilir. Geçirimsizliğin belirlenmesi için de Lugeon yöntemiyle basınçlı su testleri yapılmıştır. Kuyulardaki su tablası seviyesi, belirli dönemlerde ölçülerek takip edilmiştir.

#### 2.2.2.1. Sondaj Uygulamaları

Bir delici uç yardımı ile yeryüzünden itibaren içeriye doğru belirli çap ve derinlikte dönen borular veya darbeli tel, halat ve delici uç ile kuyular açılmasına sondaj denir. Sondaj sistemi ikiye ayrılır:

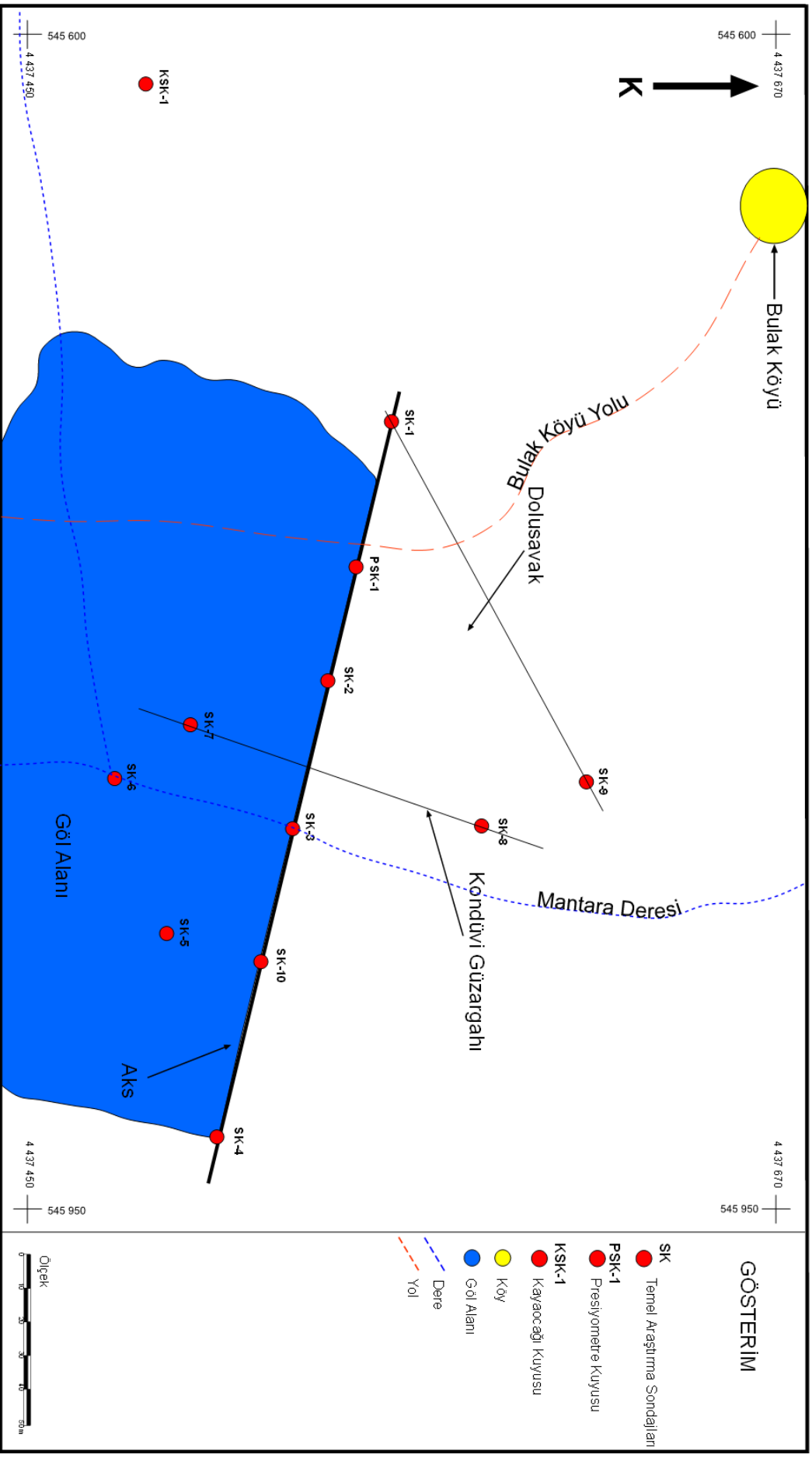
1. Rotary (dönerek çalışan) sondaj sistemi
2. Percussion (darbeli) sondaj sistemi

Sondajda bir delici, yani bir matkap bulunur. Rotary sistemde; kuyuda matkaba bağlı bir borular sistemi vardır. Darbeli sistemde ise yine bir matkap bulunduğu halde kuyudaki delme işlemi sondaj makinesine bağlı çelik tel halat veya sondaj çubukları yardımı ile yapılır. Çalışma sisteminin farklı olması nedeni ile sondajlar farklı şekilde çalışan makineler ile yapılır. Darbeli sondajlar derinliği az sondajlardır. Bu nedenle derin sondajlarda Rotary sistem tercih edilir. Fakat her iki sondaj sisteminin birbirine üstün tarafları vardır.

Bu çalışmada, kaya ortamının yanal ve düşey devamlılığı ile fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, süreksizliklerin özelliklerinin tayin edilmesi ve ortamın permeabilite katsayısının hesaplanmasına yönelik basınçlı su deneylerinin yapılması amacıyla sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Sondaj çalışmaları, üç adet D-500 hidrolik baskı ile çalışan rotary sondaj makinası ile bir sondaj mühendisinin (jeoloji Mühendisi) gözetiminde 10 kişilik ekiple yürütülmüştür. Derinliği 10.00-45.00 m arası değişen 12 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Delgi çapları, kuyunun derinliklerine göre 76 - 89 mm arasında değişmektedir. Zemin durumuna bağlı olarak ya “N serisi” tekli ve çiftli karotiyerle ve 89 mm muhafazalı ilerlenmiş, ya da “wireline” takımla çalışılmıştır. Ayrıca yapılan sondaj çalışmalarında ince çakıllı, kumlu, siltli birimde Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmış olup, karotlu ilerleme yapılarak numune alımı gerçekleştirilmiştir. Sondaj kuyularının yeraltı su seviyeleri günlük olarak ölçülüp loglara işlenmiştir. Temel araştırma sondaj çalışmaları tamamlandıktan sonra kuyulara 50 mm çapında pvc borular inilerek kuyu ağızları muhafaza altına alınmıştır. Etüt sahasında temel zemini oluşturan birimi tanımak ve taşıma gücünü saptamak için, inceleme alanında; alınan numuneler üzerinde zeminlerin indeks ve mekanik özelliklerini belirleyici deneyler yaptırılmıştır.

Bulak Göleti gövdesi, dolusavak ve kondüvi güzergâhı ile memba batardosu zemininin, jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla, aks üzerinde 6 adet, dolusavak güzergâhında 2 adet (SK-1 ve Sk-9, Sk-1 nolu kuyu aynı zamanda kret kuyusu), sondajlar öncesinde belirlenen kondüvi güzergâhı üzerinde 2 adet ve vadi tabanında batardo ekseninde 1 adet, kaya ocağında 1 adet olmak üzere 12 adet, toplam 333,0 metre temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan sondajlar sonrası şekillenen sıyırma kazılarına göre kondüvi güzergâhı revize edilmiş ve bu nedenle kondüvi için açılan kuyular, yeni kondüvi güzergâhı dışında kalmıştır. Bu kuyulardan gölet aksında ve memba batardosu ekseninde açılan kuyularda her 2 m’de bir basınçlı su testi (BST) ve bazı seviyelerde permeabilite deneyi yapılmıştır. PSK-1 temel sondaj kuyusu; sol sahil SK-1 ve SK-2 kuyularında gözlenen formasyonların orta-ileri derecede bozuşmuş olması, yoğun çatlak ve kırıklar içermesi nedenleri ile bu iki kuyu arasına gelecek şekilde, temel kayasının bu kesimdeki taşıma gücü ve oturma değerlerinin öğrenilmesine yönelik olarak, presiyometre deneyleri yapmak için açılmıştır (Şekil 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 ve Şekil 2.5).



Şekil 2.1. Temel sondaj kuyularına ait lokasyonları gösterir harita



Şekil 2.2. Sondaj çalışmasından genel bir görünüş



Şekil 2.3. Çalışmalarda kullanılan sondaj makinası



Şekil 2.4. Tek tüplü karotiyerden örnek alınması



Şekil 2.5. Sondaj çalışmalarında kullanılan tijler



### 2.2.2.2. Kaya Kalitesi Değeri (RQD %)

RQD, bir sondajda herhangi bir ilerleme aralığında doğal süreksizliklerle ayrılmış, boyu 10 cm ve daha büyük olan ve silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam uzunluğunun ilerleme aralığının uzunluğuna oranının yüzde olarak ifade edildiği sayısal bir indekstir. Deere (1964) tarafından önerilen RQD, aşağıda verilen ifadeden belirlenir.

$$\% \text{ RQD} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{L_n} \times 100 \quad (2.1)$$

Burada, n: ilerleme aralığındaki karot parçalarının sayısı; l: RQD'ye dahil edilen ve boyu 10 cm ve daha büyük olan karot parçalarının boyları, L<sub>n</sub>: ilerleme uzunluğudur.

Çalışmada, sondaj sırasında yapılan zorlama veya karotların karotiyerden çıkartılırken ya da sandığa yerleştirilirken kırılması sonucu oluşan ve doğal olmayan mekanik kırıklar RQD'nin tayininde dikkate alınmamıştır. Bunun yanı sıra karotun yatay eksenine dik veya dike yakın süreksizlik içeren karotlar % RQD hesaplanmasına dahil edilmiştir. Sondaj yapılamayan alanlarda ise RQD aşağıdaki formül (Priest ve Hudson, 1976) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ RQD} = 100 e^{(-0.1\lambda)}(0.1\lambda+1) \quad (2.2)$$

Burada  $\lambda$ : 1 m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısıdır.

RQD değerlerinin değişim aralıkları esas alınarak, Deere (1964) tarafından kaya kalitesi tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 2.1). RQD değeri, Tablo 2.1'deki değişim aralıklarına göre puanlandırılarak kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde bir girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Tablo 2.1. RQD sınıflaması (Deere, 1964).

RQD	Kaya kalite göstergesi
Çok zayıf	< 25
Zayıf	25-50
Orta	50-75
İyi	75-90
Çok iyi	90-100

### 2.2.2.3. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi

Süreksizlik yüzeylerinin çevresindeki kayanın dayanımı, özellikle süreksizlik yüzeylerinin dolgunsuz ve birbiriyle temas halinde olması koşulunda, makaslama dayanımı ve deformabilite açısından son derece önemlidir. Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş veya biraz daha derinde hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilir. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın civarındaki kaya malzemesinin bozunma derecesi ile yakından ilgilidir. Bozunma derecesine bağlı olarak, süreksizlik yüzeylerinin dayanımı kaya malzemesinin dayanımından daha düşük olabilir. Dolayısıyla hem kaya malzemesinin, hem de kaya kütlelerinin bozunma durumunun tanımlanması, süreksizlik yüzeylerinin dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımını bu denli yakından ilgilendiren bozunmanın, mekanik parçalanma ve kimyasal ayrışma gibi iki önemli sonucu vardır. Genel olarak kaya üzerinde fiziksel (mekanik) ve kimyasal faktörler birlikte etkilidir.

Fiziksel bozunma, süreksizliklerin açıklıkları boyunca meydana gelir ve kayanın parçalanması sonucu komşu minerallerde dilinim ve kırıkların gelişerek yeni mikro süreksizliklerin oluşumuna neden olur. Kimyasal bozunma ise, kayalarda renk değişimi ve özellikle silikat minerallerinin kil minerallerine dönüşmesiyle sonuçlanmaktadır. Ancak kuvars gibi dayanıklı bazı mineraller bu etkiye karşı direnç göstererek değişmeden kalır. Kimyasal bozunma sonucunda karbonat ve tuz minerallerinin çözünmesi de önemlidir. Ayrıca süreksizlik yüzeylerindeki mineral sıvamaları veya kaplamaları da, özellikle yüzeyler düz ve pürüzsüz ise, makaslama dayanımını bir ölçüde etkileyebilmektedir. Bu açıdan, süreksizlik yüzeylerinde gözlene mineral kaplamalarının veya sıvamalarının tanımlanmasında yarar vardır (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Süreksizlik yüzeylerinin dayanımına etkisi açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, önce kaya kütlelerinin, daha sonra kaya malzemesinin bozunma derecesinin tanımlanması gerekir. Bu amaçla önerilmiş ve arazi çalışmaları sırasında pratik olarak kullanılacak bozunma sınıflaması ölçütleri, kaya kütlesi ve kaya malzemesi için Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama (ISRM, 2007).

Tanım	Tanımlama ölçütü	Bozunmanın derecesi
Bozunmamış (taze)	Kayacın bozunduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözükmemektedir.	W1
Az bozunmuş	Kayaç malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiştir. Kayaç taze halinden zayıf olabilir.	W2
Orta derecede bozunmuş	Kayacın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Taze veya rengi değişmiş kaya sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W3
Tamamen bozunmuş	Kayacın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	W4
Artık zemin	Kayacın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla beraber, zemin taşınmamıştır.	W5

Dayanımın tahmin edilebilmesi amacıyla basit deneylerden elde edilen veya Schmidt çekicinden yararlanılmaktadır. Ayrıntılı tanımlama ölçütleri Tablo 2.3.'te verilen basit deneyler, süreksizlik yüzeylerinden veya bu yüzeyleri temsil eden kaya malzemesi üzerinde yapılabilir. Bu deneylerde tahmin edilen dayanım tamamen göreceli olup, kaya malzemesini temsil eden el örneklerinde, çakı veya jeolog çekici darbeleriyle kayanın ufalanmasına veya kırılmasına göre zayıf, orta vb. gibi tanımlamalar esas alınmaktadır.

Tablo 2.3. Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 2007)

Tanım	Tanımlama ölçütü
Taze (bozunmamış)	Kayacın bozunduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yok
Rengi değişmiş	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral tayiniyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korunmakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozularak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılmalıdır.

#### 2.2.2.4. Süreksizlik Sıklığı

Süreksizlik ara uzaklığı veya süreksizlik aralığı kaya kütlelerinde birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik setindeki iki süreksizlik arasındaki dik mesafedir

(Ulusay ve Sönmez, 2002). Kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kaya kütlelerinde oluşan blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması nedeniyle kaya kütlelerinin en önemli özelliklerin biridir.

Süreksizlik ara uzaklığı, mostra yüzeyinde süreksizlik doğrultusuna dik yönde serilen bir şerit metre boyunca gözlenen süreksizliklerin sayılması ile belirleneceği gibi, sondaj karotlarında da tayin edilebilmektedir. Ölçüm hattı veya sondaj eksenini boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen uzaklık görünür ara uzaklık olarak bilinir. Bir süreksizlik setindeki süreksizliklerin bir birine paralel olduğu çok ender görüldüğü için gerçek aralık parametresi ölçüm hattının yöneliminden veya ölçümün yapıldığı mostranın konumundan etkilenmektedir. Bu nedenle süreksizlik sıklığının değerlendirilmesinde görünür aralık değerinin ölçülmesi uygulamada daha yaygın şekilde tercih edilmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2002). Bu çalışmada süreksizlik takımlarında görünür ara uzaklık değerlerinden yararlanarak gerçek ara uzaklık (iki süreksizlik arasındaki dik mesafe) değerlerini bulmak için aşağıdaki düzeltme yapılmıştır. Araziye alınan ölçümler sonucunda ortalama süreksizlik sıklığı (1 metredeki süreksizlik sayısı,  $\lambda$ ) aşağıdaki ifadelerden belirlenir.

$$\lambda = N/L \quad (2.3)$$

Burada, L: ölçüm hattını uzunluğu, N: ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır. Eşitlik 2.3 ve 2.4'te verilen parametreler istatistiksel analizlerle belirlenmedikleri için ancak genel değerlendirme amaçlı kullanılırlar. Priest ve Hudson (1976) süreksizlik sıklığının daha duyarlı bir şekilde belirlenmesi amacıyla istatistiksel dağılım modellerinden yararlanmışlar, süreksizlik ara uzaklığı parametrelerinin, istatistiksel dağılım modellerinden negatif eksponansiyel dağılıma en iyi uyduğunu belirlemişlerdir.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (2.4)$$

$f(x)$ : olasılık

$\lambda$ : ortalama süreksizlik sıklığı

x: aralık

Attewel ve Farmer (1976), Ulusay (1991), Gökçeoğlu (1997), Ulusay vd. (1998) kaya kütlelerinde yapmış oldukları değişik çalışmalarda zayıf kaya kütlelerinin içerdiği süreksizlik aralıklarının da negatif eksponansiyel dağılıma uygunluk gösterdiğini

belirlemişlerdir. Bu çalışmada tüm bu parametreler dikkate alınarak kaya kütleleri için süreksizlik ara uzaklığı parametresinin tanımlanması amacıyla ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri kullanılmıştır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 2007)

Aralık (mm)	Tanımlama
< 20	Çok dar ara uzaklıklı
20 – 60	Dar ara uzaklıklı
60 – 200	Yakın ara uzaklıklı
200 – 600	Orta derecede ara uzaklıklı
600 – 2000	Geniş ara uzaklıklı
2000 – 6000	Çok geniş ara uzaklıklı
> 6000	İleri derecede geniş ara uzaklıklı

Süreksizlik veya eklem sıklığı parametresine ait sınıflama aralıkları ve tanımları ise, eşdeğer ortalama süreksizlik aralıkları ile birlikte Tablo 2.5’te verilmiştir. Bu çizelge, daha çok sondaj karotları üzerinde yapılan değerlendirmelerde kullanılmaktadır (Golder Associates, 1979a).

Tablo 2.5. Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları (Golder Associates, 1979a).

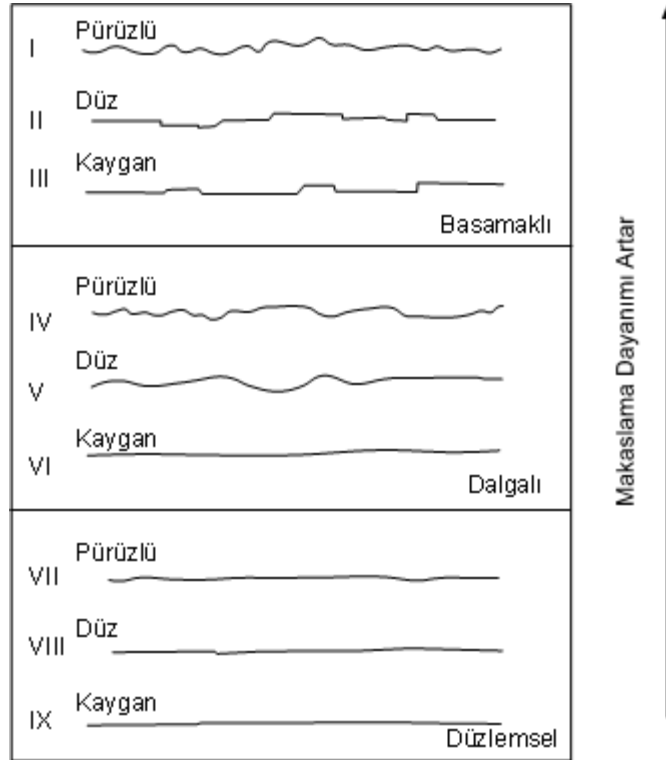
Sınıflama	Ortalama süreksizlik aralığı, $x'$ (m)	Ortalama süreksizlik sıklığı, $\lambda'$
Masif	$X' > 1$	<1
Az çatlaklı-kırıklı	$0.3 < x' < 1$	1-3
Kırıklı-çatlaklı	$0.1 < x' < 0.3$	3-10
Çok çatlaklı-kırıklı	$0.02 < x' < 0.1$	10-50
Parçalanmış	$x' < 0.002$	>50

### 2.2.2.5. Süreksizliklerin Yüzeylerinin Pürüzlülük ve Dalgahlığı

Pürüzlülük, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçütü olarak tanımlanabilir (ISRM, 2007). Bu özellik süreksizlik yüzeylerine ait makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar. Ancak süreksizlik açıklığı veya dolgu malzemesinin kalınlığının artmasıyla, pürüzlülüğün süreksizlik makaslama dayanımı üzerine etkisi de azalmaktadır. Süreksizlik pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik değişik yöntemler önerilmiştir (ISRM, 2007). Bunlar doğrusal profil alma yöntemi, pusula ve disk şeklindeki açı ölçerler ile yapılan ölçümler, mekanik profilometreler ve

kalitatif pürüzlülük tanımlamaları şeklinde sıralanabilir. Profilometreler, arazide veya laboratuvar ölçeğinde süreksizliklerin pürüzlülük profillerinin sayısallaştırılması amacıyla kullanılan mekanik gereçlerdir (Wissbach, 1978; Swan, 1981; Aydan vd., 1995). Arazi çalışmalarında kalitatif pürüzlülük tanımlamalarından yararlanılmıştır.

Kalitatif pürüzlülük tanımlamaları: Arazi çalışmalarında çoğu kez yukarıda belirtilen gereç ve yöntemlerin kullanılması, proje bütçesinin ve zamanın sınırlı olması nedeniyle mümkün olmayabilir. Bu durumlarda pürüzlülük, kalitatif tanımlama ölçütleri esas alınarak tanımlanır. Bu amaçla ISRM (2007) tarafından önerilen ölçüte göre süreksizlik yüzeyi üzerinde gözlem yapılarak, küçük (birkaç santimetre) ve orta ölçekte (birkaç metre) olmak üzere, Şekil 2.6'da verilen tipik pürüzlülük profilleri incelenen süreksizlik yüzeyi ile karşılaştırmak suretiyle pürüzlülük tanımlanır veya sınıflandırılır. Bu sınıflamaya göre profiller; basamaklı, dalgalı ve düzlemsel şeklinde üç orta ölçek grubuna ayrılmakta ve ayrıca her grupta küçük ölçek bazında pürüzlü, düz ve kaygan şeklinde bir sınıflama yapılmaktadır. Kaygan terimi, süreksizlik yüzeyinde bir makaslama yer değiştirmesinin meydana geldiğine dair parlak ve kaygan bir yüzeyin gözlenmesi koşulunda kullanılmaktadır.



Şekil 2.6. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri (ISRM 2007'den)

### 2.2.2.6. Basınçlı Su Deneyleri ile Geçirimsizliğin Belirlenmesi

Geçirimsizlik, kayaçların sıvı ve gazları iletme özelliğidir. Basınçlı su deneyleri genellikle kayaçlarda açılan araştırma sondajlarında yapılmaktadır. Deneyi ilk defa uygulayan Maurice Lugeon, geçirimsizlik birimini, 10 atm gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarı olarak belirlemiştir. Deneye başlamadan önce deney zonu, basınçsız su verilerek doldurulmakta ve suyun verilmeye başlamasından basıncın yükselmeye başladığı ana kadar giden su miktarı kaydedilmektedir. Deney sırasında uygulanan basınçlar kayacın özelliklerine göre değişmekte olup, bu konuda belirlenmiş bir standart olmamakla beraber 2, 4, 6, 8 ve 10 kg/cm<sup>2</sup>'lik basınç kademeleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Deney sırasında her basınç kademesinde 10 dakika beklenerek, su kaçakları beşer dakikalık aralarla kaydedilmektedir (Şekercioğlu, 2007).

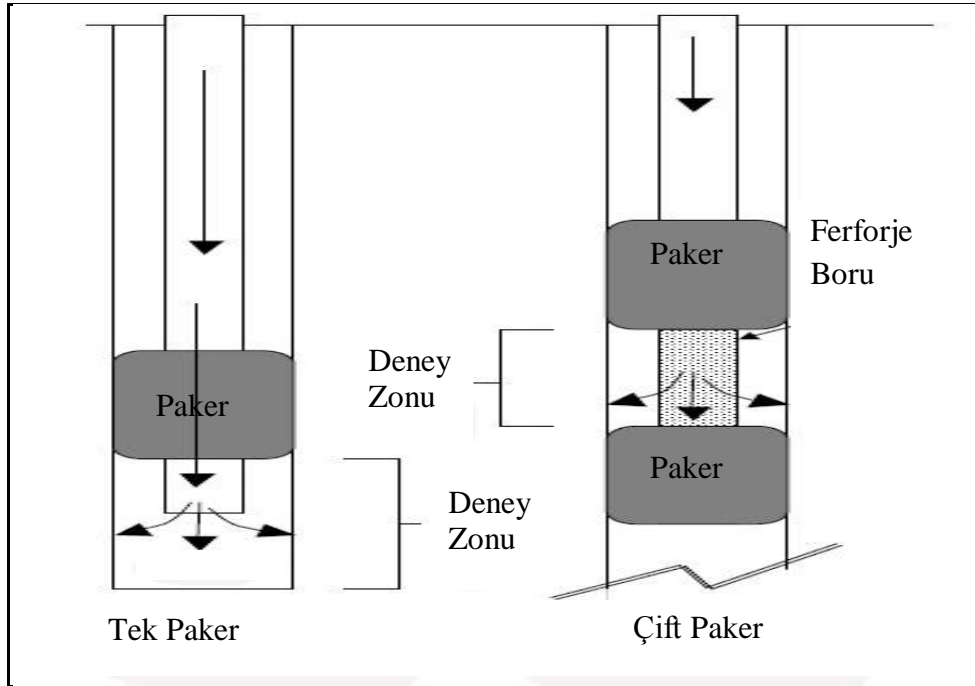
Deneyde uygulanacak kademe boyunun uzunlukları, kayacın fiziksel ve yapısal özelliklerine göre değişmektedir. Geçirimsiz ve üniform özellikli bir kayaçta, 5-10 m'lik kademeler uygulanabileceği gibi, çok geçirimsiz ve değişken özellikteki kayaçlarda, kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebilmektedir. Çok geçirimsiz ve su kaçaklarının değişim gösterdiği zonlarda ise, geri dönüşlü basınçların uygulanması gerekmektedir. Yamaç molozu ve alüvyonda basınçlı su deneyi yapılmaz (DSİ, 2011).

Basınçlı su deneyleri uygulamada tek paker ve çift paker yöntemleri olmak üzere iki ayrılır. Tek paker yöntemi zayıf özellikli ve göçebilen kayaçlarda uygulanır. Sondaj kuyusu 2-3 m derinleştirildikten sonra yeni delinen kısımda üst taraftan tıkaç tutturulmak suretiyle basınçlı su deneyi yapılır. Çift paker yöntemi ise iyi nitelikli ve sağlam kayaçlarda uygulanır. Sondaj deliği son derinliğe kadar delinir, basınçlı su deneyine delik tabanından başlanır. Deney yapılacak kademelerin alt ve üst seviyelerinden tıkaçlar tutturulur ve su basılarak deney yapılır. Her kademe yapılan deneyden sonra basınçlı su deneyi takımı kademe boyu kadar yukarı kaldırılıp sondaj deliğinin boydan boya deneyi tamamlanır (Şekercioğlu, 2007)(Şekil 2.7).

Bu çalışmada da ortamın kırıklı ve ayrılmış kayaçlardan oluşması nedeniyle tek paker yöntem uygulanarak basınçlı su deneyi yapılmıştır. Deney aralığı kayaçların içerdiği süreksizliklere bağlı olarak 0.5-5.00 m arasında değişebilir bu çalışma da deney aralığı 2 m olarak alınmıştır. Basınçlı su deneyinde paker, pakeri şişirmek için pompa ve hortum, manometre ve tahliye vanası kullanılır (Şekil 2.8).

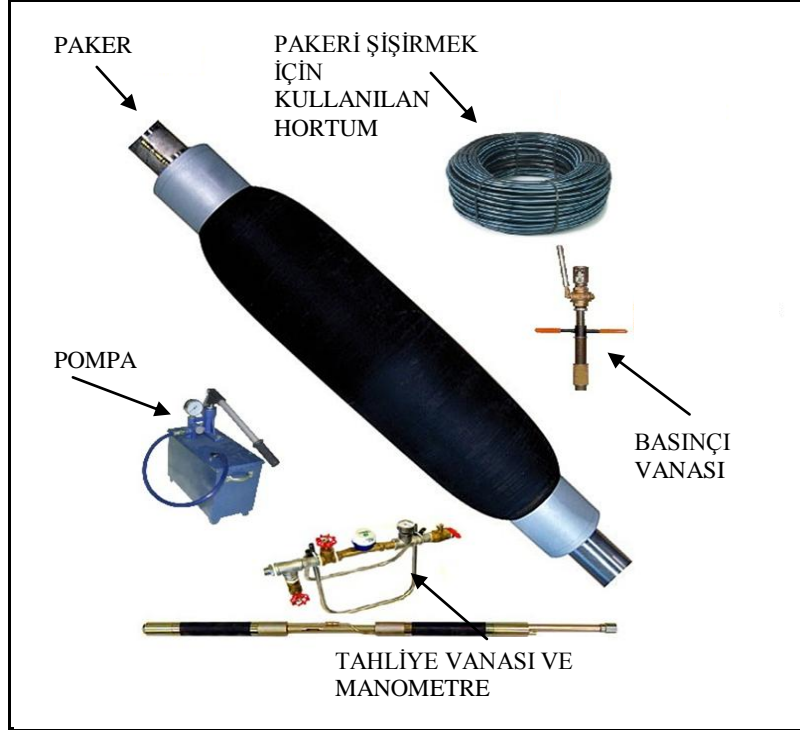
Deneyin yapılışı şöyledir; kullanılan pakere göre ilerleme yapılır çift paker kullanılır ise kuyu tamamen delindikten sonra deney yapılırken tek pakerin kullanıldığı durumda ise her 2 metrelik ilerlemeden sonra deney yapılır. Arazi çalışmalarında tek paker kullandığımızdan dolayı 2 metrede bir deneyi gerçekleştirmiştir. Kuyuda 2 metrelik ilerleme yapıldıktan sonra sondaj takımı kuyudan çıkarılır, çıkarılan sondaj takımının ucuna paker yerleştirilir. Sondaj takımının ucuna yerleştirilen paker deney yapılacak derinliğe indirildikten sonra bir pompa yardımı ile paker şişirilir şişen paker kuyu cidarına yapışır ve böylece kuyu cidarından yukarıya doğru su gelişini engellemiş olur. Paker şişirildikten sonra yüksek basınçlı pompalar ile kuyuya su basılır. Pompadan kuyudaki pakere giden su hattında bir manometre bulunmaktadır. Bu manometre bize kuyuya basılan suyun basıncını gösterir. Manometrenin yanında birde tahliye vanası vardır bu vana sayesinde istediğimiz basınçta kuyuya su basabiliriz. Basıncı ayarladıktan sonra kuyuya 10 dakika süre ile sabit basınçta su basılır. Deney kademeli bir şekilde yapılır ve her basınç değeri için ayrı ayrı kuyuya basılan su miktarları tespit edilir (Şekil 2.9 ve Şekil 2.10).

Daha sonra elde edilen su miktarları sayesinde kuyunun Lugeon değeri hesaplanır. Karotların sağlam olduğu zonlarda su kaçağı fazla ise paker tutmamıştır. Su kaçaklarının çok fazla olduğu yani basıncın yükselmediği zonlarda Lugeon değeri sonsuz kabul edilir.

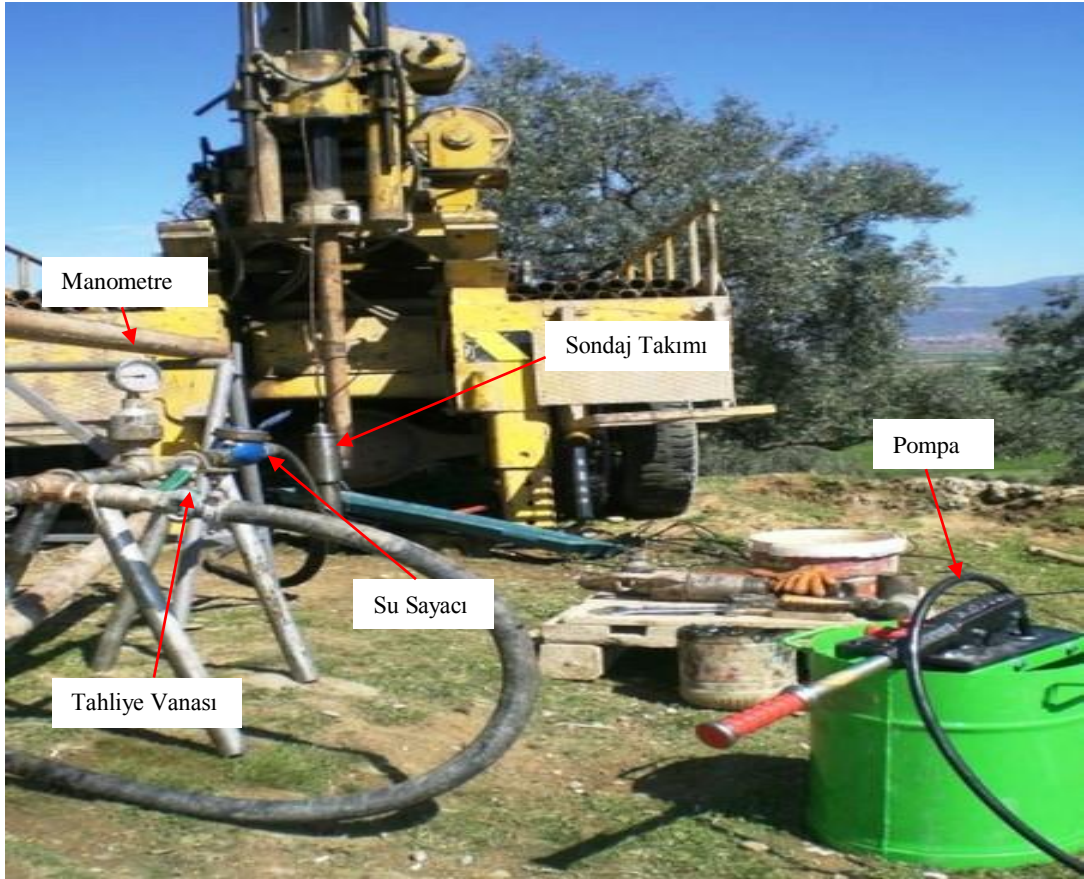


Şekil 2.7. Tek paker ve çift paker yöntemi





Şekil 2.8. Basınçlı su deneyinde kullanılan araçlar



Şekil 2.9. Arazide basınçlı su deneyinin yapılışı

Basıncılı su deneyi sonucunda elde edilen veriler lugeon ve USBR tarafından verilen yöntemler kullanılarak kayacın geçirgenlik katsayısı hesaplanabilir. Bu çalışmada lugeon tarafından verilen yöntemle hesaplamalar yapılmıştır. Lugeon yöntemi ampirik ve grafik yöntem olmak üzere ikiye ayrılır.

Ampirik yöntem ile lugeon değerinin bulunması:

$$K=0,366 \frac{Q * \log \frac{R}{r}}{A * H} \quad (2.5)$$

Q: Deney kademesine pompalanan su miktarı (m<sup>3</sup>/sn)

R: Etki yarıçapı (Tesir yarıçapı (m)) uygulamada 225 olarak alınır

r: Deney aralığında kuyu yarıçapı (m)

A: Deney kademesinin uzunluğu (m)

H: Deney kademesine uygulanan gerçek basınç (m) (Peff\*10)

K: Kayanın geçirgenlik katsayısı (m/sn)

1atm: 1kg/cm<sup>2</sup> =10 metre yüksekliğindeki su yükü

Grafik yöntem ile lugeon değerinin bulunması:

Bu çalışmada grafik yöntem kullanılmıştır. Grafik yöntemde deney yapılan zondaki emilme katsayıları ve gerçek basınçların bilinmesi gerekir.

$$K_e = \frac{Q}{A * t} \quad (2.6)$$

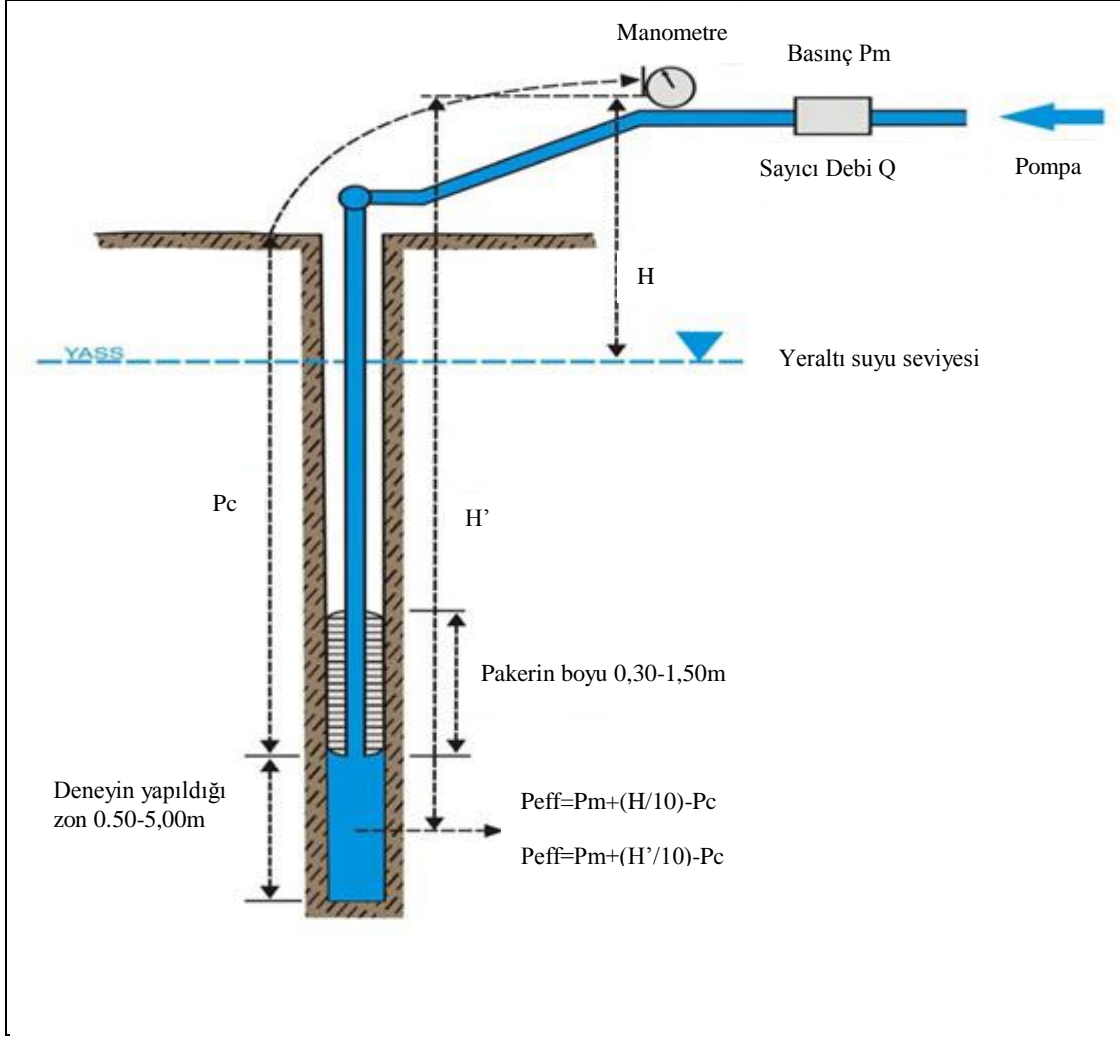
Ke: Emilme katsayısı (lt/m/dk)

Q: Deney kademesine verilen su miktarı (litre)

A:Deney kademesi uzunluğu (m)

t: Deney süresi (dk)

Lugeon yöntemlerinde kullanılan basınçlar gerçek basınçlardır. Gerçek basınçlar hesaplanırken kuyunun eğimi, yeraltı suyu seviyesi, tij ve manşonlardaki yük kayıpları dikkate alınır.



Şekil 2.10.Lugeon deneyinin yapılışı (Şekercioğlu,2007).

Lugeon biriminin hesaplanmasında gerçek basıncı ( $P_{eff}$ ) bulabilmek için manometrede okunan basınca ( $P_m$ ) yeraltı su tablası üzerindeki statik yük ( $H/10$ ) eklenip, elde edilen değerden, deney kademesi üst kotu ile manometre kotu arasındaki yük kaybı ( $P_c$ ) çıkarılarak sonuca ulaşılmaktadır.

$$P_{eff} = P_m + (H \text{ veya } H'/10) - P_c \quad (2.7)$$

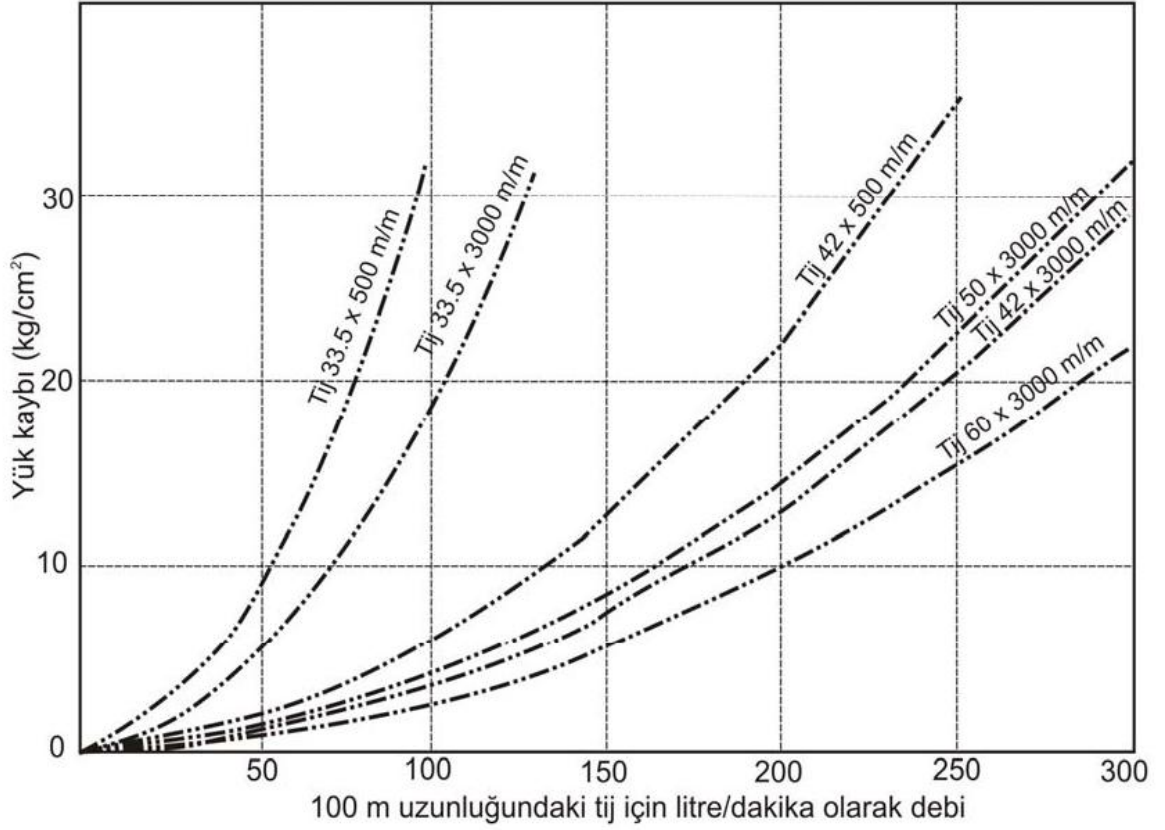
$P_{eff}$ : Deney zonundaki gerçek basınç ( $kg/cm^2$ )

$P_m$ : Manometrede okunan basınç ( $kg/cm^2$ )

$H$ : Yeraltı suyundan manometreye kadar olan mesafe

$H'$ : Yeraltı suyu olmaması durumunda deney zonunun ortasından manometreye kadar olan düşey uzaklık (m)

Pc: Manometre ile deney zonu başlangıcı arasındaki tıjlerde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (Şekil 2.11 ).



Şekil 2.11. Tıj ve manşonlardaki yük kaybını gösteren abak (Şekercioğlu,2007).

Lugeon deneyi, düşey, eğik ve yatay yönde açılan sondajlarda uygulanabilmektedir (Şekil 2.12 ).

Düşey kuyularda gerçek basınç:

$$\text{Deney yeraltı suyu seviyesi altında yapılıyorsa: } P_{eff} = P_m + (H/10) - P_c \quad (2.8)$$

$$\text{Deney yeraltı suyu seviyesi üstünde yapılıyorsa: } P_{eff} = P_m + (H'/10) - P_c \quad (2.9)$$

Eğik kuyularda gerçek basınç:

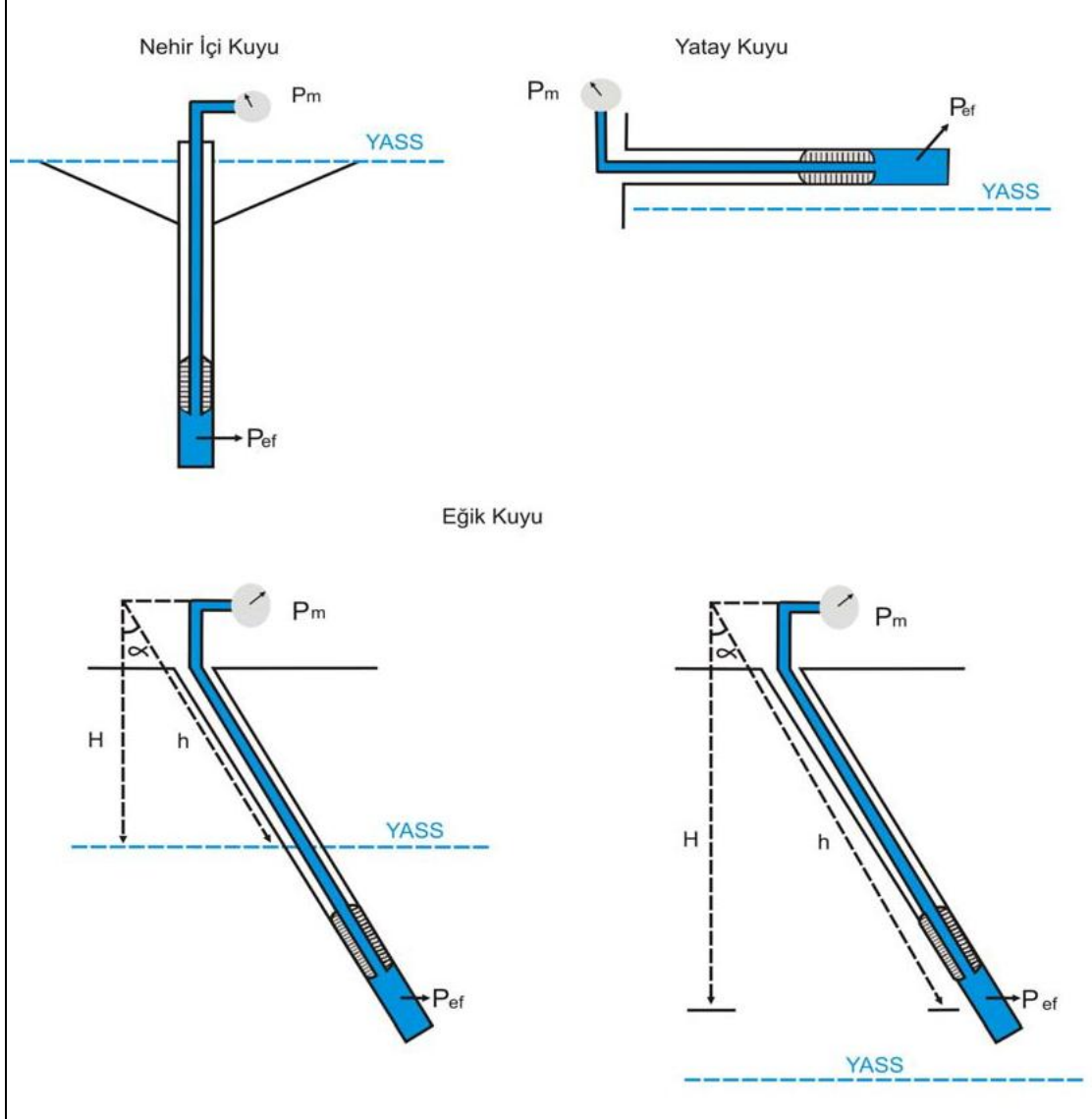
Eğik kuyularda H, kuyu başındaki manometreden deney yapılan kademenin ortasına kadar olan uzaklığın (H') veya ölçülebilmesi durumunda, yeraltı suyu tablasına kadar olan uzaklığın (H) kuyunun eğim açısının ( $\alpha$ ) kosinüsü ile çarpılmasıyla bulunmaktadır.

$$P_{eff} = P_m + [(\cos\alpha \times H')/10] - P_c \quad (2.10)$$

Yatay kuyularda gerçek basınç:

$$Yatay\ kuyularda\ H=0\ olduğundan,\ P_{eff} = P_m - P_c \quad (2.11)$$

Şeklindedir.



Şekil 2.12. Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması (Şekercioğlu, 2007)

Deney yapıldıktan sonra değerler, geçirimsizlik deneyi formuna işlenerek, her deney zonu için Lugeon eğrileri çizilmektedir (Şekil 2.18). Bu eğri üzerinde, 10 atmosfer gerçek basınca karşılık gelen emilme katsayısı (1 metrede 1 dakikada litre olarak emilen su miktarı), deney zonunun Lugeon birimi olarak geçirimsizliğidir.

Çeşitli nedenlerle, deney sırasında 10 atmosfer basınç uygulanamaması durumunda deney sonuçları şu şekilde değerlendirilmektedir:

$$LU = (Q \times 10)/(P \times L) \quad (2.12)$$

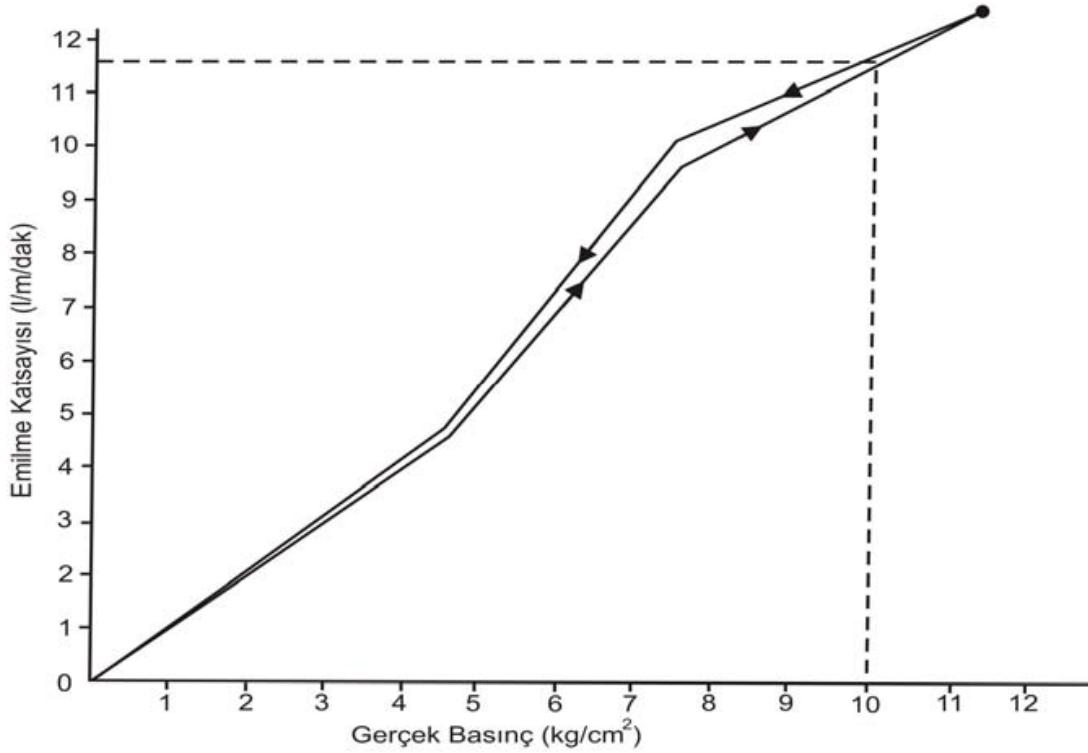
LU : Lugeon ( lt/dak/m )

Q : Kuyuya verilen su miktarı (lt/dak )

P : Uygulanan gerçek basınç ( kg/cm<sup>2</sup> )

L : Kademe boyu (m)

Basınç-emilme katsayısı grafiğinde, uygulanan basınçlara göre elde edilen doğru lineer olarak uzatılarak, kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınca karşılık gelen Emilme katsayısı Lugeon birimi olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.13 ).



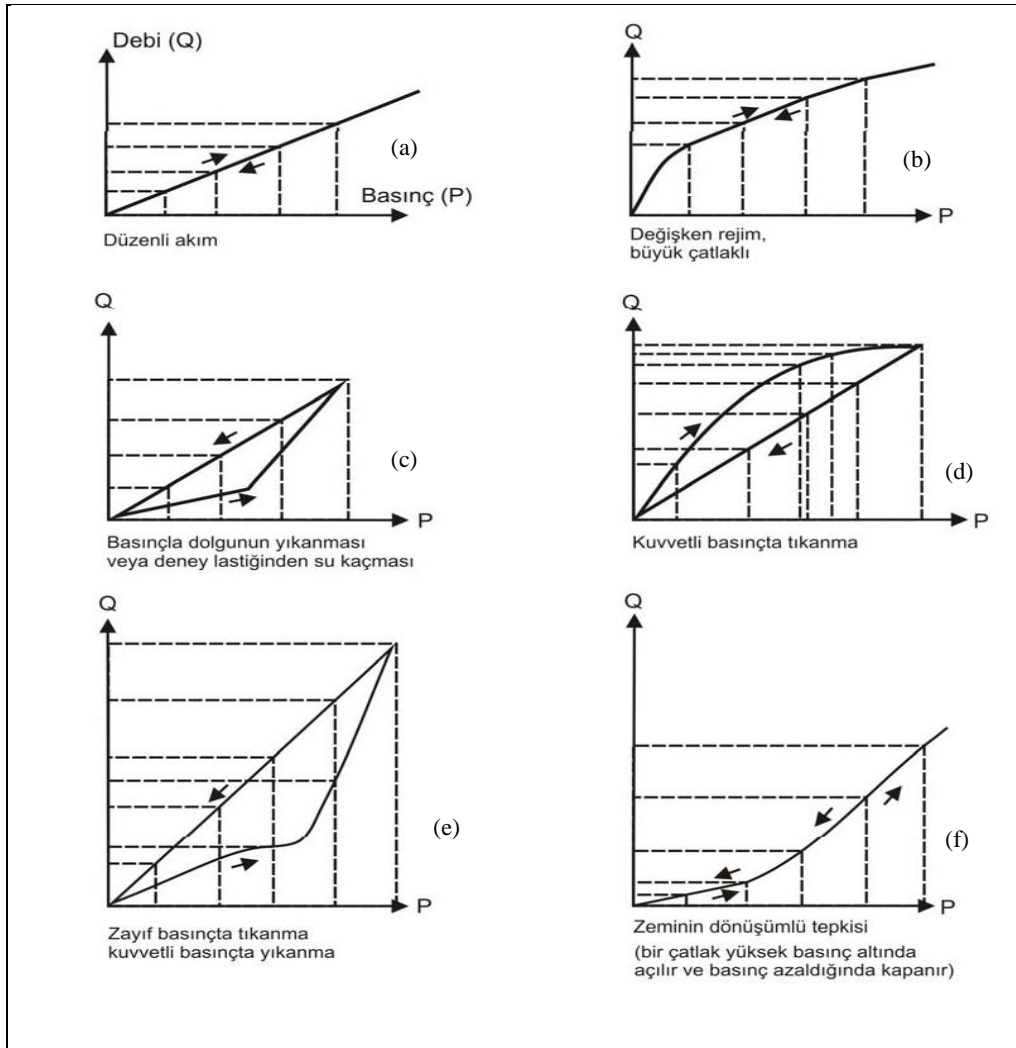
Şekil 2.13. Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu, 2007)

Genel bir deney işleminde, deney zonuna önce artan, sonra azalan basınçlar uygulanarak her deney kademesinde oluşan kaçak miktarı ölçüldükten sonra, elde edilen değerlere göre kayaların geçirimsizliği, Tablo 2.6'daki sınıflamaya göre belirlenmektedir.

Tablo 2.6. Kayaçların Lugeon birimine göre geçirimsizlik sınıflaması (Lugeon,1933)

Lugeon Birimi (lt/m/dak) (1 Lugeon= $10^{-5}$ cm/sn)	Kaya Sınıfı
1 Lugeondan az	Geçirimsiz
1-5 Lugeon	Az Geçirimli
5-25 Lugeon	Geçirimli
25 Lugeondan çok	Çok geçirimli

Lugeon basınçlı su deneyinde, basınç ve debiye bağlı olarak çizilen kümülatif eğrilerin yorumlanmasında, Henry Cambefort'un çizdiği bazı eğri tiplerinden yararlanılarak kayacın geçirimsizliği ve boşlukların özellikleri ortaya koyulmaktadır (Şekercioğlu, 2007) (Şekil 2.14 ).

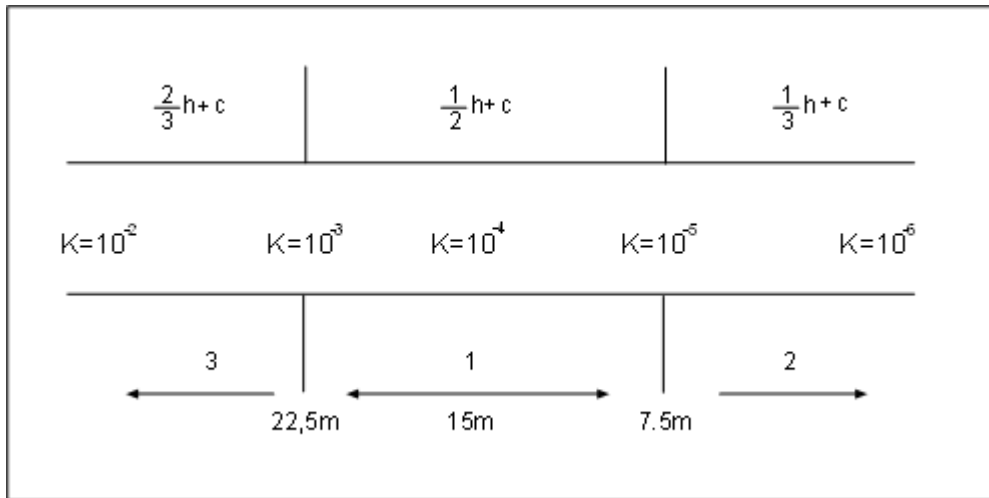


Şekil 2.14. Lugeon kümülatif eğrilerinin yorumlanması (Şekercioğlu, 2007)

- a- Laminer akım, çatlaklarda tıkanma ve temizlenme yok.
- b- Türbülanslı rejim, muhtemelen büyük bir çatlakın varlığını gösterir.
- c- Basınçla çatlaklardaki dolgu malzemesinin yıkanması veya deney lastiğinden su kaçağı.
- d- kuvvetli basınçla çatlakların tıkanması ‘‘ doldurulması’’ (kaçak miktarında azalma olması).
- e- Düşük basınçla çatlakların tıkanması, yüksek basınçla çatlakların temizlenmesi
- f- Zeminin dönüşümlü tepkisi (Bir çatlak yüksek basınç altında açılır ve basınç azaldığında kapanır).

### 2.2.2.7. Geçirimsiz Perde Derinliğinin Hesaplanması

Geçirimli özellikteki birimlerin alttaki geçirimsiz birimlere bağlayacak şekilde bir perde enjeksiyonu yapılması en çok istenen ve olumlu sonuç alınan bir yöntemdir. Ancak çoğu zaman altta geçirimsiz bir birim bulunmaz. Böyle durumlarda geçirimli veya yarı geçirimli özellikteki birimler içinde sızma boyunu uzatmak amacıyla askıda kalacak bir geçirimsizlik perdesi oluşturulur. Askıda kalacak enjeksiyon perdelerinin derinliklerini belirleyecek ampirik bir yöntem bulunmaktadır. Bu ampirik yöntem USBR ( United States, Breuau of Reclamation) tarafından önerilmiştir. Bu yöntem enjeksiyon perdesinin derinliğini kayacın geçirimliliğine ve barajın yüksekliğine bağlı olarak verir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Enjeksiyon perdesinin derinliğinin hesaplanması (Şekercioğlu, 2007)



$$1 \text{ numaralı bölgede: } h'=(h/2)+c \quad (2.13)$$

$$2 \text{ numaralı bölgede: } h'=(h/3)+c \quad (2.14)$$

$$3 \text{ numaralı bölgede: } h'=(2h/3)+c \quad (2.15)$$

$h'$ = Enjeksiyon perdesinin derinliği (m)

$h$ = Delik üst kotu ile barajın maksimum su kotu arasındaki düşey uzaklık (m)

$K$ = Geçirimsizlik katsayısı (cm/s)

$C$ = Kayacın geçirimsizliğine göre değişen katsayı (Örneğin bir numaralı bölgede 7,5-22,5m arasında değişir.)

### 2.3. Büro Çalışmaları

Ofis çalışmaları kapsamında literatür çalışmaları ve arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında 1/12500 ve 1/500 ölçekli jeolojik haritalar ve kesitler, kuyu logları, çeşitli tablo ve pasta diyagramlar, 1/500 Ölçekli geçirimsizlik boy kesiti ve gölet eksenini perde, kapak enjeksiyonu haritası ve tez hazırlanmıştır. Sk-1 nolu kuyuya ait kuyu logu, karot fotoğrafları ve Lugeon değerlerinin program yardımıyla hesaplanmış şekli eklerde verilmiştir (Ek 1, Ek 2 ve Ek 3).

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Bölgesel Jeoloji**

Çalışma alanı Doğu Pontidlerin güney zonunda yer almaktadır. Çalışma alanında ve çevresinde farklı ortam koşullarını yansıtan, birbirleri ile tektonik-stratigrafik ilişkili dört temel birim bulunmaktadır. Bunlar kuzeyden güneye doğru Kelkit-Görelî Otoktonu, Çimen Dağı Napı, Erzincan Napı ve Munzur Kireçtaşı'dır. Kelkit Otoktonunun temelini, Gümüşhane granitleri içine yerleştikleri yeşilistlerle beraber oluşturmaktadır. Bu temelin üzerine Liyas kırıntıları transgresif olarak gelir. Liyas kayaları dereceli olarak Üst Jura-Alt Kretase yaşlı platform türü karbonatlara geçer. Otoktonun bu kesimi duraylı bir kıta kenarını temsil etmektedir. Geç Kretase-Paleosen volkano-tortulları ise Jura-Erken Kretase kayalarının üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Çimen Dağı Napı'nda en alt düzeyi, Tokat metamorfite ve kısmen Karbonifer-Permiyen yaşlı volkano-tortullar oluşturur. Bu temelin üzerine Jura-Erken Kretase yaşlı kıta yamacını temsil eden heterojen bir kaya türü topluluğu açısız uyumsuzlukla gelmektedir (Yılmaz, 1985).

Erzincan Napı ise Üst Kretase-Paleosen yaşlı yitim karmaşığını ve ürünlerini temsil etmektedir. İnceleme alanını güneyinde yer alan Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşı da genellikle platform türü karbonatlardan oluşmaktadır. Çimen Dağı Napı, kuzeyde Kelkit Otoktonu, güneyde Erzincan Napı üzerinde, Erzincan Napı da daha güneydeki Munzur Kireçtaşı üzerinde yer almaktadır. Bu tektonik birimler, Jura-Alt Kretase sırasında açılmakta olan havzanın, Üst Kretase-Paleosen evresinde yitimine bağılı olarak yan yana gelmişlerdir. Eosen ve daha genç kaya türleri, tektonik birimlerin üzerine açısız uyumsuzlukla gelmekte ve gereçleri genellikle ofiyolitlerden türemiş olistostromlar kapsamaktadır (Yılmaz, 1985).

Kuzey Anadolu Fay Zonu, çalışma alanının yaklaşık güneyinden geçmektedir. Çalışma alanı ve çevresinde Erzincan Napı ve Çimen Dağı Napı içerisinde bulunan formasyonlar ve karmaşıklar bulunmaktadır.

### 3.2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi

Çalışma sahası ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Jura-Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu, Orta Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Yeniköy Formasyonu, Üst Kretase – Paleosen yaşlı ve Karayaprak karışığı, Eosen yaşlı Akıncılar Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon bulunmaktadır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

#### 3.2.1. Hamurkesen Formasyonu(Jih)

Çalışma sahasının güneyinde yüzeyleyen birim Ağar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonun olarak adlandırılmıştır. Formasyon Yer yer dasit, andezit, diyabaz, bazalt gibi kayalarla kesilmiş olan formasyon; tñf, tñfit, volkanik breş, aglomera, kumtaşı, konglomera ve siltaşından oluşmuştur. Formasyon yer yer konglomera, kumtaşı, aglomera, tñf, tñfit, siltaşı şeklinde düzenli bir istif sunar. Yer yer de düzensiz istiflenme sunmaktadır. Pulur metamorfiteğini uyumsuz olarak örten Hamurkesen Formasyonun yaşı Liyas-Alt Dogger'dir. Kalınlığı çok değişken olmakla beraber 1500 m olarak ölçülmüştür.

#### 3.2.2. Yeniköy Formasyonu (Jky)

Çalışma sahası kuzeyi ve batısında çok geniş bir alanda yüzeyleyen, kireçtaşından oluşan birim Yılmaz vd., (1985) tarafından isimlendirilmiştir. Birim Tarhan (2008) tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli Erzincan İ42 jeoloji haritasındaki Horbizikyayla Formasyonu Yeniköy formasyonunu oluşturan karbonatlı kayalar bölgenin tektonizmasından oldukça etkilenmiş, kırıklı kıvrımlı bir yapı kazanmışlardır. Birim arazide orta kalın tabakalar sunmaktadır. Yılmaz ve diğerleri (1985) Yeniköy Formasyonunun Liyas yaşlı kesiminin genellikle kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve yer yer kırıntılı kayalardan; Dogger-Malm yaşlı kesiminin ise breşik kireçtaşı, kırıntılı kayalar ve orta-kalın tabakalı kireçtaşlarından (tanetaşı, istiftaşı, vaketaşı) oluştuğunu belirtmiştir. Alt Kretase yaşlı kesimlerin yastık yapılı volkanitler, çört yumrulu, radyolaritli kireçtaşları ile kırıntılı kayaları kapsadığı belirtilmektedir. En üstte ise oolitli, demiroksitli kireçtaşları ile resifal kireçtaşları yer almaktadır (Öztemur, 2007). Birimin yaşı içerdiği makro fosillerden elde edilen sonuçlar ışığında Dogger-Malm-AltKretase olarak belirlenmiştir (Öztemur,

2007). Birim çalışma sahası tabanında görülen Karayaprak karışığı üzerine Çimendağ Nap sistemi ile tektonik olarak yerleşmiştir.

### **3.2.3. Karayaprak Karışığı (Jkek)**

Çalışma sahasının temel kayasını oluşturan birim Yılmaz vd. (1985) tarafından Karayaprak Karışığı olarak isimlendirilmiştir. Karayaprak Karışığı genellikle yastık yapılı volkanitler, tüf, aglomera, andezit, kireçtaşı ve olistostromal gereçler, ince taneli kırıntılı kayalardan ve diğer birimlerden türemiş blokları kapsayan, arazide açık koyu yeşil, koyu gri, boz, açık-koyu kahverengimsi, kızılımsı, kırmızımsı renklerde görülen heterojen bir topluluktur. Karışığı oluşturan kayaların ilksel konumları korunmamıştır. Tektonik etkilerle Karışığı oluşturan kayalarda yer yer de olsa şistozite düzlemleri gelişmiştir. Çalışma sahası temel kayasını oluşturan Karayaprak Karışığı Eosen yaşlı Akıncılar Formasyonu ile açısız uyumsuz, Orta Üst Jura – Alt Kretase yaşlı Yeniköy Formasyonu ile ise tektonik olarak örtülmüştür. Birimin yaşı Üst Kretase – Paleosen olarak belirlenmiştir

### **3.2.4. Akıncılar Formasyonu (Ea)**

İnceleme alanında Tokat grubu metamorfite ile ofiyolitli karışık ve karmaşıktan oluşan litolojiler üzerine açısız uyumsuzlukla gelen konglomera, kumtaşı, kıltaşı, marn araldanmasından oluşan tortul kayalar ilk defa Yılmaz ve diğerleri (1985) tarafından Akıncılar formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Akıncılar Formasyonu inceleme alanının orta ve doğu kesiminde, Bindal, Akdağ, Yeniyol, Aydoğdu, Öğütlü, Balıklı, Örenbel, ve Balkaya köyleri arasındaki çok geniş bir sahada yüzeylenmektedir. Birim arazide grimsi, sarımsı, açık yeşilimsi ve açık mavimsi (marn) renklerinde görülmektedir. Birim taban konglomerası ile başlamaktadır. Konglomera; kum boyutundan çakıl-blok boyutuna kadar değişen aralıkta tane boyuna sahip, çok iyi yuvarlaklaşmıştan çok köşeliye kadar değişen özellikte ofiyolitik, metamorfik, volkanik ve sedimenter kökenli birçok malzemenin kum boyutundaki matriks ile iyi tutturulmasından oluşmuştur.

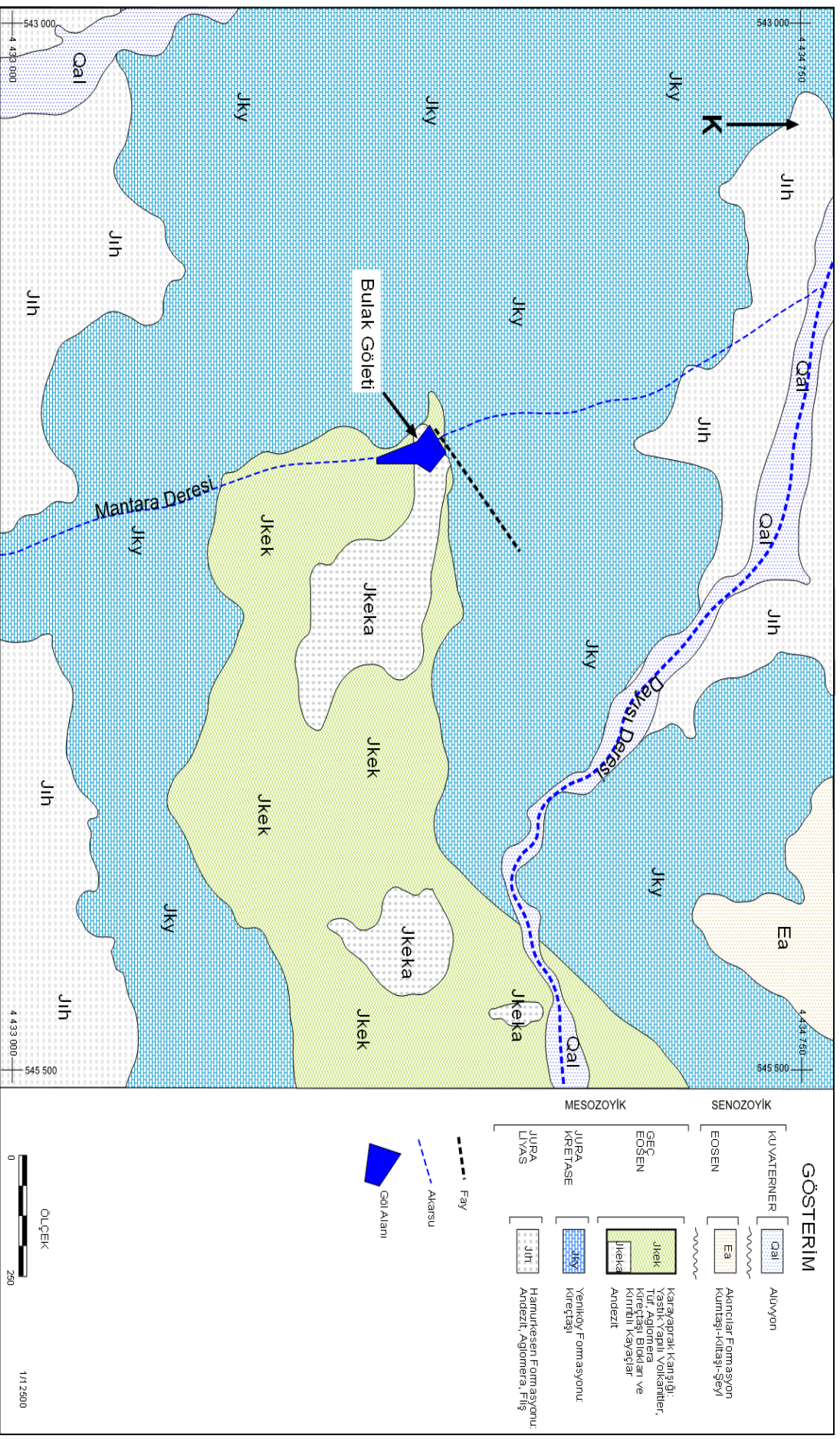
Akıncılar Formasyonu içerisindeki kumtaşlarının bazı kesimlerde çamurtaşları ile yer yer cm boyutunda araldanma gösterdiği, araldanmalar sırasında çok iyi derecelenmiş, homojen tane boyuna sahip kumtaşı tabakaları da oluşturmuştur. Bazı kesimlerde ise çok

iyi derecede yuvarlaklaşmış, küresel ve elipsoidal şekilli kireçtaşı ve kuvars taneleri içermektedir. Ayrıca daha yaşlı volkanik ve metamorfik kayalara ait blok ve parçacıklar da bulunmaktadır. Bu parçalar sedimantasyonun hızlı bir evresinde havzaya taşınarak kumtaşları içerisinde depolanmışlardır. Bu blokların etrafı çamur ve kumdan oluşan bir matriks ile çevrili olup kırıklı ve altere zonlarda kumtaşları içerisinden kolayca ayrılabilir.

Akıncılar Formasyonu içerisindeki çamurtaşlarında faylanmalara bağlı oluşan çatlaklarda, faylanma düzlemine paralel, ikincil çamurtaşı-kumtaşı dolguları oluşmuştur. Arazide formasyonun alterasyon sonucu genellikle kumtaşı seviyelerinin iyi olarak korunduğu görülmektedir. Birimin 700 m'den daha kalın olduğu belirlenmiştir (Öztemur, 2007). Akıncılar Formasyonu Tarhan vd., 1991a tarafından ilk kez adlandırılan Navru Formasyonu ile eşdeğerdir. Birimin yaşı Orta Eosen olarak belirlenmiştir.

### **3.2.5. Alüvyonlar**

Bölgenin kuzey ve güneyinde bulunan dere ve çayların ova ile birleştiği yerlerde geniş alanlarda yüzeyleyirler. Birim çoğunlukla çakıl ve kum, az olarak da silt ve çamur yığılmasından oluşmuş olup yanal yönde yamaç molozuna geçmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresinin 1/12500 ölçekli jeolojik haritası

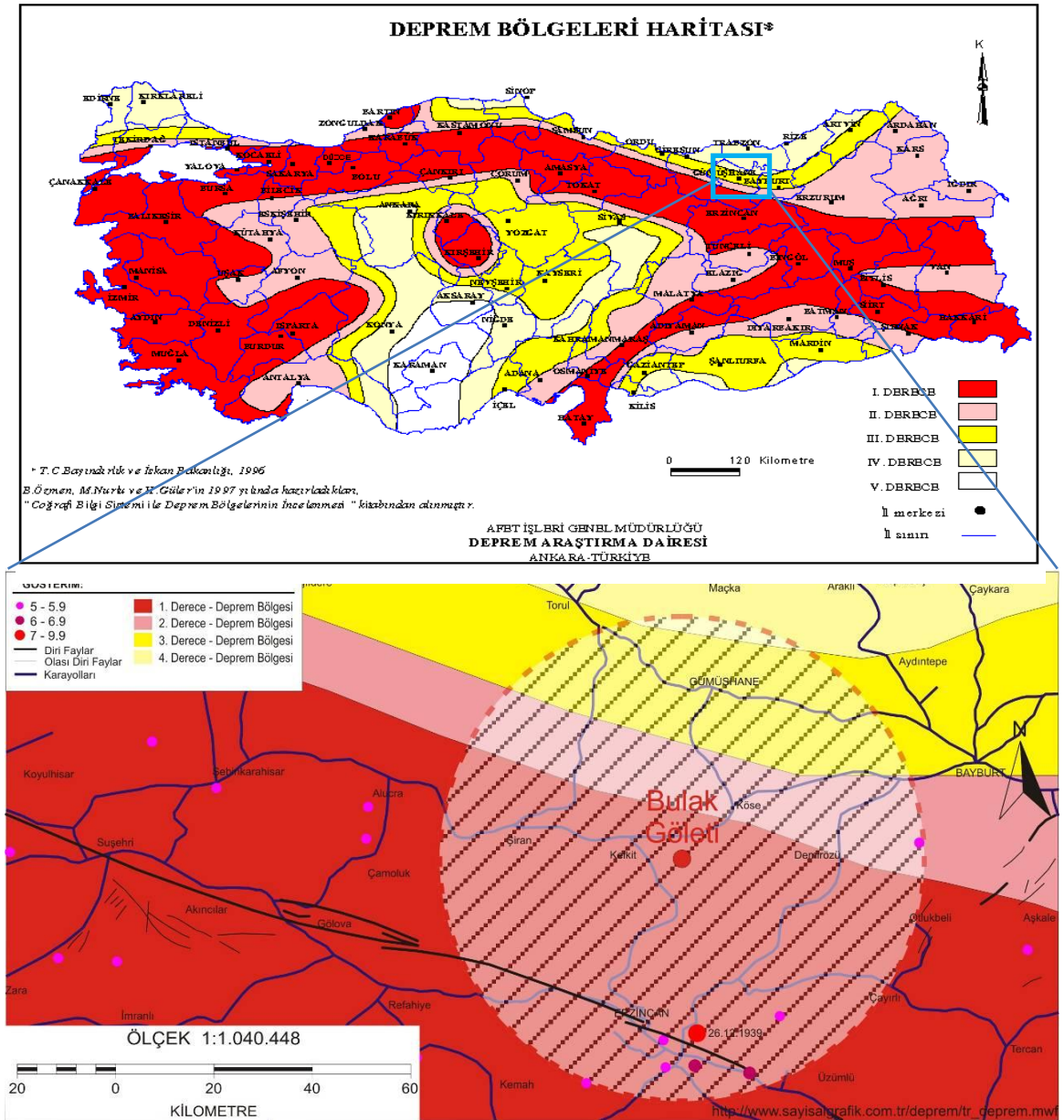
ZAMAN	NAP	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Kuvaterner				Alüvyon ve Yamaç Molozu
Orta-Üst Jura Alt Kretase	ÇİMENDAĞ NAPI	Yeniköy Form.		Ağısal Uyumsuzluk Ammonit ve mercan fosilleri içeren çört yumrulu kireçtaşı
Orta-Üst Eosen		Akıncılar Form.		Tektonik Uyumsuzluk Nummulites fosilleri içeren kumtaşı, çamurtaşı, kilitaşı, main ardalanması
Üst Kretase-Paleosen	ERZİNCAN NAPI	Karayaprak Karışığı		Ağısal Uyumsuzluk Mam (Gökbayır Üyesi) Çakıltaş
				Yer yer kumlu, killi kireçtaşı
				Yastık yapılı volkanitler, tuf, aglomera, Jura-Kretase kireçtaşı, radyolarit ve metamorfik bloklar
Liyas-Alt Dogger		Hamurkesen Formasyonu		Tektonik Uyumsuzluk Dazit, Andezit, Diyabaz, Bazalt

Ölçeksiz

Şekil 3.2. Bölge ve çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti  
( Yılmaz vd., 1985, Öztemur, 2007' den değiştirilerek çizilmiştir)

### 3.3. Deprem Durumu

Çalışma sahası Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan deprem bölgeleri haritasına göre; 1. Derece Deprem bölgesi sınırı içinde kalmaktadır (Şekil 3.3). Gölet yeri ve sulama sahası Kuzey Anadolu Fay hattının kuzeyinde yer almaktadır. Proje alanı ve çevresinin diri fay haritası şekil 3.3'te verilmiştir. Bu faylarda proje alanı ve civarında da etkili olmuş şiddetli depremler olmuştur. Çalışma alanını da kapsayan bölgede ilgili kurumlar tarafından birçok deprem kaydedilmiştir.



Şekil 3.3. Proje alanının 1/1000000 Ölçekli deprem durumu haritası



### 3.4. Çalışma Alanı ve Çevresinin Mühendislik Jeolojisi

#### 3.4.1. Giriş

Çalışma alanında ve çevresinde, Geç Kretase – Paleosen yaşlı Karayaprak Karışığı, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon bulunmaktadır (Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ). Çalışma sahası temel kayasını oluşturan Karayaprak karışığı Yılmaz vd. (1985) tarafından isimlendirilmiştir. Karayaprak karışığı genellikle yastık debili volkanitler, tuf, aglomera, andezit, kireçtaşı ve olistostromal gereçler, ince taneli kırıntılı kayalardan ve diğer birimlerden türemiş blokları kapsayan, arazide açık koyu yeşil, koyu gri, boz, açık-koyu kahverengimsi, kızılımsı, kırmızımsı renklerde görülen heterojen topluluktur.

Karışığı oluşturan kayaların ilksel konumları korunmamıştır. Tektonik etkilerle karışığı oluşturan kayalarda yer yer de olsa şistozite düzlemleri gelişmiştir. Karayaprak Karışığı çalışma sahası temel kayasını oluşturan Eosen yaşlı Akıncılar Formasyonu ile açısal uyumsuz, Orta Üst Jura – Geç Kretase yaşlı Yeniköy Formasyonu ile ise tektonik olarak örtülmüştür. Birimin yaşı Üst Kretase – Paleosen olarak belirlenmiştir (Yılmaz vd., 1985).

Kil çekirdekli kaya dolgu gövde tipinde planlanan Bulak Göleti Üst Kretase – Paleosen yaşlı Karayaprak Karışığı üzerine inşa edilecektir. Karayaprak Karışığındaki birimler andezit, kireçtaşı, tuf, marn ve silisli kil taşından oluşmaktadır (Şekil 3.4).

Bu birimler, kahvemsî-sarı renklerde olup karmaşık bir litoloji göstermektedir. Orta-çok ayrılmış, yer yer az ayrılmış, sağlam ve yer yer de çok ayrılmış killeşmiş seviyeler mevcuttur. Yersel olarak dayanımlı seviyelerin yanı sıra tamamen ayrılmış seviyeler bulunmaktadır. Bu yoğun ayrışma nedeniyle kayaç ilksel özelliğini kaybetmiştir. Gölet ve yardımcı yapılar için yapılan temel araştırma sondajlarında RQD değerleri genel olarak çok düşüktür. Özellikle sol sahil sondajlarının ilerlemesi sırasında yer yer çakıl ve kum boyutunda numuneler alınabilmektedir.

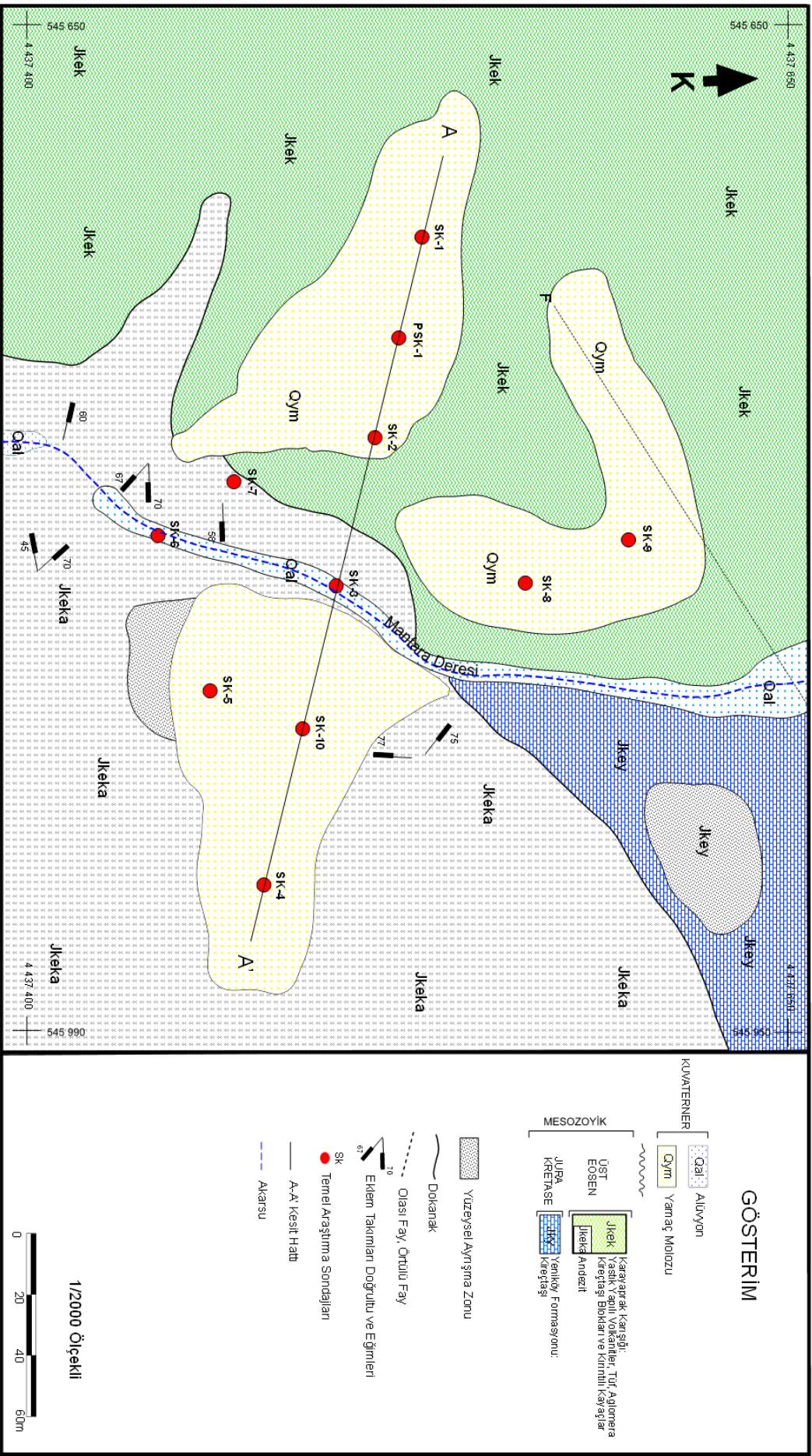


Şekil 3.4. Gölet yeri sol sahilde Sk-1 nolu temel araştırma sondaj kuyusu yakınlarında yüzeylenen Karayaprak Karışığı mostrası

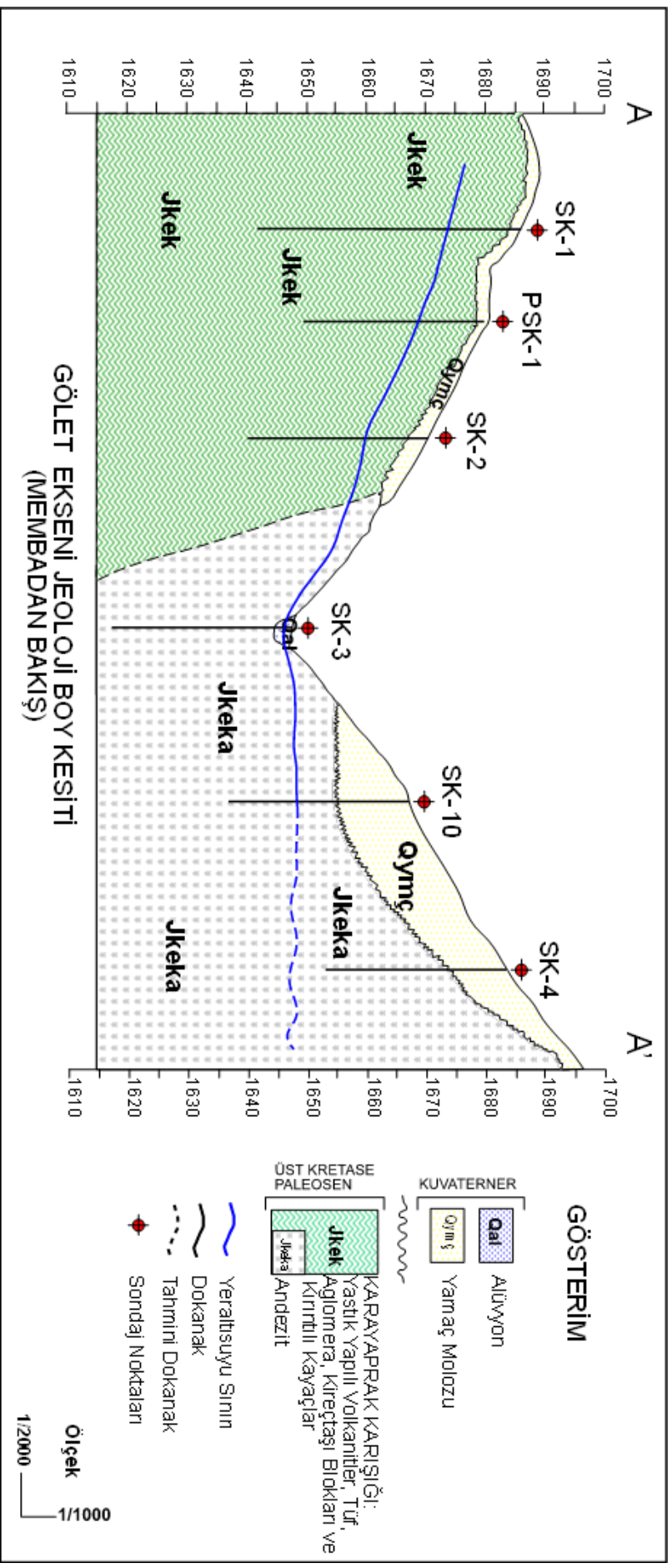
Sağ ve sol sahilde bulunan yamaç molozları üst kısımlarda bulunan Karayaprak Karışığına ait kayaçlardan türemiş olup özellikle sağ sahil sondajlarında yer yer 12 metreye varan kalınlıklarda ve sol sahilde ise SK-3 ile SK-8 numaralı sondajların arasında, ortalama 4-5 metre kalınlıkta yamaç molozu bulunmaktadır. Yamaç molozu yüksek oranda (%70-90) kil ve az miktarda, ince kum silt ile Karayaprak Karışığına ait andezitlerden türeyen çakıl ve blok parçaları içeren, açıktan koyuya kahverengi renk tonlarındadır.

Talvegte açılan SK-3 numaralı temel sondaj kuyusunda 1 m kalınlıkta kesilen alüvyon, çoğunlukla Karayaprak Karışığına ait yuvarlak-yarı yuvarlak çakıllardan ve kumdan oluşmaktadır. Çakılları boyutu maksimum 3-4 cm'dir.

Bu çalışma kapsamında aks üzerinde 6 adet, dolusavak güzergâhında 2 adet (SK-1 kuyusu aynı zamanda kret kuyusu), kondüvi güzergâhı üzerinde 2 adet ve vadi tabanında batardo ekseninde 1 adet, memba sağ sahilde 1 adet ve kaya ocağında 1 adet olmak üzere 12 adet (toplam 333,0 metre) temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır (Şekil 3.5).



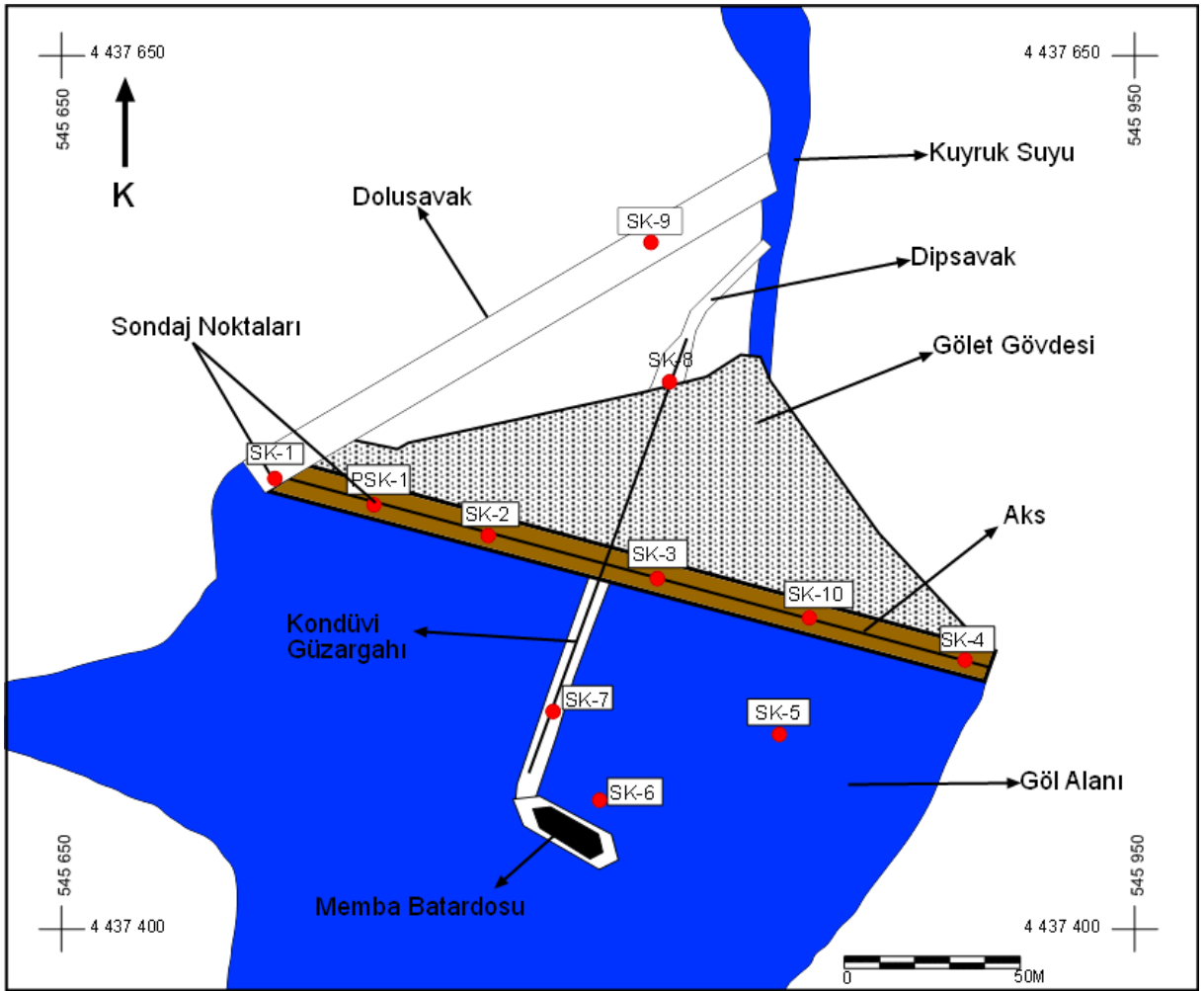
Şekil 3.5. Çalışma alanının 1/2000 ölçekli jeoloji haritası



Şekil 3.6. A-A' Hattı boyunca alınan gölet eksele jeolojisi boy kesiti

### 3.4.2. Mühendislik Jeolojisi

Bulak göleti gövdesi, dolusavak ve kondüvi güzergâhı ile memba batardosu zemininin, jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla, aks üzerinde 6 adet, dolusavak güzergâhında 2 adet (SK-1 kuyusu aynı zamanda kret kuyusu), sondajlar öncesinde belirlenen kondüvi güzergâhı üzerinde 2 adet ve vadi tabanında batardo ekseninde 1 adet, kaya ocağında 1 adet olmak üzere 12 adet (toplam 333,0 metre) temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Gölet elemanları ve temel araştırma sondaj kuyularını gösterir harita

Açılan sondajlar sonrası şekillenen sıyırma kazılarına göre kondüvi güzergâhı revize edilmiş ve bu nedenle kondüvi için açılan kuyular, yeni kondüvi güzergâhı dışında kalmıştır. Bu kuyulardan gölet aksında ve memba batardosu ekseninde açılan kuyularda her 2 m'de bir basınçlı su testi (BST) ve bazı seviyelerde permeabilite deneyi yapılmıştır.

PSK-1 temel sondaj kuyusu; sol sahil SK-1 ve SK-2 kuyularında gözlenen formasyonların orta-ileri derecede bozuşmuş olması, yoğun çatlak ve kırıklar içermesi nedenleri ile bu iki kuyu arasına gelecek şekilde, temel kayasının bu kesimdeki taşıma gücü ve oturma değerlerinin öğrenilmesine yönelik olarak, presiyometre deneyleri yapmak için açılmıştır. Sondajlardan alınan karotlar üzerinde kaya kalitesi, ayrışma, çatlak sıklığına yönelik tanımlamalar yapılarak kuyu logları hazırlanmıştır.



Şekil 3.8. Temel araştırma sondaj çalışmalarından görünüm (Sol sahilden membaya bakış)

Enjeksiyon perdesi derinliği tespit etmek için sol-sağ sahil kret, ve ekseninde yapılan Sk-1, Sk-2, Sk-3, Sk-4 ve Sk-10 nolu sondajlardan elde edilen verilerden göl alanının geçirimsizliğini tespit etmek için Sk-5, Sk-6 ve Sk-7 nolu sondaj kuyularından yararlanılmıştır. Yapılan sondajlarda ve sondajlar sonucunda elde edilen veriler bölüm 3.4.3 de detaylı bir şekilde verilmiştir.

### 3.4.3. Temel Araştırma Sondajları

#### 3.4.3.1. SK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu

Sol sahil kret ve dolusavak kanalı temel kayası özelliklerini araştırmak amacıyla 1687,00 metre kotunda ve 45,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00 – 1.00 metre arasında yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç Molozu üst kısımlardaki Karayaprak Karışığından türemiş olup kireçtaşı, tuf, andezit, silisli kiltası ve marn çakılların dan oluşmaktadır. Bu çakıllar sarımsı-yeşilimsi renkte olup, marn ve tuf çakılları orta derecede ayrılmış ve yuvarlak iken diğer çakıllar ise köşelidir. 1.00-18.00 metreler arasında bol kırıklı ve çatlaklı, orta-çok yer yer tamamen ayrılmış zayıf dayanımlı Karayaprak Karışığı içerisinde yer alan kayaçlar, bu kayaçlara ait kayaç parçaları, çakıllar ve killi zonlar geçilmiştir. Kesilen kayaçlar kireçtaşı, marn, tuf, andezit ve silisli kiltasıdır.

Yoğun ayrışma sebebiyle kayaç ilksel özelliklerini kaybetmiş olup, çakıl boyutunda numune alınabilmiştir. Alınan bu çakılların genel özellikleri ise şöyledir; kireçtaşı parça-çakılları gri renkli olup az ayrılmış ve köşelidir. Tuf ve marn çakılları ise sarımsı yeşil renkte olup orta derecede ayrılmış ve yuvarlaktır. Silisli kiltası çakıllarındaki silis oranı kil oranından fazla olup, sarımsı renkte ve köşelidir. Andezit parça ve çakıllarında ise hamur oranı fazla olup, gri renktedir. Kristaller ince taneli olup gözle görülmemektedir. 18.00-28.00 metreler arasında kırıklı çatlaklı orta derecede ayrılmış, orta dayanıma sahip Karayaprak Karışığı içindeki andezit, kireçtaşı ve bunlara ait parçalar-çakıllar bulunmaktadır.

Bunlara ek olarak yer yer silisli kiltası, marn ve tuf çakılları da geçilmiştir. Andezitler bol kırıklı olup kırıklar yatay konumlu, kırık yüzeyleri az pürüzlüdür. Andezit gri renktedir ve mineraller ince tanelidir 28.00-45.00 metreler arasında az kırıklı ve çatlaklı, orta derecede ayrılmış Karayaprak Karışığı içerisinde bulunan Andezit ve Aglomera yer yerde silis oranı yüksek kireçtaşı geçilmiştir. Aglomeranın bağlayıcısı Andezitik olup içerisinde bulunan kayaç parçaları yer yer köşeli olup gri renklidir.

Andezitler ise bu aralıkta üst kısımlara nazaran daha az kırıklı çatlaklı olup ince taneli ve gri renklidir. Yer yer andezitlerin ayrışmasından oluşan gri renkli killi zonlar geçilmiştir. Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesine göre numunelerin tamamı Deere 1964'e göre "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numunelerin ISRM 2007'ye göre ~%5 oranında "Az ayrılmış", ~%16 oranında "Orta

derecede ayrılmış”, ~%77 oranında “Çok ayrılmış”, ~%2 oranında “Tamamen ayrılmış” olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde ise Golder Associates 1979a’ya göre ~%34 oranında “Çok Çatlaklı”, ~%66 oranında “Tamamen Parçalanmış” eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir. SK-1 numaralı kuyuda 2.00-44.00 metreler arasında 2 m’de bir toplamda 22 adet basınçlı su testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933’e göre 1,44 Lu ile 16,42 Lu arasında değişmektedir.

Yapılan 22 adet BST’nin 1 tanesi Paker tutmadığı için 4 tanesi ise basınç yükselmediği için, toplamda 5 kademede tamamlanamamıştır. Özellikle 16.00-18.00, 20.00-22.00 24.00-26.00 ve 38.00-40.00 metreler arası basınç yükselmediği için deney sonlandırılmıştır. Kuyu genelinin Lugeon 1933’e göre ~%14 oranında “Az geçirimli”, ~%67 oranında da “Geçirimli” %19 oranda “Çok geçirimli” bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek 4).

#### **3.4.3.2. SK-2 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Sol sahil gölet ekseninde, 1670,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-1.00 metreler arasında üst kısımdaki Karayaprak Karışığından türemiş yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu kireçtaşı, tuf, andezit, silisli kiltası ve marn çakıllarından oluşmaktadır. Marn ve tuf çakılları sarımsı-yeşilimsi renkte, orta derecede ayrılmış ve yuvarlaktır diğer çakıllar ise köşelidir. 1.00-24.00 metreler arasında kırıklı, çatlaklı yer yer tamamen parçalanmış ve killeşmiş Karayaprak Karışığına ait kayalar, bu kayalara ait parça ve çakıllar geçilmiştir. Bu metreler arasında kireçtaşı, marn, tuf, andezit, aglomera, silisli kiltası kesilmiştir. Ayrışmanın az olduğu zonlarda karot numune alınabilmişken, ayrışmanın yoğun olduğu yerlerde ise çakıl numune alınmıştır. Alınan numunelerin özellikleri şöyledir; Kireçtaşı parçaları gri renkli olup az ayrılmış köşelidir. Tuf ve marn çakılları ise sarımsı yeşil renkte olup orta derecede ayrılmış ve yuvarlaktır. Silisli kiltası ve çakılları sarımsı renkte olup köşelidir.

Andezit ve andezit çakıllarında ise hamur oranı fazla olup gri renktedir. Kristaller ince taneli olup gözle görülmemektedir. 24.00-30.00 metreler arasında bol kırıklı çatlaklı, orta derecede ayrılmış Karayaprak Karışığı içindeki andezitler geçilmiştir. Andezitler gri renkli olup mineraller ince olup içinde anklavlar bulunmaktadır. Kırıklar yatay konumlu olup, yüzeyleri pürüzsüzdür.



Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesine göre numunelerin tamamı Deere 1964'e göre "Çok Zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda ISRM 2007'ye göre ~%17 oranında "Orta derecede ayrılmış", ~%83 oranında da "Çok ayrılmış" olduğu görülmüştür.

Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%7 oranında "Çatlaklı" ve ~%93 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir. SK-2 kuyusunda her 2 m'de bir toplam 15 adet basınçlı su testli yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933'e göre 5,00 Lu ile 15,58 Lu arasında değişmektedir.

Yapılan 15 adet deneyden 0.00-2.00 metreler arasında Paker tutmadığı için, 14.00-16.00 ve 16.00-18.00 metreler arasında ise basınç yükselmediği için 3 adet deney yapılamamıştır. BST sonuçlarına göre kuyu genelinin geçirimsiz, basıncın tutturulamayarak deneyin sonlandırıldığı kademelerin ise çok geçirimsiz olarak kabul edileceği söylenilebilir. Kuyu genelinin Lugeon 1933'e göre ~%7 oranında "Az geçirimsiz", ~%79 oranında "Geçirimsiz" ve %14 oranda "Çok geçirimsiz", bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek 5).

### 3.4.3.3. SK-3 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu

Gövde ekseninde, talvegte, 1647,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-1.00 metreler arasında alüvyon geçilmiştir, Alüvyon içindeki çakıllar Karayaprak Karmaşığı içinde bulunan kayalardan türemiş olup çakıl, kum, silt ve kilden oluşmaktadır. 1.00-21.00 metre arasında kırıklı çatlaklı, yer yer tamamen ayrılmış, düşük dayanımlı Karayaprak Karışığı içindeki andezitler-andezit çakılları, aglomera ve bu birimlerin ayrışma ürünü olan kil geçilmiştir. Andezitler gri renkli bol kırıklı ve fenokristalli olup plajiyoklaslar iri ve mat beyazdır, Andezit çakılları ayrışmadan dolayı yer yer yuvarlak ve kahverengidir.

Aglomeralar da ise ayrışma çok etkili olmamıştır. 21.00 – 29.00 metre arasında Karayaprak Karışığı içindeki andezitin ayrışması sonucu oluşan gri renkli plastik özellik gösteren ve içerisinde andezit çakılları bulunan kil geçilmiştir. 29.00 – 30.00 metre arasında

Karayaprak Karışığı içindeki gri renkli, kırıklı andezit geçilmiştir. Andezitteki kırıklar yatay konumlu olup yüzeyleri az pürüzlüdür. Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesine göre numunelerin tamamı Deere 1964'e göre "Çok Zayıf kaya" olarak

değerlendirilmiştir. Alınan numuneler ISRM 2007'ye göre ~%10 oranında “Az Ayrışmış”, ~%23 oranında “Orta Derecede Ayrışmış”, ~%43 oranında “Çok Ayrışmış”, ~%24 oranında “Tamamen Ayrışmış” olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%13 oranında “Çok Çatlaklı” ve ~%87 oranında “Tamamen Parçalanmış” eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir.

SK-3 kuyusunda her 2 m'de bir 15 adet basınçlı su testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933'e göre 0,90 Lu ile 17,1 Lu arasında değişmektedir. Yapılan 15 adet deneyden 0.00-4.00 metreler arasında paker tutmadığı için, 16.00-18.00 metreler arasında ise basınç yükselmediği için 3 adet deney yapılamamıştır.

Kuyu geneline bakıldığı zaman ilk 0.00-18.00 metre geçirimsiz iken 18.00-30.00 metreler arasında ise az geçirimsizdir. 16.00-18.00 metreler arası ise çok geçirimsiz olarak kabul edilmiştir. Kuyu geneli Lugeon 1933'e göre ~%54 oranında “Az Geçirimsiz”, ~%38 oranında “Geçirimsiz” ve %8 oranda “Çok Geçirimsiz”, bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek 6).

#### **3.4.3.4. SK-4 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Gölet ekseni sağ sahilinde, kret bölgesindeki, 1684,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. 0.00-8.00 metreler arasında Karayaprak Karışığı içindeki andezitlerin ayrışması sonucu oluşan kil ve üst kısımlardan kopup gelen andezit parçalarından oluşan yamaç molozu geçilmiştir, Yamaç molozu çoğunlukla kil, az miktarda çakıl-kum-siltten oluşmuştur. 8.00-20.00 metreler arasında az kırıklı ve çatlaklı, az ayrışmış Karayaprak Karışığı içindeki andezit geçilmiştir. Andezitler gri renktedir. Andezitlerdeki plajiyoklaslar fenokristalli olup mat beyazdır. Kırıklar yatay ve verev konumlu olup kırık yüzeyleri demir boyamalıdır.

Kırıklar az pürüzlü olup kayaç ISRM 2007'ye göre orta dayanımlıdır. 20.00-27.00 metreler arasında çok kırıklı çatlaklı, az derecede ayrışmış Karayaprak Karışığına ait andezit geçilmiştir. Andezitler açık gri renkli olup plajiyoklas miktarı az olup hamur oranı fazladır. Kırık ve çatlaklar verev ve yatay konumlu olup, kırık yüzeyleri pürüzsüzdür. Verev çatlaklar kalsit dolguludur. 27.00-30.00 metreler arasında Karayaprak Karışığına ait andezit geçilmiştir. Andezitler az kırıklı ve çatlaklı olup, çok az ayrışmıştır ve gri

renktedir. Andezitlerdeki plajiyoklaslar fenokristalli olup mat beyazdır. Kırıklar dolgusuz, az pürüzlü olup, kayacın dayanımı ISRM 2007'ye göre zayıf niteliktedir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi Deere 1964'e göre ~%9 oranında "Çok iyi", ~%27 oranında "İyi", ~%18 oranında "Orta", ~%18 oranında "Zayıf kaya" ve ~%28 oranında "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler ISRM 2007'ye göre ~%36 oranında "Taze", ~%55 oranında "Az ayrıışmış", ~%9 oranında "Çok Ayrıışmış" ve ~%27 oranında "Tamamen Ayrıışmış" olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%59 oranında "Çatlaklı", ~%23 oranında "Çok Çatlaklı" ve ~%18 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir.

SK-4 kuyusunda her 2 m'de bir 14 adet basınçlı su testi ve 1 adet permeabilite testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933'e göre 0,79 Lu ile 9,83 Lu arasında değişmektedir. Permeabilite deneyi 4.00-6.00 metreler arasında yapılmış olup geçirimsizlik düşüktür. 22.00-24.00 metreler arası geçirimsiz olup, diğer kısımlar az geçirimsizdir.

Kuyu geneli Lugeon 1933'e göre ~%27 oranında "Geçirimsiz", ~%64 oranında "Az geçirimsiz" ve ~%9 oranında "Geçirimsiz" bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek 7).

#### **3.4.3.5. SK-5 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Sağ sahil göl alanında, 1669,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-9.00 metreler arasında üst kısımlardaki Karayaprak Karışığı içindeki andezitlerin ayrışması sonucu oluşan içerisinde çakıl-kum-silt ve kahverenkli kil bulunan yamaç molozu geçilmiştir. Çakıllar andezit çakılları olup yamaç molozu %70 oranda siltli kil, %30 oranda çakıl ve kumdan oluşmaktadır. 9.00-30.00 metreler arasında kırıklı çatlaklı, yer yer tamamen ayrıışmış Karayaprak Karışığı içindeki andezitler ve yer yer ayrışma ürünü olan kil bantları geçilmiştir. Andezitler çok kırıklı çatlaklı olup ayrıışmıştır ve açık gri-kahverengidir. Kil kahverenkli ve plastik özelliktedir. Andezitlerdeki plajiyoklaslar fenokristalli olup mat beyazdır.

Andezitlerin kırık ve çatlaklı olan kısımları boşluk suyunun etkisi ile oksitlenmiştir bundan dolayı kahverengidir. Masif olan kısımlar ise açık gri renklidir. Kırık yüzeyleri az pürüzlü olup, kayacın dayanımı düşüktür. Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesine göre numunelerin tamamı Deere 1964'e göre "Çok Zayıf kaya" olarak

değerlendirilmiştir. Alınan numuneler ISRM 2007'ye göre ~%57 oranında “Orta Derecede ayrılmış”, ~%43 oranında da “Çok ayrılmış” olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%10 oranında “Çatlaklı”, ~%90 oranında “Tamamen Parçalanmış” eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir. SK-5 kuyusunda her 2 m'de bir 10 adet basınçlı su testi ve 1 adet permeabilite testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933'e göre 1,46 Lu ile 9,8 Lu arasında değişmektedir.

Permeabilite deneyi 4.00-6.00 metreler arasında yapılmış olup geçirimsizlik düşüktür. Kuyu geneline bakıldığı zaman 10.00-24.00 metreler arası geçirimsiz olup diğer kısımlar az geçirimsizdir. Kuyu geneli Lugeon 1933'e göre ~%30 oranında “Az Geçirimsiz” ve ~%70 oranında “Geçirimsiz” bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek 8).

#### **3.4.3.6. SK-6 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Göl alanında, vadi tabanında, memba batardosu temelindeki kayaların mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak 1651,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. 0.00-30.00 metreler arasında Karayaprak Karışığı içindeki andezitler geçilmiştir. Andezitler kırıklı ve çatlaklı olup açık gri renktedir.

Andezit içerisindeki plajiyoklaslar ve mafik mineraller fenokristalen olup, hamur gri renklidir. 0.00-4.00 metreler arasındaki kırık yüzeylerinde demir boyaması vardır ve kırıklar az pürüzlüdür. 4.00-30.00 metreler arasında kırıklar verev olup, bu kırıklarda kalsit dolgusu bulunmakta olup, kırıkların genişliği maksimum 1 cm dir. Kırık yüzeyleri pürüzlü olup, ISRM 2007'ye göre kayacın dayanımı düşüktür. Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre ~%7 oranında “İyi”, ~%7 oranında “Orta”, ~%20 oranında “Zayıf kaya”, ~%66 oranında “Çok Zayıf kaya” niteliğinde olduğu gözlenmiştir. Alınan numuneler ISRM 2007'ye göre ~%73 oranında “Taze”, ~%27 oranında da “Az Ayrılmış” olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%7 oranında “Çatlaklı”, ~%7 oranında “Çok Çatlaklı” ve ~%86 oranında “Tamamen Parçalanmış” eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir. SK-6 kuyusunda her 2 m'de bir 15 adet basınçlı su testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Lugeon 1933'e göre 0,5 Lu ile 91,54 Lu arasında değişmektedir.

Kuyu geneline bakıldığı zaman 0.00-14.00 metreler arasında zemin geçirimli olup, 8.00-10.00 metreler arasında ise çok geçirimlidir. 26.00-30.00 metreler arasında ise zemin az geçirimli olup, Luegon 1933'e göre kuyu ~%20 oranında "Geçirimsiz", ~%20 oranında "Az geçirimli", ~%53 oranında "Geçirimli" ve ~%7 oranında "Çok geçirimli" bir yapıdadır (Ek 9).

#### 3.4.3.7. SK-7 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu

Gölanı sol sahilinde, kondüvi girişi jeoteknik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak, 1661,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. 0.00-30.00 metreler arasında kırıklı çatlaklı yer yer tamamen parçalanmış ve orta derecede ayrılmış.

Karayaprak Karışığı içindeki andezit geçilmiştir. 0.00- 6.00 metreler arasındaki andezitler bol kırıklı çatlaklı olup oksitlenme yüzünden kahverengidir. 6.00-9.00metreler arasında ise andezitler kırıklı çatlaklı olup kırık yüzeyleri az pürüzlü ve demir boyamalıdır. 9.00-12.00 metreler arasında ise daha az kırıklı olup kırık yüzeyleri pürüzlü ve demir sıvamalıdır. 12.00-30.00 metreler arasında az kırıklı çatlaklı olup gri -kahverengidir, hamur oranı fazla olup mineraller fenokristalindir. Eklemlerde dolgu olarak kalsit bulunmaktadır. 12.00-30.00 metreler arasında kırıklar verev olup, kırık yüzeylerinde hem kalsit hem de demir sıvamaları vardır. Kırıklar pürüzlü olup, kayacın dayanımı yüksektir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre ~%13 oranında "Çok iyi", ~%33 oranında "İyi", ~%20 oranında "Orta" ve ~%34 oranında "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler ISRM 2007'ye göre ~%60 oranında "Taze", ~%13oranında "Az ayrılmış", ~%17 oranında "Orta derecede ayrılmış" ve ~%10 oranında da "Çok ayrılmış" olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre %60 oranında "Çatlaklı" ve %40 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir SK-7 kuyusunda her 2 m'de bir 15 adet basınçlı su testi yapılmıştır.

Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri Luegon 1933'e göre 0,5 Lu ile 14,37 Lu arasında değişmektedir. Kuyunun ilk 2 metresi geçirimli, 2.00-16.00 metreler arası az geçirimli, 16.00-30.00 metreler arası ise geçirimsizdir. BST sonuçlarına göre kuyunun, ~%40 oranında "Geçirimsiz", ~%33 oranında "Az geçirimli" ve ~%27 oranında "Geçirimli" bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Ek10). Bu kuyu sondajlar sonrası şekillenen

sıyırma kazılarına göre, kondüvi güzergâhının revize edilmesi nedeniyle, yeni kondüvi güzergâhı dışında kalmıştır.

#### **3.4.3.8. SK-8 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Kondüvi çıkışı, sol sahilde, 1654,00 metre kotunda ve 10,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-4.00 metre arasında tamamen parçalanmış, çok zayıf kaya özelliğinde, 4.00- 10.00 metre arasında kırıklı, az ayrılmış, çok zayıf-orta-iyi kaya kalitesinde bir yapı gösteren andezit geçilmiştir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre ~%40 oranında "iyi", ~%20 oranında "Orta" ve ~%40 oranında "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler incelendiğinde ISRM 2007'ye göre ~%60 oranında "Az ayrılmış", ~%20 oranında "Orta Derecede ayrılmış" ve ~%20 oranında "Çok Ayrılmış" olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%80 oranında "Çatlaklı" ve ~%20 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir (Ek 11) Kuyuda basınçlı su testi yapılmamıştır.

#### **3.4.3.9. SK-9 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Dolusavak kanalı, sol sahilinde, 1659,00 metre kotunda ve 15,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyunun 0.00 – 1.00 metre arasında yamaç molozu 1.00 – 10.00 metre arasında Andezit, silisli Kıltaşı çakılları geçilmiştir. 10.00- 15.00 metre arasında çok çatlaklı, az-orta derecede ayrılmış, çok zayıf kaya kalitesinde andezit geçilmiştir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre göre kuyunun tamamı "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler incelendiğinde ISRM 2007'ye göre ~%28 oranında "Az ayrılmış", ~%28 oranında "Orta Derecede ayrılmış", ~%28 oranında "Çok Ayrılmış" ve ~%16 oranında "Tamamen ayrılmış" olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%43 oranında "Çok Çatlaklı" ve ~%57 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir (Ek 12) Kuyuda basınçlı su testi yapılmamıştır.

### 3.4.3.10. SK-10 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu

Gölet eksenini sağ sahilinde, 1669,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. 0.00-12.00 metreler arasında üst kısımlardaki Karayaprak karışığına ait kayalardan türemiş yamaç molozu geçilmiştir. Yamaç molozu %90 oranda kil, %10 oranda ince kum ve siltten oluşmaktadır. 12.00-30.00 metreler arasında bol kırıklı, çatlaklı, yer yer tamamen killeşmiş Karayaprak karışığı içindeki andezitler geçilmiştir. Andezitler gri renktedir. Andezitlerdeki plajioklaslar fenokristalli olup mat beyazdır. Yer yer killi seviyeler kesilmiştir, kırık yüzeyleri pürüzsüz olup kayacın dayanımı zayıftır.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre kuyunun tamamı "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler incelendiğinde ISRM 2007'ye göre ~%47 oranında "Orta derecede ayrılmış", ~%13 oranında "Çok ayrılmış" ve ~%40 oranında "Tamamen ayrılmış" olduğu görülmüştür. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre kuyunun tamamı tamamen parçalanmış eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir.

SK-10 kuyusunda her 2 m'de bir 9 adet basınçlı su testi ve 6 adet permabilite testi yapılmıştır. Yapılan BST sonucuna göre, geçirimsizlik değerleri 1,44 Lu ile 7,94 Lu arasında değişmektedir. Permabilite deneyi 0.00-12.00 metreler arasında yapılmış olup geçirimsizlik düşüktür. Kuyu geneline bakıldığında zaman 0.00-12.00 metreler arası az geçirimsiz, 12.00-18.00 metreler arası geçirimsiz olup 18. metreden itibaren geçirimsizlik azalmaktadır (Ek 13). Kuyu geneli Lugeon 1933'e göre ~%56 oranında "Az Geçirimsiz" ve ~%44 oranında "Geçirimsiz" bir yapıda olduğu belirlenmiştir.

### 3.4.3.11. PSK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu

Kret, sağ sahilinde, 1684,00 metre kotunda ve 30,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-2.00 metre arasında yamaç molozu, 2.00-4.50 metre arasında andezit çakılları, 4.50-6.50 metre arasında gri renkli tamamen parçalanmış andezit, 6.50-7.50 metre arasında andezitlerin ayrışması ile oluşan kil, 7.00-14.00 metre arasında andezit çakılları, 14.00-21.00 metre arasında gri renkli andezit, 21.00-30.00 metre arasında andezit ve andezit çakılları geçilmiştir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre ~%6 oranında "Orta", ~%60 oranında "Zayıf" ve ~%34 oranında "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler incelendiğinde ISRM 2007'ye göre ~%53 oranında "Orta derecede ayrışmış", ~%27 oranında "Çok ayrışmış" ve ~%20 oranında "Tamamen Ayrışmış" olduğu grlmştir. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%7 oranında "Çatlaklı", ~%20 oranında "Çok Çatlaklı" ve ~%73 oranında "Tamamen Parçalanmış" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir (Ek 14). Kuyuda basınçlı su testi yapılmamıştır.

#### **3.4.3.12. KSK-1 Temel Araştırma Sondaj Kuyusu**

Sondaj kuyusu, gölet alanının ~300 metre batısında, 1710,00 metre kotunda ve 23,00 metre derinlikte açılmıştır. Kuyuda 0.00-23.00 metre arasında az çatlaklı, az ayrışmış, gri renkli andezit geçilmiştir.

Kuyu genelinde yapılan kaya kalitesi değerlendirmesinde Deere 1964'e göre ~%10 oranında "Çok iyi", ~%27 oranında "İyi", ~%27 oranında "Orta", ~%27 oranında "Zayıf", ve ~%9 oranında "Çok zayıf kaya" olarak değerlendirilmiştir. Alınan numuneler incelendiğinde ISRM 2007'ye göre ~%90 oranında "Taze" ve ~%10 oranında "Az ayrışmış" olduğu grlmştir. Karot numuneleri üzerinde yapılan eklem sıklığı değerlendirmesinde Golder Associates 1979a'ya göre ~%55 oranında "Çatlaklı" ve ~%45 oranında "Çok Çatlaklı" eklem aralığına sahip bir yapı belirlenmiştir (Ek 15). Kuyuda basınçlı su testi yapılmamıştır.

Yukarıda tek tek ayrıntılı olarak incelemesi yapılan temel sondajlarının özellikleri, zet şeklinde Tablo 3.1, aks sondajları RQD, çatlak sıklığı ve ayrışma derecesi zet tablosu Tablo 3.2'te verilmiştir.



Tablo 3.1. Temel araştırma sondajları özet tablosu

SONDAJ KUYUSUNUN				JEOLOJİK BİRİMLER	KAROTLARIN JEOTEKNİK TANIMLAMASI			
NO	YERİ	KOTU (m)	DERİNLİK (m)		KAYA KALİTESİ (Deere,1964)	ÇATLAK SIKLIĞI (Golder Associates, 1979a)	AYRISMA (SRM, 1981)	GEÇİRİMLİLİK (Lugeon, 1933)
SK-1	Sol Sahil Kret, Dolusarak kanalı	1687.0	45.0	00,00-01,00m Yamaç Molozu 01,00-18,00m Çalılı-Kil 18,00-28,00m Çalılı-kil 28,00-45,00m Andezit, Aglomera, Kireçtaşı	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 0% Çatlaklı 33% Çok Çatlaklı 67% T.Parçalanmış	0% Taze 5% Az Ayrışmış 23% O.D.Ayrışmış 67% Çok Ayrışmış 5% T. Ayrışmış	0% Geçirimsiz 12% Az Geçirimli 88% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-2	Kret, Sol Sahil	1670.0	30.0	00,00-01,00m Yamaç Molozu 01,00-30,00m Karayaprak Karsığı (Kireçtaşı, Mam Tüf, Andezit, Aglomera, Kilitaşı)	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 7% Çatlaklı 0% Çok Çatlaklı 93% T.Parçalanmış	0% Taze 0% Az Ayrışmış 33% O.D.Ayrışmış 67% Çok Ayrışmış 0% T. Ayrışmış	0% Geçirimsiz 8% Az Geçirimli 92% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-3	Vadi Tabanı Ekseninde	1647.0	30.0	00,00-21,00m Andezit çalılı-Aglomera 21,00-29,00m Andezit çalılı içerici KİL 29,00-30,00m Andezit	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 0% Çatlaklı 15% Çok Çatlaklı 85% T.Parçalanmış	0% Taze 20% Az Ayrışmış 20% O.D.Ayrışmış 27% Çok Ayrışmış 33% T. Ayrışmış	0% Geçirimsiz 63% Az Geçirimli 37% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-4	Kret, Sağ sahil	1684.0	30.0	00,00-09,00m Yamaç molozu 09,00-30,00m Andezit	6% Çok iyi 20% İyi 14% Orta 14% Zayıf 46% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 36% Çatlaklı 9% Çok Çatlaklı 55% T.Parçalanmış	53% Taze 13% Az Ayrışmış 0% O.D.Ayrışmış 7% Çok Ayrışmış 27% T. Ayrışmış	23% Geçirimsiz 69% Az Geçirimli 8% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-5	Plint Sağ sahil	1669.0	30.0	00,00-09,00m Yamaç molozu 09,00-30,00m Andezit	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 9% Çatlaklı 0% Çok Çatlaklı 91% T.Parçalanmış	0% Taze 0% Az Ayrışmış 0% O.D.Ayrışmış 33% Çok Ayrışmış 67% T. Ayrışmış	0% Geçirimsiz 50% Az Geçirimli 50% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-6	Plint, Memba, Vadi tabanında	1651.0	30.0	00,00-30,00m Andezit	0% Çok iyi 7% İyi 7% Orta 20% Zayıf 66% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 7% Çatlaklı 7% Çok Çatlaklı 86% T.Parçalanmış	73% Taze 27% Az Ayrışmış 0% O.D.Ayrışmış 0% Çok Ayrışmış 0% T. Ayrışmış	13% Geçirimsiz 20% Az Geçirimli 60% Geçirimli 7% Çok Geçirimli
SK-7	Kondüvi girişi Plint, Sol sahil	1661.0	30.0	00,00-30,00m Andezit	14% Çok iyi 33% İyi 20% Orta 0% Zayıf 33% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 67% Çatlaklı 0% Çok Çatlaklı 33% T.Parçalanmış	27% Taze 47% Az Ayrışmış 13% O.D.Ayrışmış 13% Çok Ayrışmış 0% T. Ayrışmış	40% Geçirimsiz 33% Az Geçirimli 27% Geçirimli 0% Çok Geçirimli
SK-8	Kondüvi çıkışı Sol sahil	1654.0	10.0	00,00-04,00m ayrışmış Andezit 04,00-10,00m Andezit	0% Çok iyi 40% İyi 20% Orta 0% Zayıf 40% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 80% Çatlaklı 0% Çok Çatlaklı 20% T.Parçalanmış	0% Taze 60% Az Ayrışmış 20% O.D.Ayrışmış 20% Çok Ayrışmış 0% T. Ayrışmış	Geçirimsiz Az Geçirimli Geçirimli Çok Geçirimli
SK-9	Dolusarak kanalı, Sol sahil	1659.0	15.0	00,00-01,00m Yamaç Molozu 01,00-10,00m Andezit+Kilitaşı çalılı 10,00-15,00m Andezit	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 0% Çatlaklı 43% Çok Çatlaklı 57% T.Parçalanmış	0% Taze 28% Az Ayrışmış 28% O.D.Ayrışmış 28% Çok Ayrışmış 16% T. Ayrışmış	Geçirimsiz Az Geçirimli Geçirimli Çok Geçirimli
SK-10	Plint, Sağ sahil	1669.0	30.0	00,00-03,00m Yamaç molozu 03,00-12,00m Andezit çalılı içerici KİL 12,00-30,00m Andezit	0% Çok iyi 0% İyi 0% Orta 0% Zayıf 100% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 0% Çatlaklı 0% Çok Çatlaklı 100% T.Parçalanmış	0% Taze 0% Az Ayrışmış 47% O.D.Ayrışmış 13% Çok Ayrışmış 40% T. Ayrışmış	Geçirimsiz 56% Az Geçirimli 44% Geçirimli Çok Geçirimli
PSK-1	Kret Sağ sahil	1684.0	30.0	00,00-02,00m Yamaç molozu 02,00-06,50m Andezit çalılı 06,50-07,50m Andezitlerin ayrışması ile oluşan KİL 07,50-30,00m Andezit + Andezit çalılı	0% Çok iyi 0% İyi 6% Orta 60% Zayıf 34% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 7% Çatlaklı 20% Çok Çatlaklı 73% T.Parçalanmış	0% Taze 0% Az Ayrışmış 53% O.D.Ayrışmış 27% Çok Ayrışmış 20% T. Ayrışmış	Geçirimsiz Az Geçirimli Geçirimli Çok Geçirimli
KSK-1	Gölet alanı ~300m batısı	1710.0	23.0	00,00-23,00m Andezit	10% Çok iyi 27% İyi 27% Orta 27% Zayıf 9% Çok Zayıf	0% Musif 0% Az Çatlaklı 55% Çatlaklı 45% Çok Çatlaklı 0% T.Parçalanmış	90% Taze 10% Az Ayrışmış 0% O.D.Ayrışmış 0% Çok Ayrışmış 0% T. Ayrışmış	Geçirimsiz Az Geçirimli Geçirimli Çok Geçirimli

Tablo 3.2. Aks sondajları RQD, çatlak sıklığı ve ayrışma derecesi özet tablosu

Derinlik m	SK-1 1687 45 m			PSK-1 1680 30 m			SK-2 1670 30 m			SK-3 1647 30 m			SK-10 1667 30 m			SK-4 1684 30 m		
	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi	RQD	Çatlak Sıklığı	Ayrışma Derecesi
0,00-2,00	0	51	W4	0	51	W5	0	51	W4	0	Qym	W5	0	Qym	W5	0	Qym	W5
2,00-4,00	0	51	W4	16	51	W5	8	51	W4	0	51	W4	0	Qym	W5	0	Qym	W5
4,00-6,00	0	51	W4	44	51	W4	0	51	W4	0	51	W4	0	Qym	W5	0	Qym	W5
6,00-8,00	0	51	W4	30	51	W4	0	51	W4	8	51	W3	0	Qym	W5	0	Qym	W5
8,00-10,00	0	51	W4	41	51	W3	0	51	W4	0	51	W3	0	Qym	W5	0	11	W4
10,00-12,00	0	51	W4	30	51	W3	0	51	W4	5	51	W3	0	Qym	W5	30	7	W2
12,00-14,00	0	51	W4	20	51	W3	0	51	W4	24	51	W2	5	51	W3	70	7	W2
14,00-16,00	0	51	W4	50	7	W3	0	51	W3	16	11	W2	0	51	W3	88	7	W1
16,00-18,00	0	51	W4	35	7	W3	0	51	W3	17	51	W2	7	51	W3	80	7	W1
18,00-20,00	17	51	W4	52	7	W3	0	51	W3	7	11	W4	15	51	W3	97	7	W1
20,00-22,00	0	51	W4	20	51	W3	0	51	W4	0	Kil	W5	25	51	W3	20	7	W1
22,00-24,00	0	51	W4	0	51	W3	0	51	W4	0	Kil	W4	13	51	W2	13	51	W1
24,00-26,00	0	51	W4	28	51	W3	9	51	W4	0	51	W5	7	51	W2	26	11	W1
26,00-28,00	0	51	W4	29	51	W3	14	51	W3	0	51	W4	0	51	W3	55	11	W1
28,00-30,00	0	51	W4	45	11	W3	10	7	W3	0	51	W4	0	51	W3	85	7	W1
30,00-32,00	3	11	W3															
32,00-34,00	0	11	W3															
34,00-36,00	0	11	W3															
36,00-38,00	0	11	W4															
38,00-40,00	0	11	W3															
40,00-42,00	0	11	W3															
42,00-45,00	10	11	W2															

Gösterim

RQD (Deere,1964)	
90-100	Çok iyi
75-90	İyi
50-75	Orta
25-50	Zayıf
0-25	Çok zayıf

Çatlak sıklığı (Golder Associates, 1979a)	
<1	Masif
1--3	Az gatlaklı-kırıklı
3--10	Kırıklı-gatlaklı
10--50	Çok gatlaklı-kırıklı
>50	Pargalanmış

Ayrışma Derecesi (W) (ISRM,1981)	
W1	Taze
W2	Az bozunmuş
W3	Orta derecede bozunmuş
W4	Tamamen bozunmuş
W5	Artık zemin

Qym	Yamaç molozu
-----	--------------

### 3.4.4. Hidrojeoloji

Bulak Göleti gölalanı ve çevresinde yayılım gösteren Karayaprak Formasyonunda her hangi bir kaynak boşalımı tespit edilememiştir. Planlama Raporu kapsamında, baraj yeri ve yapıların temel kayası özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toplam 333,00 m derinliğinde, 12 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyularda ölçülen yeraltısuyu seviyeleri ve kotları Tablo 3.3’de verilmiştir (Tablo 3.3 ve Şekil 3.6).

Tablo 3.3. Temel Araştırma Kuyuları YAS seviyeleri

Kuyu Adı	Yeri	Kuyu Kotu (m)	Kuyu Derinliği (m)	YAS Seviyesi (m)	YAS Kotu (m)
SK-1	Sol Sahil, Kret, Dolusavak Kanalı	1687	45	13	1674
SK-2	Sol Sahil, Kret	1670	30	10	1660
SK-3	Vadi Tabanı, Eksen	1647	30	1	1646
SK-4	Sağ Sahil, Kret	1684	30	-	-
SK-5	Sağ Sahil, Göl Alanı	1669	30	18	-
SK-6	Vadi Tabanı, Memba Batardosu	1651	30	1	1650
SK-7	Sol Sahil, Kondüvi Girişi	1661	30	8	1653
SK-8	Sol Sahil, Kondüvi Çıkışı	1654	10	-	-
SK-9	Sol Sahil, Dolusavak Kanalı	1659	15	-	-
SK-10	Sağ Sahil, Eksen	1669	30	17	1652
PSK-1	Sol Sahil, Eksen	1684	30	18	1666
KSK-1	Kaya Ocağı	1710	23	-	-

Baraj yeri ve civarında açılan kuyularda yapılan ölçümlere göre, aks kuyularında her iki sahilde açılan kuyularda piyezometrik seviyenin, nehir yatağından yüksek olduğu görülmüştür. Bu ölçümlere göre, yeraltı suyunun hidrolik eğimi her iki yamaçta da vadiye doğrudur ve dereyi beslemektedir. Sağ sahil SK-4 numaralı kuyuda ise yeraltısuyuna rastlanamamış olmasına rağmen SK-10 ve membada açılan SK-5 numaralı kuyularda gözlenen yeraltısuyu seviyesi talveg kotu üzerindedir. Gölet yerinde açılan temel araştırma sondaj kuyularında yapılan basınçlı su testi sonuçlarındaki Lugeon değerlerine göre gölet yerindeki ana kaya, az geçirimli ve geçirimli özelliktedir. Ana kayadaki kırık ve eklemlerin sık olduğu, kısımlarda geçirimsizlik artmaktadır. Bu durum Tablo 3.1’deki sondaj özet tablosundaki BST Lugeon değerleri kolonunda verilmiştir.

### 3.4.5. Aks Yerinin Geçirimsizliği ve Perde Enjeksiyon Derinliğinin Belirlenmesi

Önerilen gölet yerinde ana kaya olarak Üst Kretase – Paleosen yaşlı Karayaprak karışığı bulunmaktadır. Karayaprak Karışığı aglomera, andezit, kireçtaşı, marn, tuf ve silisli kiltaşından oluşmaktadır. Bu birimler üzerinde yer yer, en fazla 9,00 m kalınlığında yamaç molozu ve talvegde 1 m kalınlıkta alüvyon yer almaktadır. Gölet alanındaki birimler çok ayrılmış olduğundan yapılan Basınçlı Su Testlerinde lüjyon değerleri çok yüksek çıkmış, zaman zaman pakerin tutturulamadığı veya basıncın sağlanamadığı kademeler de gözlenmiştir. Ayrışmanın az olduğu sağlam kısımlarda ise lüjyon değerleri düşük çıkmıştır.

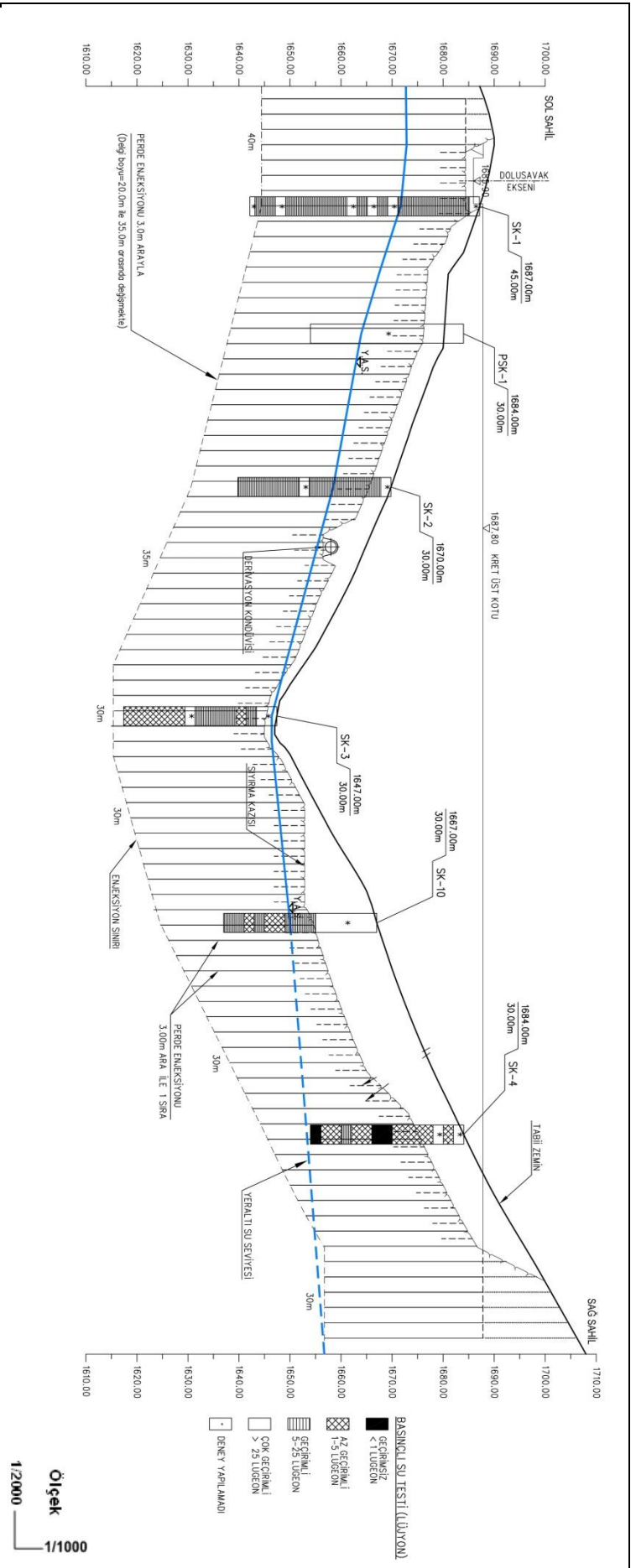
Genel olarak gölet alanında derinlere doğru geçirimsizlik azalmaktadır. Ana kaya üzerinde yer alan dayanımsız kesimler ile yamaç molozu kaldırılırsa ve önerilen perde enjeksiyonu yapılırsa geçirimsizlik yönünden bir sorun yaşanmayacaktır. Gölet eksenini boyunca SK-1, SK-2, SK-3, SK-4 ve SK-10 numaralı kuyular açılmış olup bu kuyulardaki lüjyon değerleri 0,5 ile 17,1 arasında değişmektedir. SK-1 numaralı kuyu genel itibari ile geçirimsizdir. SK-2 numaralı kuyuda ilk 28 metre geçirimsiz iken son 2 metre az geçirimsizdir. SK-3 numaralı kuyuda ise ilk 18 metre geçirimsiz olup 18. metreden itibaren az geçirimsiz ve geçirimsiz zonlar gözlenmiştir. SK-4 numaralı kuyu genel itibari ile az geçirimsiz geçirimsiz olup bu kuyunun 22-24 m kademesi geçirimsizdir. SK-10 numaralı kuyuda yamaç molozundan sonra yapılan basınçlı su testlerine göre, kuyu çevresi %50 oranında geçirimsiz, %50 oranında az geçirimsizdir.

Cutt-off kazı kotu, yeraltısuyu seviyesi ve baraj maksimum su seviyesi dikkate alındığında sol sahilin Şekil 2.15'te 3 numaralı bölgeye, talveg ve sağ sahilin ise 2 numaralı bölgeye düştüğü tespit edilmiştir. Baraj maksimum su seviyesi ve temel araştırma sondajları esnasından yapılan basınçlı su deneyleri sonucunda elde edilen lüjyon değerleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda gövde altında geçirimsizliğin sağlanması ve sızma boyunun uzatılması için perde enjeksiyon derinliği 29 metre olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sıyırma kazısı sonrası zeminde oluşabilecek zayıflıkları iyileştirmek amacıyla sol sahilde 3 metre derinlikte 2 sıra kapak enjeksiyonu yapılması da gerekmektedir (Ek 17, Ek 18 ve Ek 19).

Gövde aksında açılan kuyularda yapılan basınçlı su deneylerinde elde edilen Lugeon değerlerinin derinliğe bağlı değişimleri Tablo 3,4'te, gölete ait geçirimsizlik boy kesiti haritası Şekil 3.9' da verilmiştir.

Tablo 3.4 .Aks sondajları derinlik – Lugeon değerleri tablosu

Kuyu Adı	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-10
Kuyu Kotu (m)	1687,00	1670,00	1647,00	1684,00	1669,00
Derinlik (m)	45,00	30,00	30,00	30,00	30,00
0 1	Refü	Refü	Refü	Refü	Refü
1 2	Refü	Refü	Refü	Refü	Refü
2 3	4,61	10,35	Refü	1,03	Refü
3 4	4,61	10,35	Refü	1,03	Refü
4 5	4,71	8,7	6,0	Refü	Refü
5 6	4,71	8,7	6,0	Refü	Refü
6 7	5,74	12,27	2,1	1,48	Refü
7 8	5,74	12,27	2,1	1,48	Refü
8 9	9,57	9,29	6,08	3,12	Refü
9 10	9,57	9,29	6,08	3,12	Refü
10 11	8,18	9,82	17,1	1,38	Refü
11 12	8,18	9,82	17,1	1,38	Refü
12 13	9,33	7,57	9,16	1,14	6,21
13 14	9,33	7,57	9,16	1,14	6,21
14 15	13,30	Refü	9,31	0,95	4,38
15 16	13,30	Refü	9,31	0,95	4,38
16 17	Refü	Refü	Refü	0,79	6,39
17 18	Refü	Refü	Refü	0,79	6,39
18 19	8,95	9,4	3,5	1,09	3,77
19 20	8,95	9,4	3,5	1,09	3,77
20 21	Refü	11,2	2,82	1,83	3,10
21 22	Refü	11,2	2,82	1,83	3,10
22 23	11,85	9,8	1,77	9,83	5,17
23 24	11,85	9,8	1,77	9,83	5,17
24 25	Refü	15,58	1,64	2,93	1,44
25 26	Refü	15,58	1,64	2,93	1,44
26 27	6,43	7,7	0,9	2,93	6,21
27 28	6,43	7,7	0,9	2,93	6,21
28 29	19,36	5,0	1,2	0,5	7,94
29 30	19,36	5,0	1,2	0,5	7,94
30 31	11,80				
31 32	11,80				
32 33	11,83				
33 34	11,83				
34 35	7,62				
35 36	7,62				
36 37	16,42				
37 38	16,42				
38 39	Refü				
39 40	Refü				
40 41	4,12				
41 42	4,12				
42 43	1,44				
43 44	1,44				
44 45					
Açıklama					
Lugeon Birimi (lt/m/dak)			Kaya Sınıfı		
1 Lugeondan az			Geçirimsiz		
1-5 Lugeon			Az Geçirimli		
5-25 Lugeon			Geçirimli		
25 Lugeondan çok			Çok Geçirimli		



Şekil 3.9. Gövde geçirimsizlik boy kesiti haritası

### 3.4.6. Göl Alanının Geçirimsizliği

Bulak Göleti gölalanı, Mantara Deresi üzerinde oluşacak ve normal su seviyesi 1685,9 m kotunda olacaktır. Bu su seviyesinde yaklaşık 0,039 km<sup>2</sup>'lik alanda yapay bir göl oluşacaktır. Gölün uzunluğu yaklaşık 585 m, en geniş yerde 400 m, en dar yerde ise 20 m eninde olacaktır. Göl alanında ana kaya olarak Üst Kretase –Paleosen yaşlı Karayaprak Karışığı ile yer yer sol sahilde 0,5 – 5,0 metre, sağ sahilde ise 0,0-12,0 metreler arasında değişen kalınlıkta yamaç molozu ve bitkisel toprak örtüsü, vadi tabanında 1,0-1,5 m alüvyon yüzeylenmektedir. Gölet yerinde açılan temel sondajlarında rastlanılan ana kayaya ait birimlerde yapılan BST sonuçlarına göre, ana kayanın yüzeye yakın kısımları, geçirimli – az geçirimli, alt kısımları da geçirimsiz özellikte olduğu belirlenmiştir (Ek 16). Yeraltı suyunun hidrolik eğimi yamaçlardan dereye doğrudur. Gölet gövdesi altından mansaba olması muhtemel su kaçakları ise gölet eksenini boyunca yapılacak perde enjeksiyonu ile önlenmiş olacaktır. Gölet gölü yakınında su kaçaklarına neden olacak Mantara Deresi vadisinden daha düşük kotta başka bir vadi olmadığından rezervuarda toplanacak suyun başka bir havzaya kaçması mümkün görülmemektedir (Şekil 3.10). Ayrıca göl alanında su kayıplarına neden olabilecek fay ve büyük çatlak sistemleri mevcut değildir. Bu nedenlerden dolayı göl alanından su kaçağı beklenmemektedir.



Şekil 3.10. Eksenden göl alanına bakış

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 4.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde, Bulak köyü güneyinde, kuzey güney yönlü akan Mantara deresi çevresindeki arazilerinin sulama suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla yapılması planlanan Bulak Göleti'nin göl alanındaki, gövdenin ve diğer gölet elamanlarının üzerine oturacağı kaya kütlelerinin jeolojik, jeoteknik ve sızdırmazlık özellikleri araştırılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında Bulak göleti; gölet eksenine, dolusavak ve kondüvi güzergâhında zeminin jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla (Sk-1, Sk-2, Sk-3, Sk-4, Sk-5, Sk-6, Sk-7, Sk-8, Sk-9 Sk-10 ve Psk-1) 11 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları esnasında arazide açılan temel sondaj kuyularında ana kayanın geçirimsizliğinin belirlenmesi amacıyla basınçlı Su deneyleri yapılmıştır. Yapılan Basınçlı Su Testleri ile göletin oturacağı kaya kütlelerinin Lugeon değeri tespit edilmiş olup gölet eksenine boyunca uygulanacak olan enjeksiyon perdesi derinliği belirlenmiştir.

- Bulak Göleti Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi sınırları içerisinde, Bulak köyü'nün 400 metre güneyinde, Kelkit ilçe merkezinden ise yaklaşık 13 km mesafede olup, Mantara deresi üzerine inşa edilmesi planlanmaktadır.
- İnceleme alanı ve çevresinin 1/25000 ölçekli Trabzon H43-d4 nolu topoğrafik haritası mevcuttur. Mevcut 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan faydalanarak çalışma alanına ait 1/12500, 1/2000, 1/1000 ve 1/500 ölçekli jeoloji haritaları ve kesitler hazırlanmıştır.
- Çalışma sahası T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğüne hazırlanan deprem bölgeleri haritasına göre birinci derece deprem bölgesi sınırı içinde kalmaktadır.
- Gölet, kil çekirdekli kaya dolgu tipinde, talvegten 40,8, temelden 44,8 metre olacak şekilde planlanmıştır. Gölet kret kotu 1687,8 m, kret uzunluğu 205 metredir. Normal su seviyesinde oluşan göl alanı  $0,039 \text{ km}^2$ , göl hacmi ise  $0,383 \text{ hm}^3$ 'tür.



- Çalışma alanın ve çevresinde, Üst Kretase – Paleosen yaşlı ve Karayaprak karışığı, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon bulunmaktadır.
- Kil çekirdek kaya dolgu gövde tipinde planlanan Bulak Göleti'nin eksen yeri ve gölalanında, ana kaya olarak Üst Kretase – Paleosen yaşlı Karayaprak Karışığı üzerine inşa edilecektir. Karayaprak Karışığındaki birimler gölet yerinde açık kahve ve grimsi renklerde, taze – orta derecede ayrılmış, yer yer tamamen parçalanmış ve kırıklı, genellikle çok zayıf – zayıf kaya kalitesindedir. Bu birimlerin üzerinde yer yer 1,0-12,0 metre arasında değişen kalınlıklarda yamaç molozu yer almaktadır.
- Karayaprak Karışığı, genellikle yastık yapılı volkanitler, tüf, aglomera, andezit, kireçtaşı ve olistostromal gereçler, ince taneli kırıntılı kayalardan ve diğer birimlerden türemiş blokları kapsayan, arazide açık-koyu yeşil, koyu gri, boz, açık-koyu kahverengimsi, kızılımsı, kırmızımsı renklerde görünmektedir.
- Yamaç molozu üst kısımlarda bulunan Karayaprak Karışığına ait kayalardan türemiş olup özellikle sağ sahil sondajlarında yer yer 12 metreye varan kalınlıklarda ve sol sahilde ise Sk-3 ile Sk-8 numaralı sondajların arasın ortalama 4-5 metre kalınlıkta yamaç molozu bulunmaktadır. Yamaç molozu yüksek oranda (%70-90) kil ve az miktarda, ince kum silt ile Karayaprak Karışığına ait andezitlerden türeyen çakıl ve blok parçaları içeren, açıktan koyuya kahverengi renk tonlarındadır.
- Talvegte açılan SK-3 numaralı temel sondaj kuyusunda 1 m kalınlıkta kesilen alüvyon, çoğunlukla Karayaprak karışığına ait yuvarlak-yarı yuvarlak çakıllardan ve kumdan oluşmaktadır. Çakılları boyutu maksimum 3-4 cm'dir.
- Bulak göleti; gölet eksenini, dolusavak, kondüvi güzergâhında ve kaya ocağının zeminin jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla, 12 adet toplam 333,00 metre derinliğinde temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır.
- Bu çalışma kapsamında, gölet eksenini, dolusavak ve kondüvi güzergâhında zeminin jeoteknik özelliklerinin ve hidrojeolojik koşullarının öğrenilmesi amacıyla (Sk-1, Sk-2, Sk-3, Sk-4, Sk-5, Sk-6, Sk-7, Sk-8, Sk-9 Sk-10 ve Psk-1) 11 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj çalışmaları esnasında arazide açılan temel sondaj kuyularında ana kayanın geçirimsizliğinin belirlenmesi amacıyla Basınçlı Su Testi yapılmıştır.
- Temel araştırma sondaj kuyularında yapılan basınçlı su testi sonuçlarındaki lüjyon değerlerine göre gölet yeri temel kayası geçirimsizden, çok geçirimliye değişen zonlar içermektedir. Genel olarak az geçirimli-geçirimli özellikte olan temel

kayasında yapılan tüm BST'lerin 5 tanesinde çok geçirimli zonlar gözlenmiştir. Ana kayadaki kırık ve eklemlerin sık olduğu kısımlarda geçirimlilik artmaktadır. Gövde altında yapılacak olan perde enjeksiyonları sonrasında gölalanı ve akstan herhangi bir su kaçağı beklenmemektedir.

- Gölet aksı ve batardo temelinde açılan temel araştırma sondajlarında BST yapılmıştır. Yapılan BST deneylerinden Lugeon değerlerinin 0,5 L ile 91,54 L arasında değiştiği görülmüştür. Özellikle SK-6 numaralı kuyu genel itibari ile geçirimli-az geçirimli olup 8.00-10.00 metreler arasında geçirimlilik 91,54 L gibi çok yüksek bir değere çıkmaktadır. Genel olarak kayaç yapısındaki kırık ve çatlaklardan kaynaklı yüksek geçirimli zonlar üst kısımlarda olup derinlere doğru kırık ve çatlakların kapanmasıyla birlikte azalmaktadır. SK-1 ve SK-2 kuyularında ise derinliğe bağlı olarak bir azalma gözlenememiş bu nedenle bu kesimlerde tüm kuyu boylarını geçecek şekilde perdedizaynı önerilmiştir.

#### 4.2. Öneriler

Jeoloji mühendisliğinin baraj ve göl inşaatındaki önemi 1928 yılında Amerika'da St. Francis barajının yıkılması ve 436 kişinin ölmesinden sonra daha da artmıştır. Günümüzde ise baraj ve göl inşaatlarında jeolojik-jeoteknik araştırmalar olmazsa olmaz bir hale gelmiştir. Bugün dünya ülkelerinden herhangi birinde bir baraj yada göl yapılması düşünüldüğünde, barajın yapılabilirliğine karar, detaylı jeolojik-jeoteknik çalışmalardan alınan sonuçlar göre verilmektedir.

Bulak göleti projesi kapsamında da detaylı jeolojik-jeoteknik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda gövde yeri ve göl rezervuar alanındaki kayaçlarının litolojik, stratigrafik, jeoteknik, yapısal, hidrojeolojik özellikleri tespit edilmiş ve göl alanı depremsellik yönünden incelenmiştir. Baraj ve göl alanındaki jeolojik-jeoteknik araştırmaların çok yönlü ve detaylı yapılmaması, temel ve rezervuar özelliklerinin açık bir şekilde ortaya konmaması yüzünden pek çok baraj ve gölette inşaat aşamasında yada inşaattan sonra jeolojik-jeoteknik sorunlar ortaya çıkmış ortaya çıkan sorunlar baraj ve göletlerin kullanılamaz hale gelmesine hatta yıkılmasına neden olmuştur.

Yukarıda da belirtildiği gibi baraj ve göletlerdeki olası jeolojik-jeoteknik sorunlar detaylı jeolojik araştırmalar sonucunda ortaya çıkar ve jeolojik çalışmalar neticesinde çıkan sonuçlar doğrultusunda çalışmaların yapılması gerekir. Bundan dolayı baraj ve göl

alanında yapılan jeolojik- jeoteknik araştırmalara çok önem verilmesi gerekir. Yapılan çalışmalardan en önemli olanı sondaj çalışmalarıdır, sondaj çalışmalarında sondaj sayıları bize gerekli olan verileri sağlayacak sayıda ve derinlikte olmak zorundadır. Bundan dolayı sondaj çalışmaları esnasında kuyu derinlikleri duruma göre arazideki sorumlu mühendis tarafından uzatılabilmesi ve gerekli durumlarda ek sondajlar yapılmalıdır.

Arazi alışmaları esnasında gölet aks yerinin 100 metre kuzeyinde doğrultu atımlı bir fay tespit edilmiştir, fakat yeterli arazi çalışmaları yapılmadığı için fayın devamlılığı ve aktif olup olmadığı konusunda herhangi bir sonuca ulaşılamamıştır. Gövdeye 100 metre uzaktaki fayın durumunun tam anlamıyla ortaya konmaması ve hesaplamalarda bu durumun göz önüne alınmaması gelecekte sorunlara yol açabilir. Gelecekte faydan kaynaklanacak problemlerin önceden tespit edilmesi ve ona göre önlemlerin alınabilmesi için fayın durumu hakkında kesin bilgilere ulaşmak gerekmektedir.

Mühendislik projelerinde proje için uygun bir yer aranırken sorumlu mühendisler tarafından belirlenen yerin uygunluğu tam olarak tespit edilememektedir. Bunun nedeni kısa sürede yapılan arazi çalışmalarıdır, bu kısa ve yetersiz çalışmalar yüzünden proje için uygun olamayan yada problemlı alanlar seçilebilmektedir. Daha sonradan seçilen bu alanda yapılan detaylı jeolojik ve jeoteknik çalışmalar sonucunda alanın proje için uygun olmadığı yada problemlı olduğu ortaya konulmaktadır. Proje yerinin ilk etapta doğru tespit edilmemesi boş yere yapılan çalışmalara yada projede ek maliyetlere neden olmaktadır. Bu gibi durumların olmaması için proje yerinin seçimde detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Gövde altında geçirimsizliğin sağlanması ve sızma boyunun uzatılması için perde enjeksiyon yapılması önerilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda önerilen perde enjeksiyon derinliği 29 metre olarak planlanması yeterli olacaktır. Tek sıra halinde perde enjeksiyonu ve sıyırma kazısı sonrası zeminde oluşabilecek zayıflıkları iyileştirmek amacıyla sol sahilde 3 metre derinlikte 2 sıra kapak enjeksiyonu yapılması da gerekmektedir.

## 5. KAYNAKÇA

- Ağar, Ü., 1997. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Attewell, P.B. and Farmer, I.W., 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.
- Baykal, E., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, .M.T.A. Rapor No. 2205 Ankara.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey): The Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57,1-2, 233-244.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999, Migration of the Upper Cretaceous Subduction Related Volcanism Towards the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geological Journal, Geol. J. 34: 95-106.
- Bergougnan, H., 1975 a, Presence de Trois Unites Charriees a la Bordure Sud Des Pontides Dans le Haut-Kelkit. Ages et Mises en Place: C.R. Acad. Sc. 280, ser. D, 2199-2201.
- Bergougnan, H., 1975 b, Dispositif des Ophioïtes Nord-Est Anatoliennes, Origine Des nappes Ophiolitiques et Sud-Pontiques, Jeu de la faille Nord-Anatolienne: C.R. Acad. Sc. 281, ser. D, 107-110.
- Bergougnan, H., 1976 a, Structure de la Chaine Pontique Dans le Haut-Kelkit (Nord-East de Anatolie): Bull. Soc. geol. France, (7), t XVIII, n3, 675-686.
- Bergougnan, H., 1976 b, Doğu Anadolu'da Avrupa ve Arabistan bloklarının çarpışması (çev. O. Yılmaz): Yerbilimleri, TMMOB.
- Berkün, M., 2007. Su Yapılar Barajlar, Savaklar ve Su Kuvveti Tesisleri, Birsen Yayınevi İstanbul, 16-46.
- Boyacı. T.,2005. Engineering Measurements in Dams, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Kasım, İstanbul, 42-51.
- Deere, D.U., 1964. Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposed, Rock Mech. Rock Eng, 1, 17-22
- Devlet Su İşleri Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 2011. Jeoteknik Etüt Şartnamesi, Ankara.

- Devlet Su İşleri Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, 2013. Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi, Ankara.
- Devlet Su İşleri, 2013. Bulak Göleti Planlama Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, Trabzon.
- Devlet Su İşleri, 2013. Bulak Göleti Kati Projesi, Trabzon.
- Erguvanlı, K., 1982. Mühendislik Jeolojisi, Seç Kitabevi, İstanbul, 575s.
- Ertunç, A., 2003. Mühendislik Jeolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 41, SDÜ Basımevi, Isparta.
- Gökçeoğlu, C., 1997. Killi, Yoğun Süreksizlik İçeren ve Zayıf Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflamalarında Karşılaşılan Güçlüklerin Giderilmesine Yönelik Yaklaşımlar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211 pp.
- Karabıyık, T., 2009. Kösbucağı (Mersin-Erdemli) Göleti Su Kaçaklarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi hakkında, İst. Üni. Fen. Fak. Mecm., İstanbul, 21, 113, 127.
- Lugeon, M. 1933. Barrages et Geologie, Methods de Recherches Terrasement et Impermeabilisation. Librairedes Iniversite.
- Musaoğlu, A., 1987. Bayburt-Maden-Kop (Gümühane) Yöresi Jeoloji ve Maden Prospeksiyonu Raporu, M.T.A rap. No: 8541, Ankara.
- MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, 1986. 1/25000 ölçekli Trabzon H43-d4 Haritası, Ankara.
- Nebert, K., 1961. Kelkit Çayı ve Kızılırmak (Kuzey Anadolu) Nehirleri Mecra Bölgelerinin Jeolojisi Hakkında, MTA Derg., Ankara, 57, 1-49.
- Öziş, Ü. 1994. Su Mühendisliği Tarihi Açısından Türkiye'deki Eski Su Yapıları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 32-103.
- Öztemur, M., 2007. Erzinan Kuzeybatısında Uzunkol-Balkaya-Yeniyol-Akdağ Köyleri Arasının Jeolojisi ve Tektoniği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Priest, S.D. ve Hudson, J.A., 1976. Discontinuity Spacing in Rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts. 13, 135-148.

- Robinson, A. G., Banks, C. J., Ruthherford, M. M., and Hirst, J.P.P., 1995, Stratigraphic and Stratactual Devolopment of the Eastern Pontides, Turkey, Journal of the Geological Society, London, 152, 861-872.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İTÜ, Maden Fakültesi, İstanbul, 198s.
- Shroff, A.V. ve Shah, D.L. 1993. Grouting Technology in Tunelling and Dam Construction, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Söylemez, M., 2003. Baraj Yıkılmalarına İstatistiksel Bir Yaklaşım, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Adana, 65-76.
- Şekerçioğlu, E., 2007. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, JMO Yayınları, No:28, Ankara, 82-118.
- Tatar, Y., 1978. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Erzincan-Refahiye Arasındaki Bölümü Üzerinde Tektonik İncelemeler, Yerbilimleri, H.Ü. Yerbilimleri Enst. Yayın Organı, 1-2, 201-236.
- T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1/1.800.000 ölçekli), Ankara.
- Tosun, H., 2004. Baraj Mühendisliğinde Geoteknik-Geçirimli Zeminler ve İyileştirme Esasları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 38-47.
- URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.htm>. 18.10.2014
- URL-2, <https://www.google.com/maps/place/Bulak%2FGümüşhane.html>. 21.02.2015
- URL-3, [https://www.wikipedia.org/wiki/Borçka\\_Barajı\\_ve\\_Hidroelektrik-Santrali.html](https://www.wikipedia.org/wiki/Borçka_Barajı_ve_Hidroelektrik-Santrali.html). 21.03.2015
- URL-4, <http://www.dsi.gov.tr/docs/proje-teknik-%C5%9Fartnameler/baraj-projesi-yap%C4%B1m-teknik-%C5%9Fartnamesi.html>. 18.03.2014
- URL-5, <http://www.yeniresim.com/img3146.htm>. 21.03.2015
- URL-6, <http://www.ozbulutinsaat.com/referans.htm>. 21.03.2015
- URL-7, [http://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki\\_barajlar\\_listesi.html](http://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_barajlar_listesi.html). 17.11.2015
- Ulusay, R., ve Sönmez, H., 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, JMO Yayınları, No:60, Ankara, 14-46.
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:38, 4. Baskı, Ankara, 335 s.

- Wissbach, C.,1978. A New Method for The Determination of The Roughness of Rock Joints in Laboratory, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 16, 303-307.
- Yılmaz A., Okay A. ve Bilgiç T., 1985.Yukarı Kelkit Çayı Yöresi ve Güneyinin Temel Jeoloji Özellikleri ve Sonuçları, MTA Ens. Rapor No: 7777, Ankara, 25-36.
- Yılmaz, C., 1992. Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Stratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği, Trabzon, 40, 50-62.
- Yılmaz, C., 1993. Doğu Pontid Güney Zonu'nun Stratigrafik Deneşirmesi ve Paleocoğrafik Evrimi, Akdeniz Üniversitesi İsparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, 199-214.
- Wedding, H., 1963. Kelkit Hattı Jeolojisine Ait Düşünceler ve Kelkit-Bayburt (Gümüşhane) Çevresindeki Jura Stratigrafisi, MTA Dergisi, Ankara, 61, 30-37.

## 6. EKLER

TEMEL SONDAJ LOGU																					
PROJE : BULAK GÖLETİ PROJESİ										İL : GÜMÜŞHANE											
Yeri: Sol Sahil, Kret, Dolusavak Kanalı				Başlangıç Tarihi : 07.07.2012		Sondaj No : SK-1															
				Bitiş Tarihi : 21.07.2012		Sayfa No : 1															
Konumu : Düşey		Makine Tipi : CREALIUS D500		YER ALTI SUYU DURUMU																	
Derinliği : 45 m.		Sondör : H.Abdullah KAVAK		Tarih : 16.08.2012		Derinlik (m) : 13,00		Açıklama													
Kotu (m) : 1687 m.		Logu Hazırlayan : Murat KARAHAN																			
Koordinatları X: 545 715		Oda Sicil No : 15645																			
Y : 4 435 964		İmza :																			
		Proje Mühendisi : Özkan COŞKUN																			
Derinlik (m)	Günlük Durum		Basıncılı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi				SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama	
	İlerleme (m)	Su seviyesi	Kuyu çapı ve kesici uç çinsi	Muh. Borusu ve Çimentolama	Sondaj suyu (renk ve %)	Basınç (kg/cm <sup>2</sup> )	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						
1						2									75	0	>50	W4	0.00-1.00 m YAMAÇ MOLOZU Yamaç molozu üst kısımlardaki Karayaprak Karışığından türemiştir. Kireçtaşı, Tüf, Andezit, silisli kiltaş, Marn Çakıllarından oluşmaktadır. Marn ve Tüf çakılları orta derecede ayrılmış ve yuvarlaktır diğer çakıllar köşelidir.		
2						2	15	13	28						50	0	>50	W4			
3						2	24	21	45	4,61									1.00-18.00 m KARAYAPRAK KARIŞIĞI 1.00-18.00 metreler arasında bol kırıklı ve çatlaklı orta-çok, yer yer tamamen ayrılmış zayıf dayanımlı Karayaprak Karışığı içerisinde yer alan kayalara ait parçalar, çakıllar ve killi zonlar bulunmaktadır. Bu çakıllar Kireçtaşı, Marn, Tüf Andezit ve silisli kiltaş çakıllardır. Kireçtaşı parçaları gri renkli olup az ayrılmış ve köşelidir. Tüf ve marn çakılları ise sarımsı yeşil renkte olup orta derecede ayrılmış ve yuvarlaktır. Silisli kiltaş çakıllarındaki kil oranı silis oranından fazla olup silisli kil çakılları sarımsı renkte olup köşelidir. Andezit parça ve çakıllarında ise hamur oranı fazla olup gri renktedir kristaller ince taneli olup gözle görülmektedir.		
4						2	13	15	28	4,71					50	0	>50	W4			
5						2	18	17	35												
6						2	26	25	51	5,74					50	0	>50	W4			
7						2	35	37	72												
8						2	24	24	48												
9						2	20	20	40												
10						2	30	28	58	9,57					68	0	>50	W4			
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ % (RQD)		AYRIŞMA DERECESESİ		ÇATLAK SIKLIĞI															
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W <sub>1</sub>	Taze ( Ayrılmamış )	< 1	Masif														
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W <sub>2</sub>	Az Ayrılmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı														
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W <sub>3</sub>	Orta Derecede Ayrılmış	3-10	Kırıklı														
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W <sub>4</sub>	Çok Ayrılmış	10-50	Çok çatlaklı-kırıklı														
		90-100	Çok iyi	W <sub>5</sub>	Tamamen Ayrılmış	> 50	Parçalanmış														

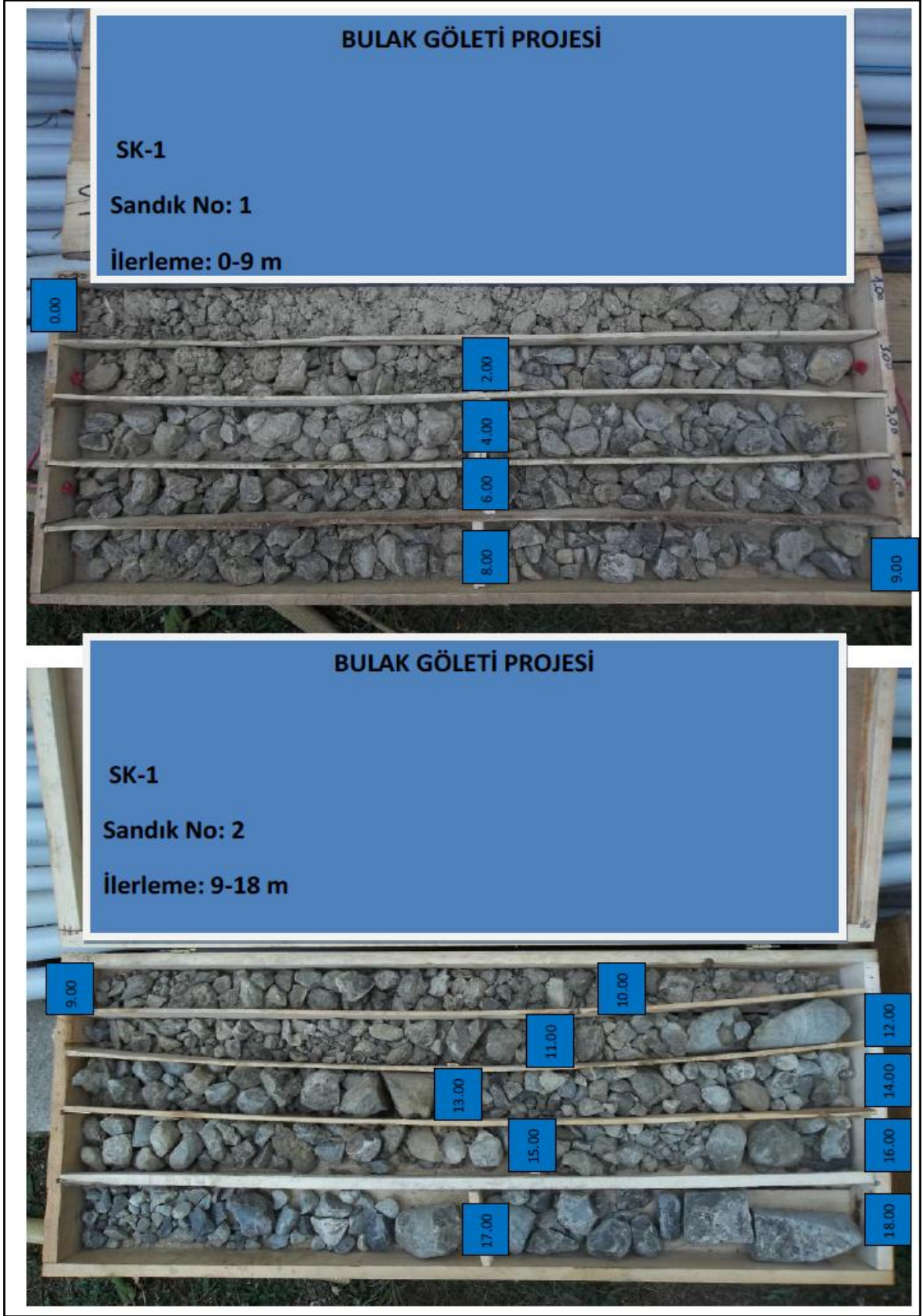
Ek 1. Sk-1 nolu kuyuya ait kuyu logu









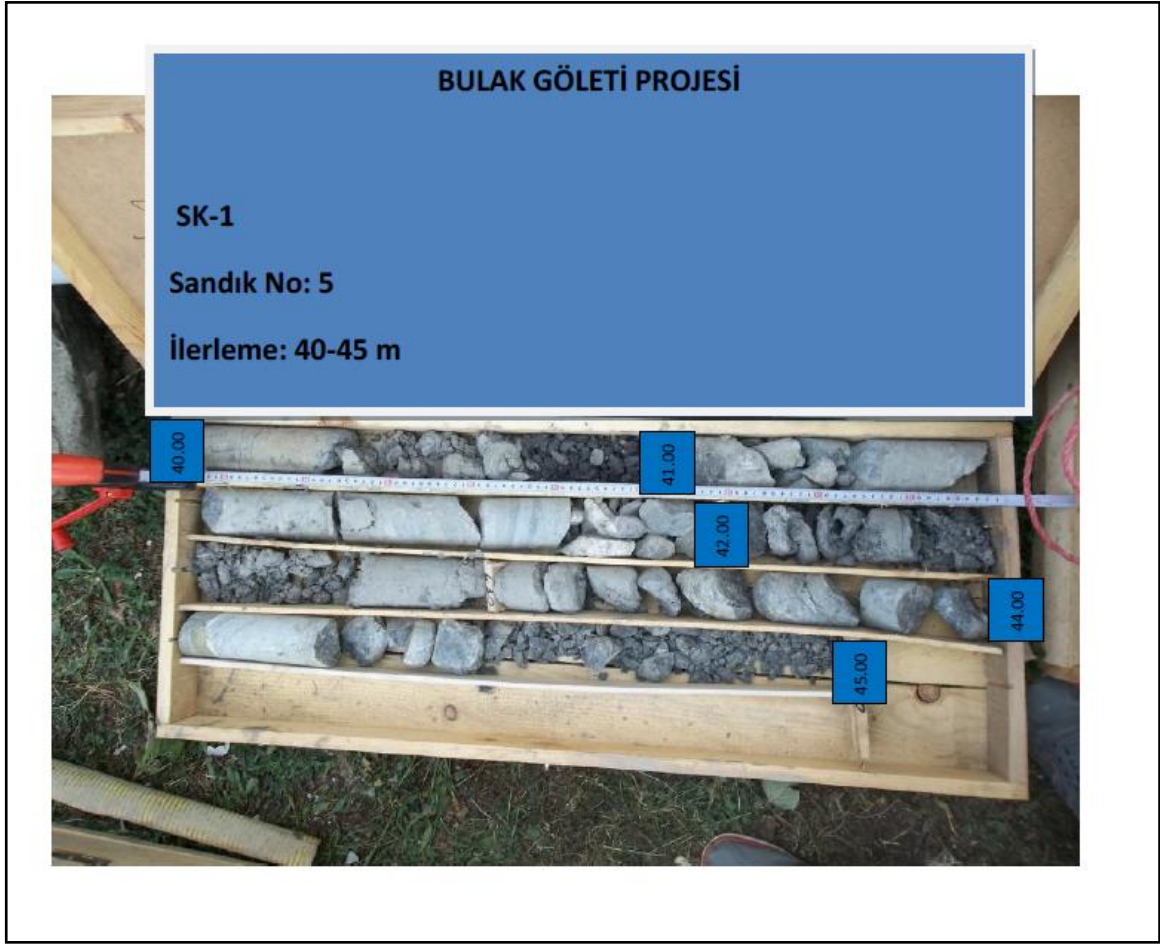


Ek 2. Sk-1 nolu kuyuya ait karot fotoğrafları

Ek 2.'nin devamı



Ek 2.'nin devamı



PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO		SK-1		TARİH		28.Tem.12	
YER ALTI SU TABLASI (m)		13					
KUYU EĞİMİ (derece)		90					
KADEME BOYU (m)		2					
KADEME (m)		10	- 12	Total pipe length (m)		10.00	
TİJ ÇAPI (mm)		17.00		Rod+Coupling length (m)		1.51	
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00		Coupling length (m)		0.13	
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00		Packer length (m)		1.50	
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00		Hose length (m)		3.00	

PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	49.00	0.05	0.018	2.03	2.45	5.80
4.00	10.00	70.00	0.05	0.035	4.01	3.50	6.68
6.00	10.00	91.00	0.05	0.056	5.99	4.55	6.89
8.00	10.00	114.00	0.05	0.085	7.96	5.70	8.13
10.00	10.00	160.00	0.05	0.160	9.89	8.00	8.18
8.00	10.00	99.00	0.05	0.066	7.98	4.95	5.20
6.00	10.00	94.00	0.05	0.060	5.99	4.70	6.62
4.00	10.00	75.00	0.05	0.040	4.01	3.75	6.92
2.00	10.00	54.00	0.05	0.022	2.03	2.70	13.31
LUGEON VALUE		8.18	K (m/sec)		7.74E-07		

### LUGEON GRAPH

Pressure (kg/cm2)	Lugeon (l/m/min)
0.00	0.00
2.00	2.45
4.00	3.50
6.00	4.55
8.00	5.70
10.00	8.18

H : hydrostatic head pressure (kg/cm2)	PM : mano. pressure (kg/cm2)
PC : friction losses (kg/cm2)	T : time (min)
PE : effective pressure (kg/cm2)	Total Q : total take (l)
AQ : coef. of absorption (l/m/min)	

Ek 3. Sk-1 nolu kuyuya ait lugeon değerleri ve grafikleri

## Ek 3.'ün devamı

PROJE																					
BULAK GÖLETİ İNŞAATI																					
Gümüşhane/TÜRKİYE																					
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12																	
YER ALTI SU TABLASI (m)	13																				
KUYU EĞİMİ (derece)	90																				
KADEME BOYU (m)	2																				
KADEME (m)	12 - 14			Total pipe length (m)		12.00															
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)		1.51															
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)		0.13															
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)		1.50															
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)		3.00															
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON														
					0.00	0.00															
2.00	10.00	46.00	0.05	0.019	2.03	2.30	6.67														
4.00	10.00	73.00	0.05	0.044	4.01	3.65	6.38														
6.00	10.00	91.00	0.05	0.065	5.98	4.55	7.00														
8.00	10.00	115.00	0.05	0.100	7.95	5.75	9.31														
10.00	10.00	180.00	0.05	0.231	9.82	9.00	9.33														
8.00	10.00	111.00	0.05	0.094	7.96	5.55	6.53														
6.00	10.00	92.00	0.05	0.067	5.98	4.60	6.63														
4.00	10.00	72.00	0.05	0.043	4.01	3.60	6.93														
2.00	10.00	50.00	0.05	0.022	2.03	2.50	12.33														
LUGEON VALUE		9.33	K (m/sec)		7.75E-07																
LUGEON GRAPH																					
<table border="1"> <caption>Data points for LUGEON GRAPH</caption> <thead> <tr> <th>Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th>L/m/min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>2.30</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>4.55</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>5.75</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>9.00</td></tr> </tbody> </table>								Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	L/m/min	0.00	0.00	2.00	2.30	4.00	3.65	6.00	4.55	8.00	5.75	10.00	9.00
Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	L/m/min																				
0.00	0.00																				
2.00	2.30																				
4.00	3.65																				
6.00	4.55																				
8.00	5.75																				
10.00	9.00																				
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm <sup>2</sup> )			PM	: mano. pressure (kg/cm <sup>2</sup> )																
PC	: friction losses (kg/cm <sup>2</sup> )			T	: time (min)																
PE	: effective pressure (kg/cm <sup>2</sup> )			Total Q	: total take (l)																
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)																				



## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	14 - 16			Total pipe length (m)		14.00	
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)		1.51	
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)		0.13	
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)		1.50	
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)		3.00	
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	70.00	0.05	0.046	2.00	3.50	11.47
4.00	10.00	99.00	0.05	0.087	3.96	4.95	9.76
6.00	10.00	130.00	0.05	0.143	5.91	6.50	11.36
8.00	10.00	175.00	0.05	0.249	7.80	8.75	13.43
10.00	10.00	250.00	0.05	0.488	9.56	12.50	13.30
8.00	10.00	185.00	0.05	0.276	7.77	9.25	12.40
6.00	10.00	132.00	0.05	0.147	5.90	6.60	9.44
4.00	10.00	105.00	0.05	0.097	3.95	5.25	10.84
2.00	10.00	69.00	0.05	0.045	2.00	3.45	17.21
LUGEON VALUE		13.30	K (m/sec)		1.15E-06		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO		SK-1	TARİH 28 Tem.12				
YER ALTI SU TABLASI (m)		13					
KUYU EĞİMİ (derece)		90					
KADEME BOYU (m)		2					
KADEME (m)		18 - 20			Total pipe length (m)		18.00
TİJ ÇAPI (mm)		17.00			Rod+Coupling length (m)		1.51
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00			Coupling length (m)		0.13
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00			Packer length (m)		1.50
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00			Hose length (m)		3.00

PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	58.00	0.05	0.041	2.01	2.90	7.11
4.00	10.00	85.00	0.05	0.082	3.97	4.25	8.43
6.00	10.00	112.00	0.05	0.135	5.91	5.60	7.05
8.00	10.00	126.00	0.05	0.168	7.88	6.30	8.91
10.00	10.00	172.00	0.05	0.299	9.75	8.60	8.95
8.00	10.00	120.00	0.05	0.153	7.90	6.00	6.59
6.00	10.00	109.00	0.05	0.128	5.92	5.45	9.57
4.00	10.00	70.00	0.05	0.057	3.99	3.50	4.56
2.00	10.00	63.00	0.05	0.047	2.00	3.15	15.73
LUGEON VALUE		8.95	K (m/sec)		8.94E-07		

### LUGEON GRAPH

PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
0.00							
2.00	10.00	58.00	0.05	0.041	2.01	2.90	7.11
4.00	10.00	85.00	0.05	0.082	3.97	4.25	8.43
6.00	10.00	112.00	0.05	0.135	5.91	5.60	7.05
8.00	10.00	126.00	0.05	0.168	7.88	6.30	8.91
10.00	10.00	172.00	0.05	0.299	9.75	8.60	8.95
8.00	10.00	120.00	0.05	0.153	7.90	6.00	6.59
6.00	10.00	109.00	0.05	0.128	5.92	5.45	9.57
4.00	10.00	70.00	0.05	0.057	3.99	3.50	4.56
2.00	10.00	63.00	0.05	0.047	2.00	3.15	15.73

H : hydrostatic head pressure (kg/cm2)	PM : mano. pressure (kg/cm2)
PC : friction losses (kg/cm2)	T : time (min)
PE : effective pressure (kg/cm2)	Total Q : total take (l)
AQ : coef. of absorption (l/m/min)	

## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	22 - 24			Total pipe length (m)	22.00		
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51		
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)	0.13		
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)	1.50		
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)	3.00		
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	99.00	0.05	0.129	1.92	4.95	11.02
4.00	10.00	122.00	0.05	0.189	3.86	6.10	12.32
6.00	10.00	160.00	0.05	0.312	5.74	8.00	11.76
8.00	10.00	193.00	0.05	0.444	7.61	9.65	11.72
10.00	10.00	225.00	0.05	0.592	9.46	11.25	11.85
8.00	10.00	185.00	0.05	0.410	7.64	9.25	10.48
6.00	10.00	165.00	0.05	0.331	5.72	8.25	12.84
4.00	10.00	125.00	0.05	0.197	3.85	6.25	11.05
2.00	10.00	95.00	0.05	0.119	1.93	4.75	24.60
LUGEON VALUE		11.85	K (m/sec)		1.42E-06		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO		SK-1	TARİH 28 Tem.12				
YER ALTI SU TABLASI (m)		13					
KUYU EĞİMİ (derece)		90					
KADEME BOYU (m)		2					
KADEME (m)		26 - 28			Total pipe length (m)	26.00	
TİJ ÇAPI (mm)		17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51	
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00			Coupling length (m)	0.13	
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00			Packer length (m)	1.50	
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00			Hose length (m)	3.00	
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	32.00	0.05	0.020	2.03	1.60	5.38
4.00	10.00	50.00	0.05	0.043	4.01	2.50	4.78
6.00	10.00	65.00	0.05	0.070	5.98	3.25	5.83
8.00	10.00	90.00	0.05	0.126	7.92	4.50	6.42
10.00	10.00	125.00	0.05	0.230	9.82	6.25	6.43
8.00	10.00	88.00	0.05	0.121	7.93	4.40	5.79
6.00	10.00	62.00	0.05	0.064	5.99	3.10	6.39
4.00	10.00	30.00	0.05	0.018	4.03	1.50	1.95
2.00	10.00	27.00	0.05	0.015	2.04	1.35	6.63
LUGEON VALUE		6.43	K (m/sec)		5.08E-07		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	28 - 30			Total pipe length (m)	28.00		
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51		
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)	0.13		
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)	1.50		
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)	3.00		
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	33.00	0.05	0.022	2.03	1.65	15.31
4.00	10.00	64.00	0.05	0.072	3.98	3.20	12.52
6.00	10.00	121.00	0.05	0.231	5.82	6.05	17.79
8.00	10.00	210.00	0.05	0.647	7.40	10.50	19.75
10.00	10.00	305.00	0.05	1.314	8.74	15.25	19.36
8.00	10.00	216.00	0.05	0.682	7.37	10.80	17.56
6.00	10.00	134.00	0.05	0.279	5.77	6.70	13.07
4.00	10.00	79.00	0.05	0.106	3.94	3.95	8.48
2.00	10.00	50.00	0.05	0.047	2.00	2.50	12.48
LUGEON VALUE		19.36	K (m/sec)		1.03E-06		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	30 - 32			Total pipe length (m)	30.00		
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51		
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)	0.13		
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)	1.50		
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)	3.00		
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	55.00	0.05	0.059	1.99	2.75	11.78
4.00	10.00	85.00	0.05	0.129	3.92	4.25	9.04
6.00	10.00	115.00	0.05	0.224	5.83	5.75	10.94
8.00	10.00	160.00	0.05	0.414	7.64	8.00	12.27
10.00	10.00	220.00	0.05	0.752	9.30	11.00	11.80
8.00	10.00	180.00	0.05	0.516	7.53	9.00	13.28
6.00	10.00	120.00	0.05	0.243	5.81	6.00	8.74
4.00	10.00	95.00	0.05	0.158	3.89	4.75	10.34
2.00	10.00	60.00	0.05	0.069	1.98	3.00	15.14
LUGEON VALUE		11.80	K (m/sec)		1.03E-06		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	32 - 34			Total pipe length (m)	32.00		
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51		
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)	0.13		
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)	1.50		
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)	3.00		
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	34.00	0.05	0.027	2.02	1.70	11.09
4.00	10.00	56.00	0.05	0.064	3.99	2.80	10.01
6.00	10.00	101.00	0.05	0.188	5.86	5.05	11.35
8.00	10.00	155.00	0.05	0.414	7.64	7.75	11.61
10.00	10.00	210.00	0.05	0.732	9.32	10.50	11.38
8.00	10.00	165.00	0.05	0.465	7.58	8.25	11.66
6.00	10.00	115.00	0.05	0.238	5.81	5.75	10.70
4.00	10.00	71.00	0.05	0.099	3.95	3.55	6.80
2.00	10.00	50.00	0.05	0.053	2.00	2.50	12.52
LUGEON VALUE		11.38	K (m/sec)		8.46E-07		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						

## Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO		SK-1	TARİH 28 Tem.12				
YER ALTI SU TABLASI (m)		13					
KUYU EĞİMİ (derece)		90					
KADEME BOYU (m)		2					
KADEME (m)		34 - 36			Total pipe length (m)		34.00
TİJ ÇAPI (mm)		17.00			Rod+Coupling length (m)		1.51
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00			Coupling length (m)		0.13
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00			Packer length (m)		1.50
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00			Hose length (m)		3.00
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	34.00	0.05	0.028	2.02	1.70	6.57
4.00	10.00	56.00	0.05	0.068	3.98	2.80	5.10
6.00	10.00	71.00	0.05	0.104	5.95	3.55	8.36
8.00	10.00	115.00	0.05	0.252	7.80	5.75	7.52
10.00	10.00	145.00	0.05	0.387	9.66	7.25	7.62
8.00	10.00	105.00	0.05	0.213	7.84	5.25	6.96
6.00	10.00	75.00	0.05	0.115	5.93	3.75	5.73
4.00	10.00	56.00	0.05	0.068	3.98	2.80	6.18
2.00	10.00	34.00	0.05	0.028	2.02	1.70	8.41
LUGEON VALUE		7.62	K (m/sec)		6.24E-07		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						



Ek 3.'ün devamı

PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO	SK-1			TARİH 28 Tem.12			
YER ALTI SU TABLASI (m)	13						
KUYU EĞİMİ (derece)	90						
KADEME BOYU (m)	2						
KADEME (m)	36 - 38			Total pipe length (m)	36.00		
TİJ ÇAPI (mm)	17.00			Rod+Coupling length (m)	1.51		
MANŞON ÇAPI (mm)	17.00			Coupling length (m)	0.13		
PAKER İÇ ÇAPI (mm)	19.00			Packer length (m)	1.50		
HORTUM ÇAPI (mm)	19.00			Hose length (m)	3.00		

PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	55.00	0.05	0.070	1.98	2.75	11.27
4.00	10.00	90.00	0.05	0.169	3.88	4.50	13.06
6.00	10.00	140.00	0.05	0.382	5.67	7.00	9.91
8.00	10.00	165.00	0.05	0.519	7.53	8.25	16.84
10.00	10.00	257.00	0.05	1.196	8.85	12.85	16.42
8.00	10.00	172.00	0.05	0.561	7.49	8.60	10.22
6.00	10.00	148.00	0.05	0.424	5.63	7.40	12.62
4.00	10.00	105.00	0.05	0.225	3.83	5.25	15.23
2.00	10.00	46.00	0.05	0.051	2.00	2.30	11.50
LUGEON VALUE		16.42	K (m/sec)		1.09E-06		

### LUGEON GRAPH

Pressure (kg/cm2)	L/m/min
0.00	0.00
2.00	2.75
4.00	4.50
6.00	7.00
8.00	8.25
9.00	12.85

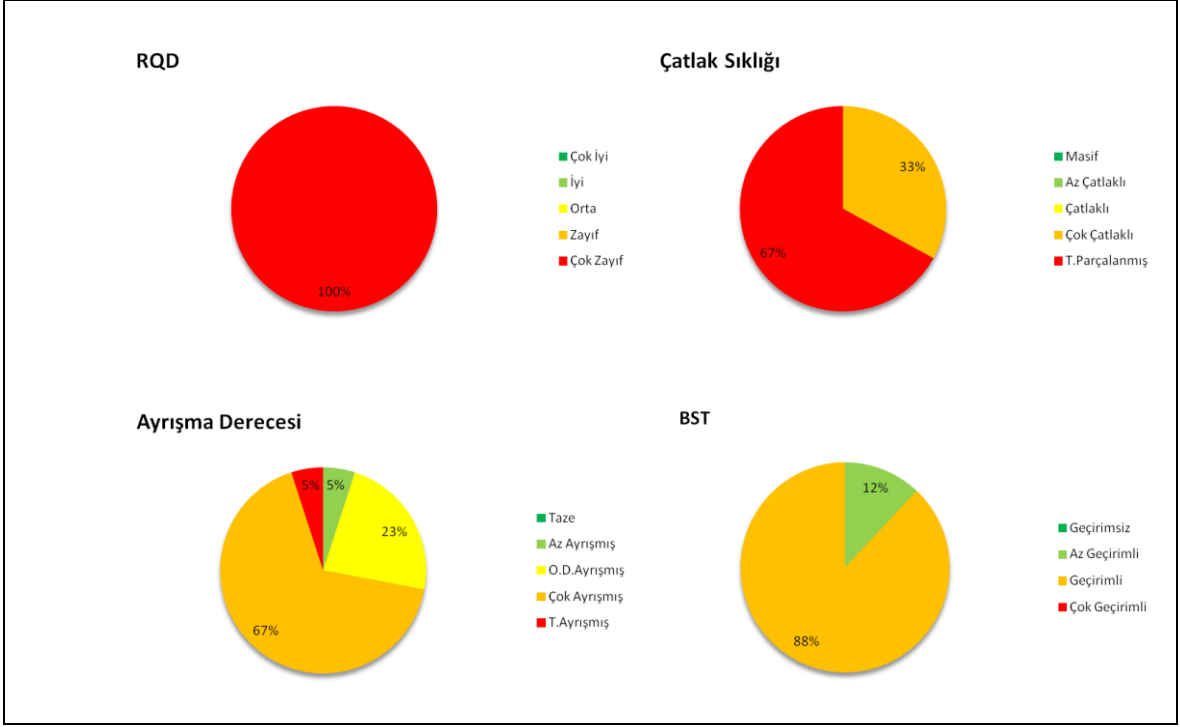
H : hydrostatic head pressure (kg/cm2)	PM : mano. pressure (kg/cm2)
PC : friction losses (kg/cm2)	T : time (min)
PE : effective pressure (kg/cm2)	Total Q : total take (l)
AQ : coef. of absorption (l/m/min)	

## Ek 3.'ün devamı

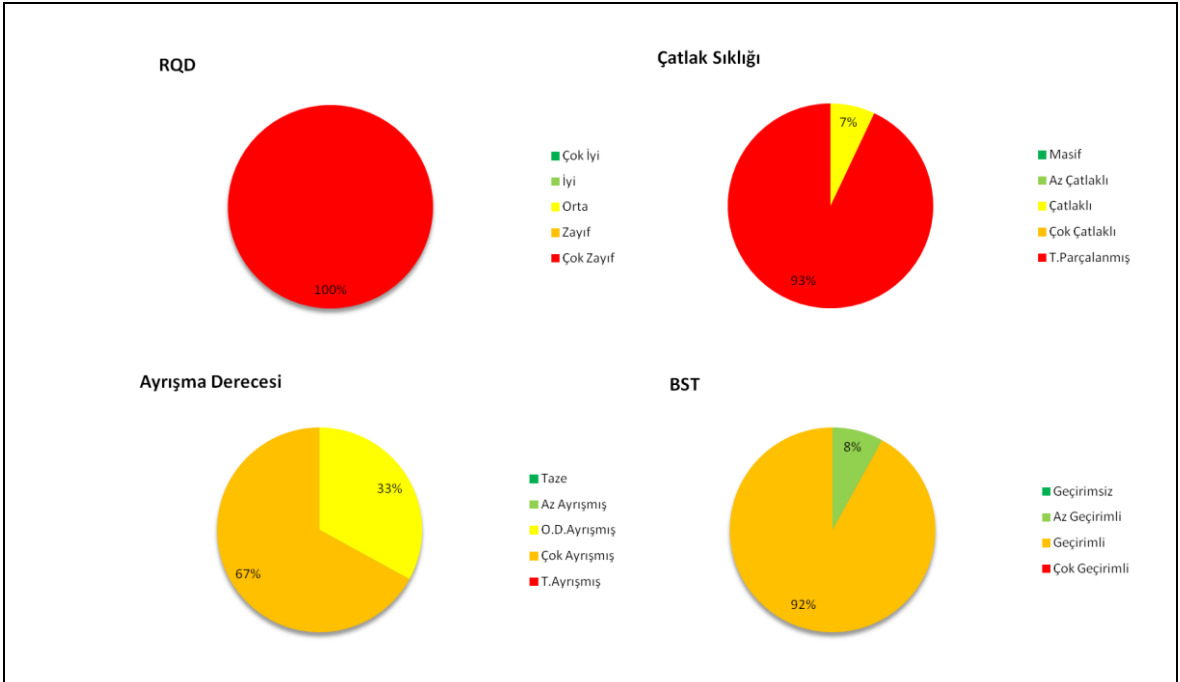
PROJE																																			
BULAK GÖLETİ İNŞAATI																																			
Gümüşhane/TÜRKİYE																																			
KUYU NO		SK-1	TARİH 28 Tem.12																																
YER ALTI SU TABLASI (m)		13																																	
KUYU EĞİMİ (derece)		90																																	
KADEME BOYU (m)		2																																	
KADEME (m)		40 - 42				Total pipe length (m)	40.00																												
TİJ ÇAPI (mm)		17.00				Rod+Coupling length (m)	1.51																												
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00				Coupling length (m)	0.13																												
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00				Packer length (m)	1.50																												
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00				Hose length (m)	3.00																												
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON																												
					0.00	0.00																													
2.00	10.00	18.00	0.05	0.011	2.04	0.90	4.69																												
4.00	10.00	27.00	0.05	0.022	4.03	1.35	3.01																												
6.00	10.00	38.00	0.05	0.040	6.01	1.90	5.01																												
8.00	10.00	68.00	0.05	0.112	7.94	3.40	4.14																												
10.00	10.00	82.00	0.05	0.158	9.89	4.10	4.12																												
8.00	10.00	74.00	0.05	0.131	7.92	3.70	4.99																												
6.00	10.00	50.00	0.05	0.065	5.99	2.50	4.55																												
4.00	10.00	30.00	0.05	0.026	4.02	1.50	2.85																												
2.00	10.00	21.00	0.05	0.014	2.04	1.05	5.16																												
LUGEON VALUE		4.12	K (m/sec)		3.57E-07																														
LUGEON GRAPH																																			
<table border="1"> <caption>Data points for LUGEON GRAPH</caption> <thead> <tr> <th>Pressure (kg/cm2)</th> <th>Time (min)</th> <th>Total Q (l)</th> <th>LUGEON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>10.00</td><td>0.00</td><td>5.16</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>10.00</td><td>21.00</td><td>4.55</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>10.00</td><td>30.00</td><td>2.85</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>10.00</td><td>50.00</td><td>4.55</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>10.00</td><td>74.00</td><td>4.99</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>10.00</td><td>82.00</td><td>4.12</td></tr> </tbody> </table>								Pressure (kg/cm2)	Time (min)	Total Q (l)	LUGEON	0.00	10.00	0.00	5.16	2.00	10.00	21.00	4.55	4.00	10.00	30.00	2.85	6.00	10.00	50.00	4.55	8.00	10.00	74.00	4.99	10.00	10.00	82.00	4.12
Pressure (kg/cm2)	Time (min)	Total Q (l)	LUGEON																																
0.00	10.00	0.00	5.16																																
2.00	10.00	21.00	4.55																																
4.00	10.00	30.00	2.85																																
6.00	10.00	50.00	4.55																																
8.00	10.00	74.00	4.99																																
10.00	10.00	82.00	4.12																																
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)																														
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)																														
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)																														
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)																																		

## Ek 3.'ün devamı

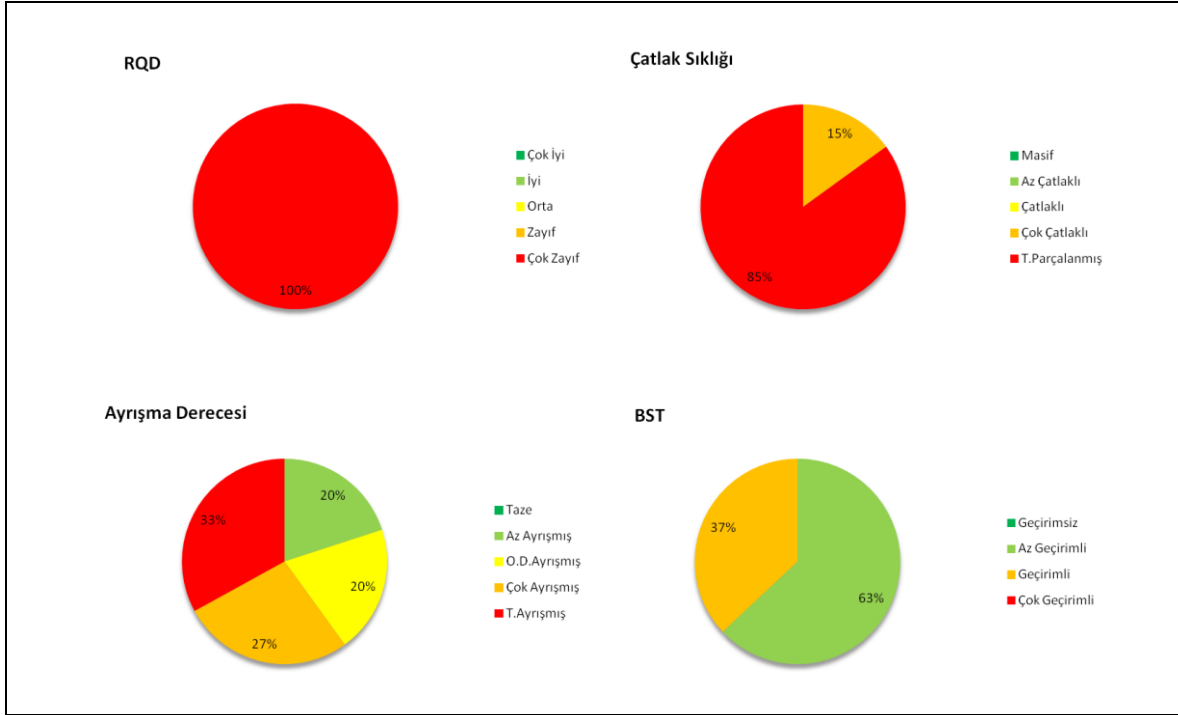
PROJE							
BULAK GÖLETİ İNŞAATI							
Gümüşhane/TÜRKİYE							
KUYU NO		SK-1	TARİH 28 Tem.12				
YER ALTI SU TABLASI (m)		13					
KUYU EĞİMİ (derece)		90					
KADEME BOYU (m)		2					
KADEME (m)		40 - 42	Total pipe length (m)	40.00			
TİJ ÇAPI (mm)		17.00	Rod+Coupling length (m)	1.51			
MANŞON ÇAPI (mm)		17.00	Coupling length (m)	0.13			
PAKER İÇ ÇAPI (mm)		19.00	Packer length (m)	1.50			
HORTUM ÇAPI (mm)		19.00	Hose length (m)	3.00			
PM	T	TOTAL Q	H	PC	PE	AQ	LUGEON
					0.00	0.00	
2.00	10.00	7.00	0.05	0.002	2.05	0.35	1.21
4.00	10.00	12.00	0.05	0.005	4.04	0.60	1.20
6.00	10.00	16.00	0.05	0.009	6.04	0.80	1.50
8.00	10.00	23.00	0.05	0.016	8.03	1.15	1.45
10.00	10.00	29.00	0.05	0.025	10.03	1.45	1.44
8.00	10.00	20.00	0.05	0.013	8.04	1.00	1.25
6.00	10.00	15.00	0.05	0.008	6.04	0.75	1.25
4.00	10.00	10.00	0.05	0.004	4.05	0.50	0.80
2.00	10.00	8.00	0.05	0.003	2.05	0.40	1.95
LUGEON VALUE		1.44	K (m/sec)		1.26E-07		
LUGEON GRAPH							
H	: hydrostatic head pressure (kg/cm2)			PM	: mano. pressure (kg/cm2)		
PC	: friction losses (kg/cm2)			T	: time (min)		
PE	: effective pressure (kg/cm2)			Total Q	: total take (l)		
AQ	: coef. of absorption (l/m/min)						



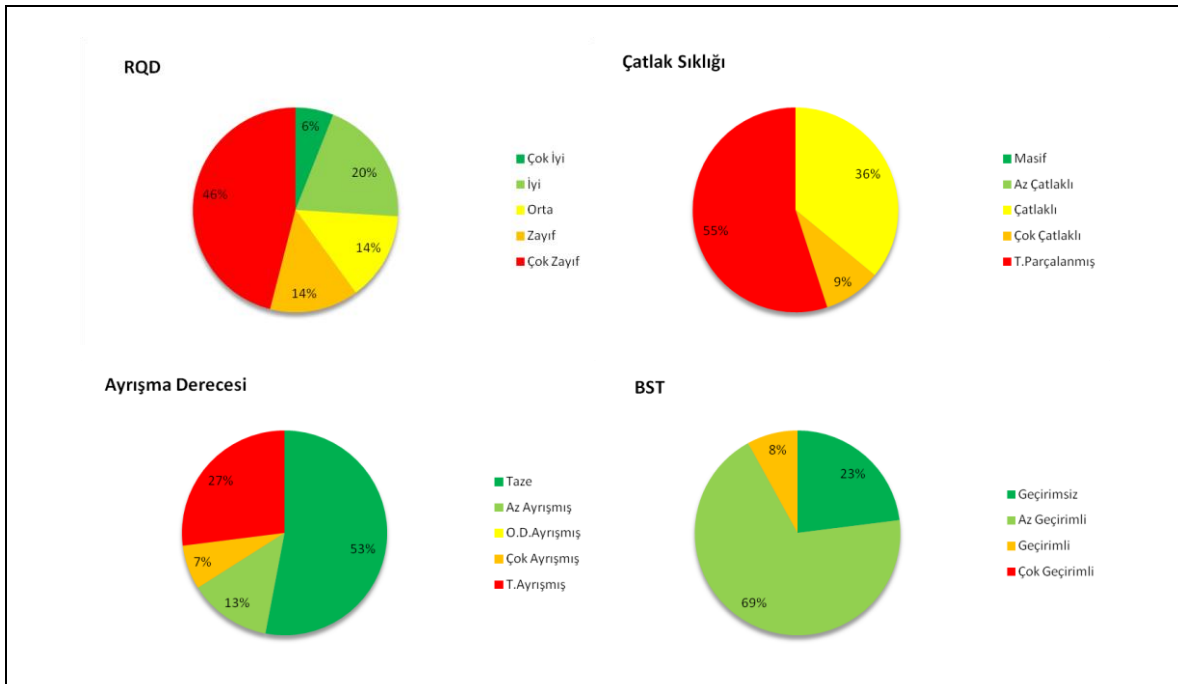
Ek 4. SK-1 kuyusu değerlendirme grafikleri



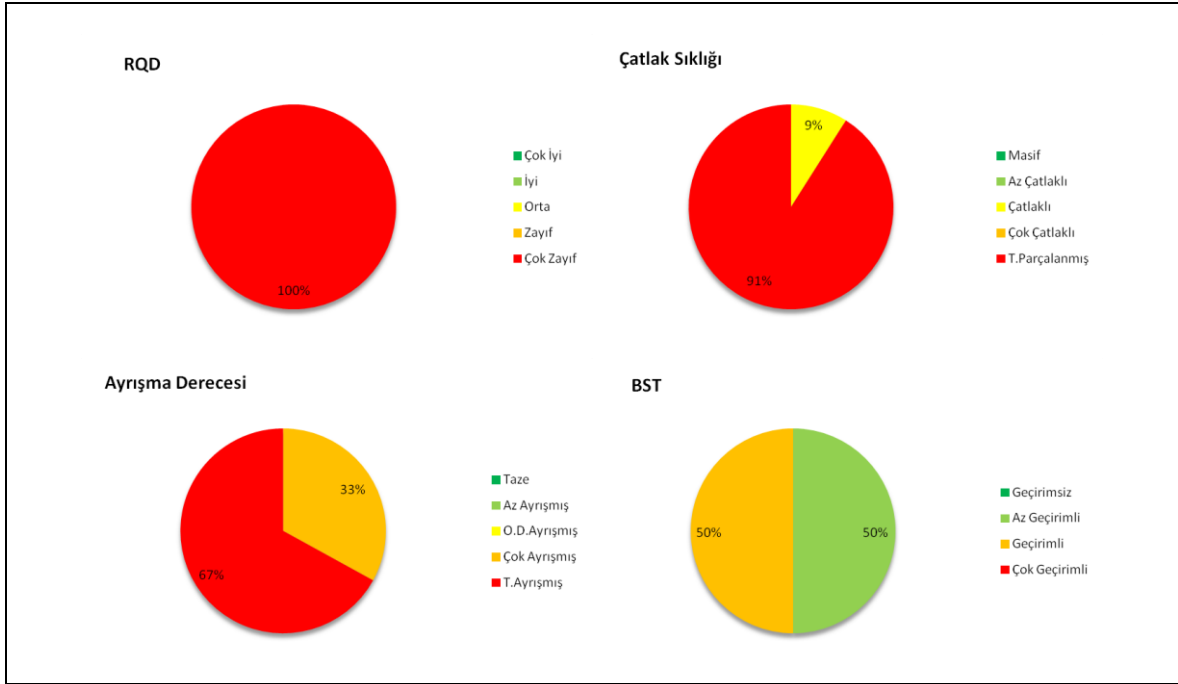
Ek 5. SK-2 kuyusu değerlendirme grafikleri



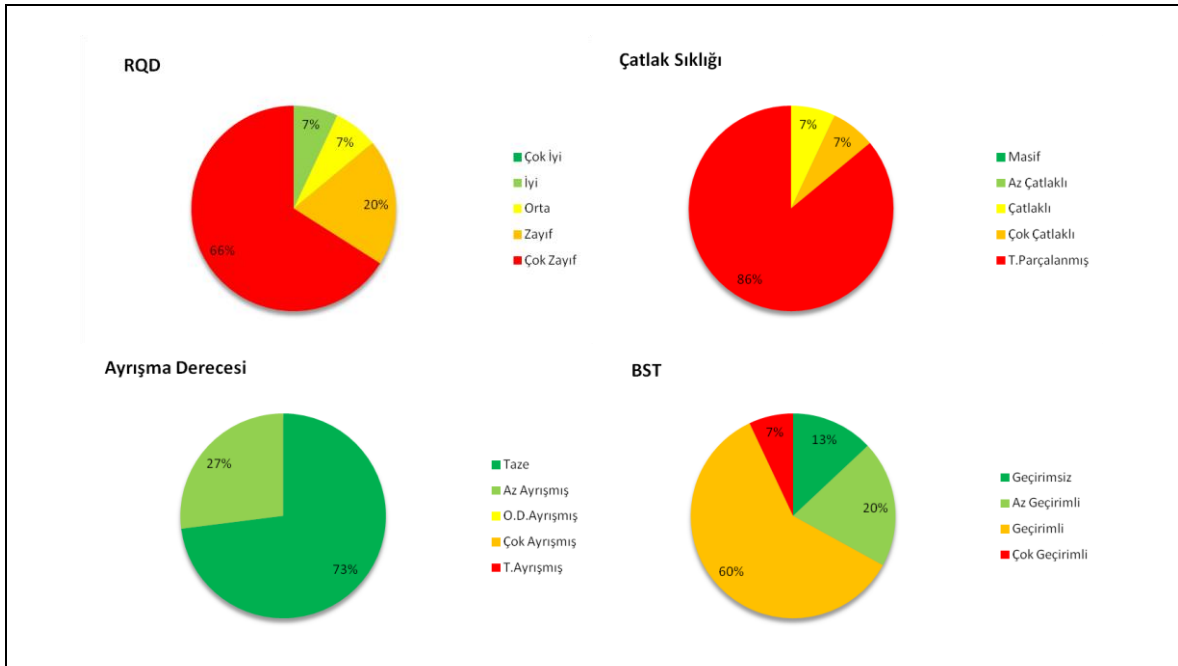
Ek 6. SK-3 kuyusu değerlendirme grafikleri



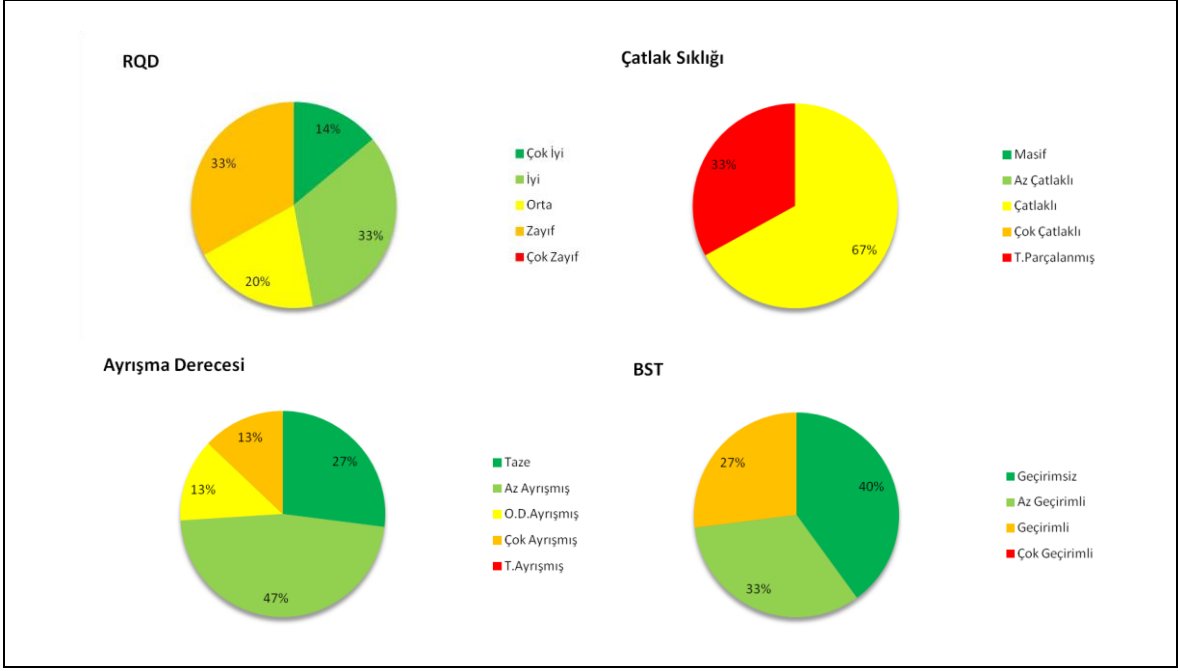
Ek 7. SK-4 kuyusu değerlendirme grafikleri



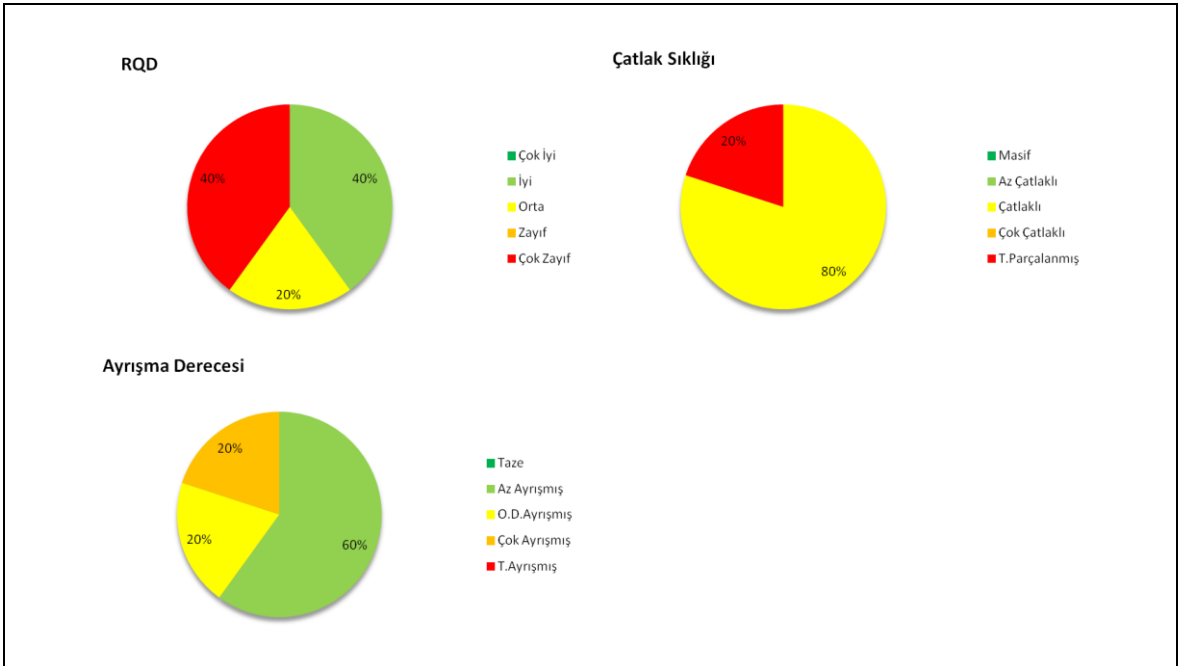
Ek 8. SK-5 kuyusu değerlendirme grafikleri



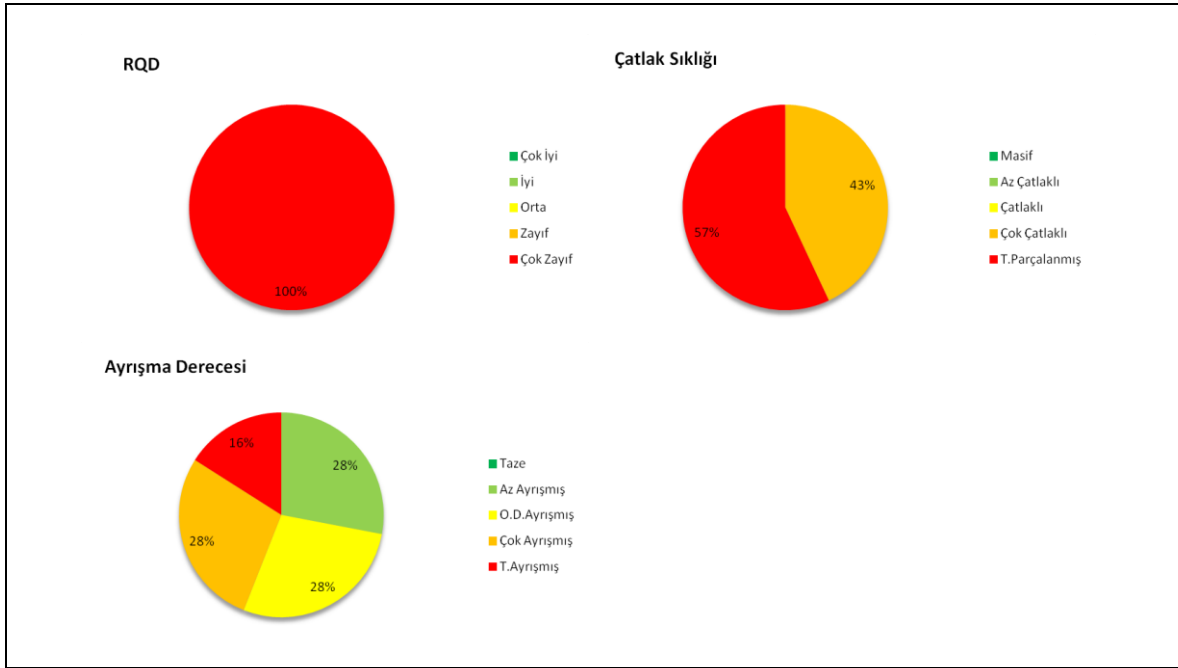
Ek 9. SK-6 kuyusu değerlendirme grafikler



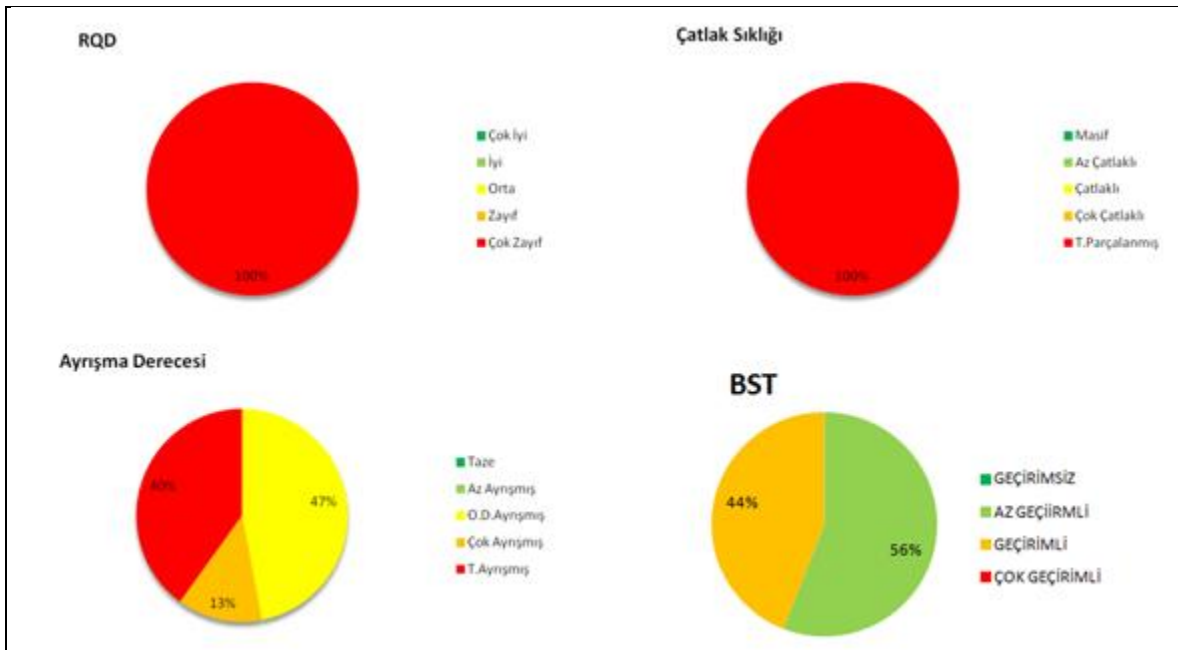
Ek 10. SK-7 kuyusu değerlendirme grafikleri



Ek 11. SK-8 kuyusu değerlendirme grafikleri

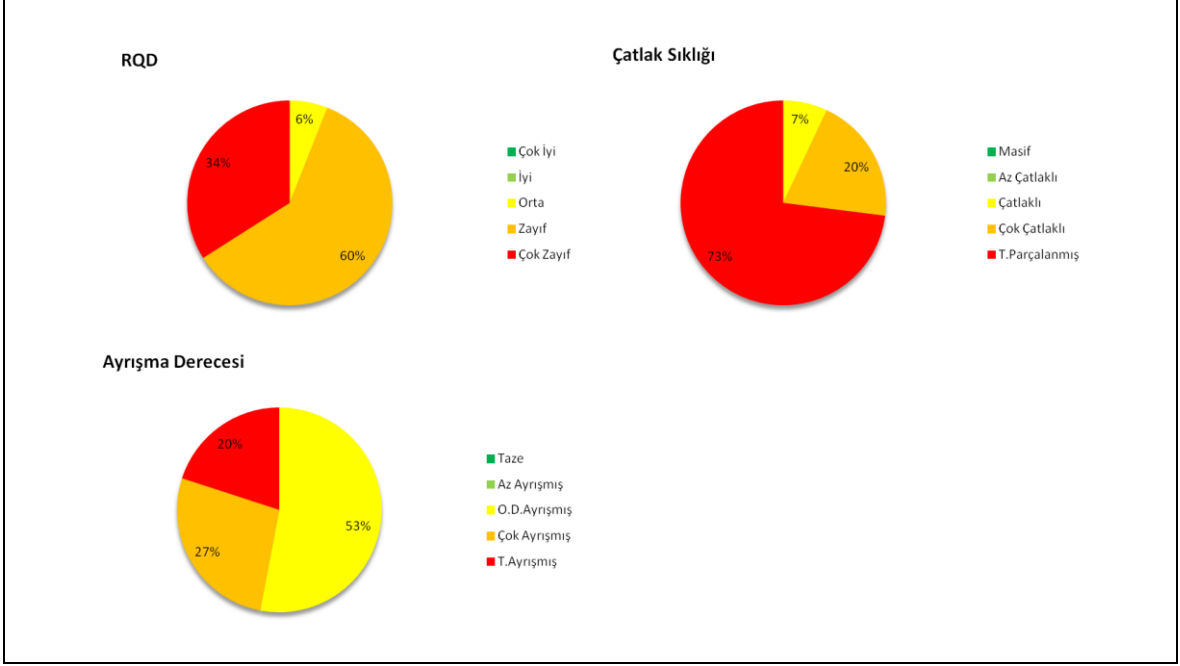


Ek 12. SK-9 kuyusu değerlendirme grafikleri

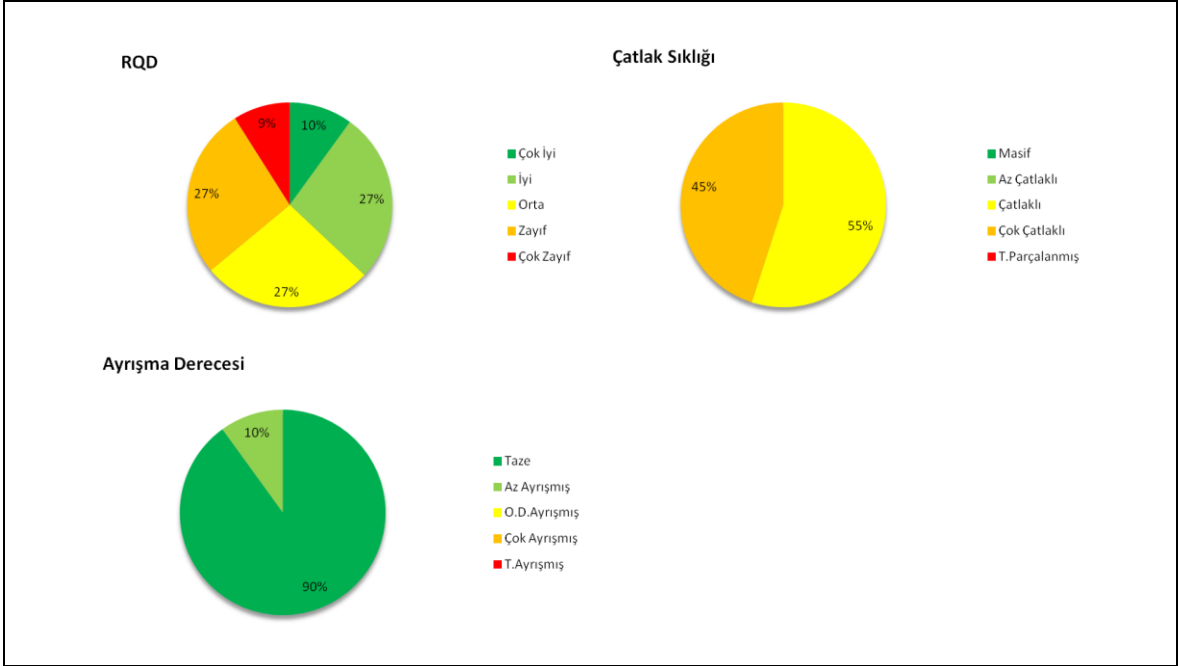


Ek 13. SK-10 kuyusu değerlendirme grafikleri

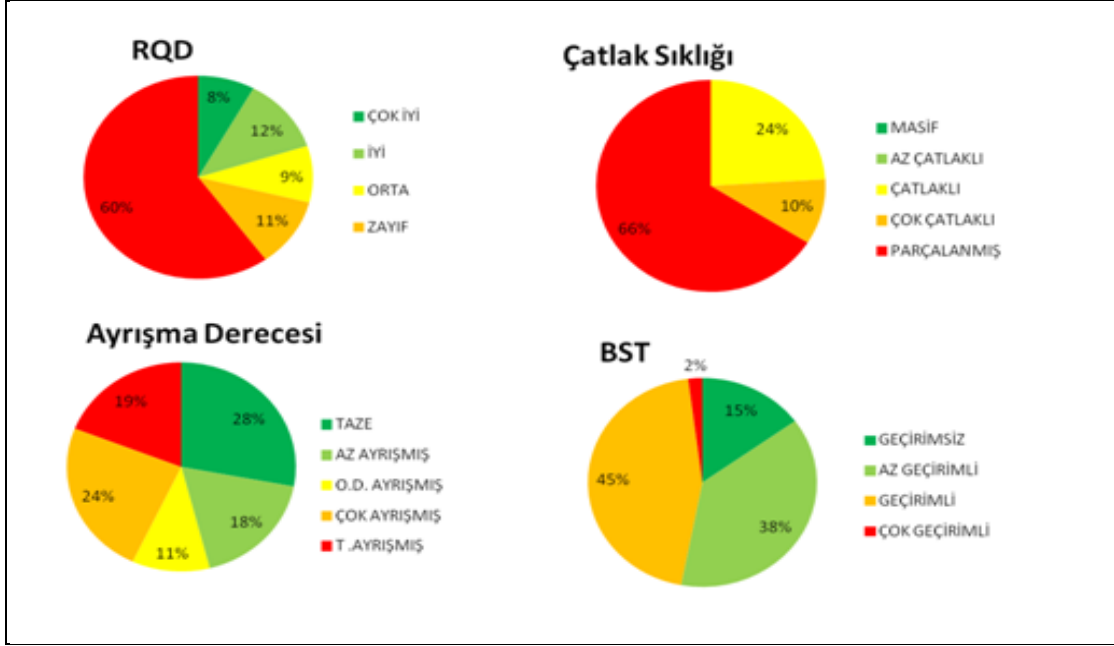




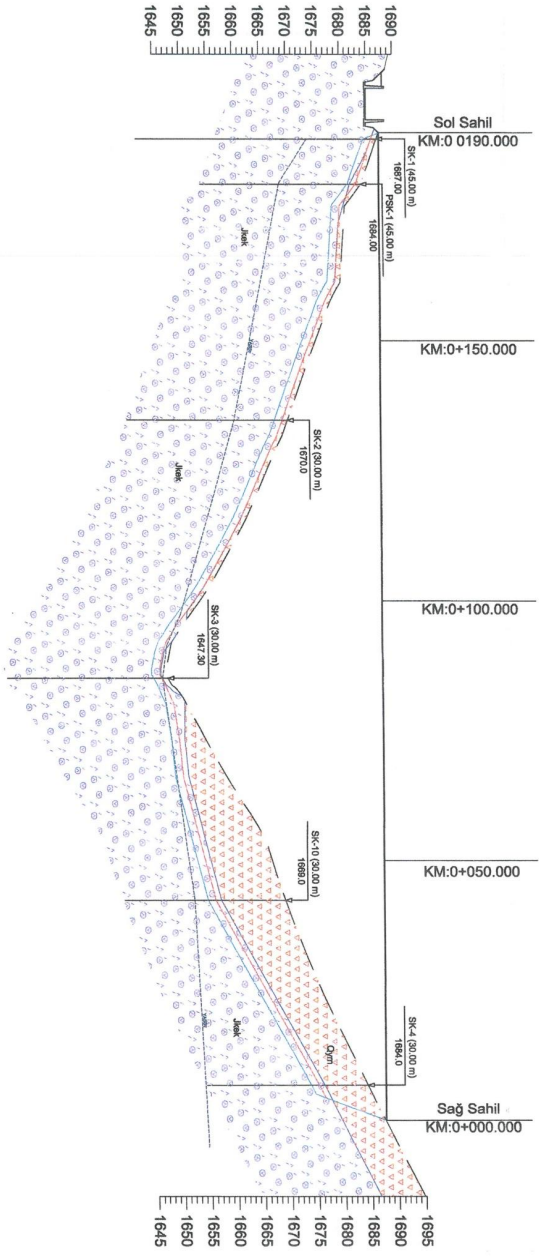
Ek 14. PSK-1 kuyusu değerlendirme grafikleri



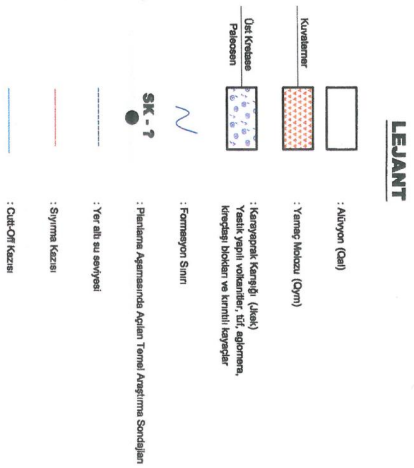
Ek 15. KSK-1 kuyusu değerlendirme grafikleri



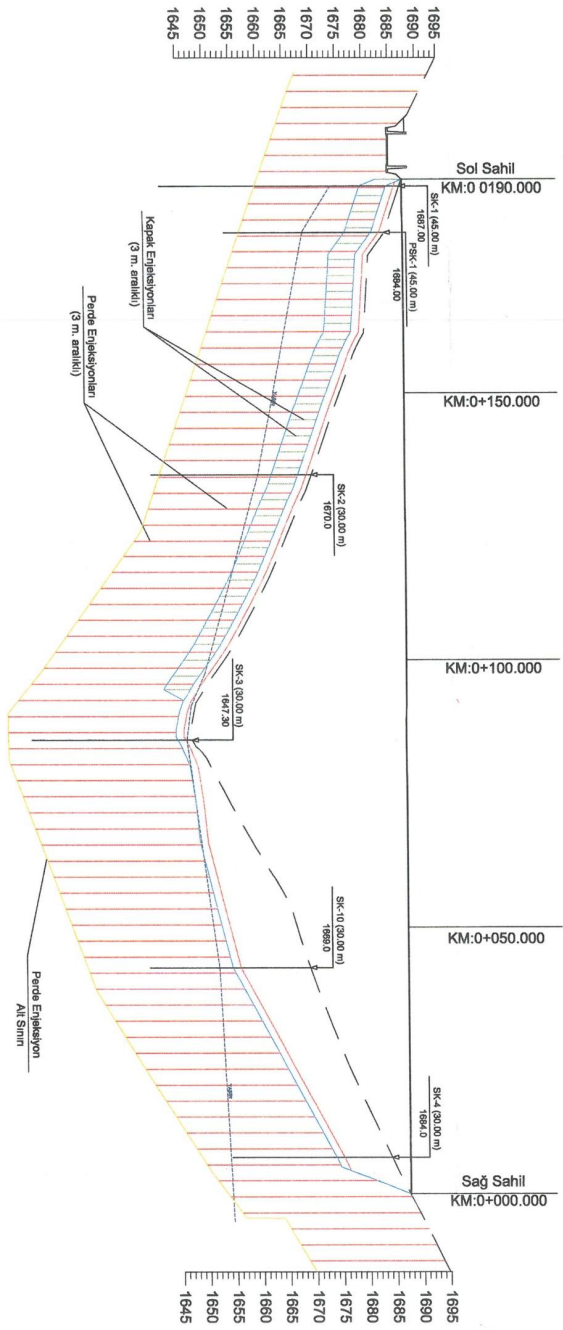
Ek 16. Sk-5, Sk-6 ve Sk-7 nolu kuyulara ait değerlendirme grafikleri



Ek 17. 1/1000 Ölçekli sıyırma kazısı kesiti ( Bulak Gölü katı projisinden değiştirilerek alınmıştır)







### LEJANT

- : Yer altı su seviyesi
- : Sıyırma Kazisi
- : Cut-Off Kazisi

Ek 19. 1/1000 Ölçekli Gövde enjeksiyonu boy kesiti ( Bulak Gölü katı profesinden değiştirilerek alınmıştır)

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Diyarbakır ilinin Ergani ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ergani'de tamamladıktan sonra 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2011 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitimi devam ederken Çalışkan Madencilik Burdur/Yeşilova'da sondajlı krom arama çalışmalarında arazi ve sondaj mühendisi olarak (2011), Trabzon Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü kontrolünde olan Kanuni Bulvarı Projesinde Jemas Proje firmasında arazi ve sondaj mühendisi olarak (2011-2012), DSİ 22. Bölge Müdürlüğü kontrolünde olan Teksa Teknik Şirketinde Gümüşhane/Kelkit ve Şiran ilçelerinde yapılması planlanan 6 adet Gölet, bir adet Sulama Barajı Jeoteknik Araştırmalarında arazi ve sondaj mühendisi olarak (2012-2013) ve Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü kontrolündeki Başfen İnşaat'ta Trabzon-Maçka tüneli inşaatında tünel mühendisi olarak (2013-2014) görev yaptı. Yazar Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.