

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**YUSUFÇAM GÖLETİ (SINDIRGI/BALIKESİR) YERİ VE
REZERVUAR ALANININ MÜHENDİSLİK
JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZ SOYSAL

BALIKESİR, HAZİRAN – 2019

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**YUSUFÇAM GÖLETİ (SINDIRGI/BALIKESİR) YERİ VE
REZERVUAR ALANININ MÜHENDİSLİK
JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZ SOYSAL

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Şener CERYAN (Tez Danışmanı)

Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN

Doç. Dr. Hakan ELÇİ

BALIKESİR, HAZİRAN – 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Deniz SOYSAL tarafından hazırlanan “**YUSUFÇAM GÖLETİ (SINDIRGI/BALIKESİR) YERİ VE REZERVUAR ALANININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Şener CERYAN

Üye
Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN

Üye
Doç. Dr. Hakan ELÇİ

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

**YUSUFÇAM GÖLETİ (SINDIRGI/BALIKESİR) YERİ VE REZERVUAR
ALANININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI
YÜKSEKLİSANS TEZİ
DENİZ SOYSAL
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ŞENER CERYAN)
BALIKESİR, HAZİRAN-2019**

Bu çalışma Balıkesir İli Sındırgı ilçesine bağlı Yusufçam Köyü'nde yapılması planlanan Yusufçam Göletinin aks yeri ve rezervuar alanının jeolojisine bağlı olarak jeomekanik ve hidrojeolojik problemler üzerine odaklanmıştır. Yapılan bu çalışma kapsamında inceleme alanının 1/25000'lik jeoloji haritası, aks yeri ve çevresinin ise 1/5000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır. Gölet rezervuar alanında Miyosen yaşlı dasit ve riyodasitler yayılım göstermektedir. Gölet sahasında, baraj temellerinin durumunu değerlendirmek ve laboratuvar testlerine kaya örnekleri elde etmek için toplam derinliği 310,5 m olan toplam 8 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu saha araştırması sırasında baraj eksenini boyunca açılan sondajlara dayanarak geoteknik bir enine kesit oluşturulmuştur. Bu kesitte, yer altı su seviyesi, kaya kütlelerinin ayrışma derecesi, Kaya Kalitesi Özelliği (RQD), geçirimsizlik değerleri ve geçirimsizliğe göre sınıflandırma verilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada, Hoek-Brown yenilme kriteri kullanılarak gölet alanındaki farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri bulunmuştur. Bu değerlerden yararlanılarak gölet yerinde şev duraylılığı analizi ve taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda gölet yerinde şev duraylılığı ve taşıma gücü problemi olmadığı görülmüştür. Ancak yeraltı suyu seviyesi ve kayaların geçirimsizliği dikkate alındığında sol sahilde rezervuar dışına su kaçırma problemi olacaktır. Bu nedenle sol sahilde yapılması düşünülen enjeksiyon perdesi bu durum dikkate alınarak projelendirilmelidir.

ANAHTAR KELİMELELER: Gölet, RQD, RMR, lugeon, geçirimsizlik, Sındırgı (Balıkesir)

ABSTRACT

THE ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION ON AXIS SITE AND REZERVUAR AREA OF THE YUSUFÇAM POND (SINDIRGI/BALIKESIR)

MSC THESIS

DENİZ SOYSAL

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ŞENER CERYAN)

BALIKESİR, JUNE 2019

This study focuses on the geomechanical and hydro-geological problems based on the local geological model of the Yusufçam pond site and its reservoir area planned in Yusufçam rural Sındırgı-Balıkesir. Within the scope of this study, 1/25000 geological map of the study area and 1/5000 scale geological map of the axle site and its surroundings were prepared. In the reservoir area, dacite and rhyodacites aged Miocene are exposed. At the pond site a total of 8 boreholes with total depth of 310,5 m were drilled to assess the condition of the dam foundations and to obtain rock samples for laboratory testing. A geotechnical cross section was constructed based on the exploratory boreholes drilled along the dam axis during the site investigation. In this section, the ground water level, the degree of decomposition of the rock masses, Rock Quality Designation (RQD), permeability values and classifications according to permeability value were given. In this study, also, the strength and deformation properties of the rock masses with the different weathering degree in the pond area were found using Hoek-Brown failure criteria. Taking into consideration this data, slope stability analysis and bearing capacity analyzes were performed for the pond site. As a result of this research, slope stability problem and bearing capacity the problems were not observed at the pond site. However, considering the groundwater level and permeability of the rock masses, there will be a problem of water leakage out of the reservoir on the left bank. For this reason, the injection curtain, which is intended to be built on the left bank, should be projected considering this situation.

KEYWORDS: Pond, RQD, RMR, lugeon, permeability, Sındırgı (Balıkesir)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	ix
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu	1
1.3 Morfoloji	3
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.5 Akarsular	4
1.6 Önceki Çalışmalar	7
1.7 Yusufçam Göletinin Karakteristik Özellikleri	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
2.1 Jeolojik Harita Alımı	10
2.2 Süreksizliklerin Jeoteknik Özelliklerinin Ölçümü	10
2.3 Jeoteknik Birimlerin Tanımlanması ve Kaya Kütle Özelliklerinin Ölçümü	15
2.4 Jeoteknik Loglama ve Sondaj Çalışmaları	17
2.4.1 Basınçlı Su Testleri (BST)	19
2.4.2 Basıncsız Su Testi (K Permeabilite (Sızma) Deneyi (USB))	23
2.5 Laboratuvar Çalışmaları	25
2.5.1 Kaya Malzemesi İndeks ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ..	25
3. BULGULAR	27
3.1 Yusufçam ve Yakın Çevresinin Jeolojisi	27
3.1.1 Kocaışkan Volkanik Birimi	27
3.1.2 Sındırgı Volkanik Birimi	31
3.1.3 Alüvyon	31
3.2 Yapısal Jeoloji	33
3.2.1 Faylanma	33
3.2.2 Kırıklar	34
3.3 Gölet Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi	35
3.3.1 Göl Alanı ve Aks Yeri Jeolojisi	35
3.3.2 Kaya Malzemesi İndeks Özellikleri, Dayanımı ve Deformasyon Özellikleri	38
3.3.3 Kaya Kütlelerinin Ayrışma Durumu	39
3.3.4 Jeomekanik Sınıflama	41
3.3.5 Jeolojik Dayanım İndeksi	50
3.3.6 Kaya Kütleli Dayanım ve Deformasyon Özellikleri	52
3.3.7 Kazılabilirlik	56
3.3.8 Kaya Kütleli Geçirimsizliği	60
3.3.8.1 Basınçlı Su Testi ve Permeabilite Deneyi Verilerinin Değerlendirilmesi	60
3.3.9 Gölet Yeri Şev Duraylılığı	66
3.3.10 Gölet Yeri Taşıma Gücü	74

3.4	Yusuşam Göleti Gövdesinde Kullanılacak Malzeme Araştırmaları.....	76
3.4.1	Malzeme İhtiyacı.....	76
3.4.2	Malzeme Sahaları.....	76
3.4.2.1	Geçirimsiz Malzeme Alanları	78
3.4.2.2	Geçirimli Malzeme Alanları	86
3.4.2.3	Kaya Malzeme Alanları	90
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	95
5.	KAYNAKLAR.....	98
6.	EKLER.....	103
	EK A: Yusuşam Göleti Temel Sondaj Logu	103

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanı yerbulduru haritası (https://earth.google.com/web/@39.23435165,28.17947046,243.27503496a,5358.61239173d,35y,1.36977174h,15.45993777t,0r).....	2
Şekil 1.2: Çalışma alanına ait yıllık toplam yağışın zamana göre değişimi grafiği (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).....	3
Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıklarının yıllara göre değişimi (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).	4
Şekil 1.4: Umurlar deresi 2016 yılı yıllık debi ölçüm grafiği (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).....	5
Şekil 2.1: Süreksizlik özellikleri (Hudson, 1989).....	10
Şekil 2.2: Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılık (ISRM, 1981).	12
Şekil 2.3: (a) Doğrusal profil alma yöntemi, (b) pürüzlülüğün kalemli ve mekanik telli profilometre ile ölçülmesi (Ulusay ve Sönmez, 2002), (c) pürüzlülüğün üç boyutlu ölçülmesi (ISRM, 1981).	13
Şekil 2.4: Pürüzlülüğün niteliksel ölçümü (a) (ISRM, 1981), Standart pürüzlülük profilleri ve JRC değerleri (b) (Barton ve Choobey, 1977).....	14
Şekil 2.5: Süreksizlik yüzeylerinin bozunma indeksinin bulunması (Gökçeoğlu, 1997).....	15
Şekil 2.6: Araziye JTB-3 için yapılan ölçümlerden örnekler.	16
Şekil 2.7: Araziye JTB-6 için yapılan ölçümlerden örnekler.	16
Şekil 2.8: SK-1 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekler (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	18
Şekil 2.9: SK-3 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekleri (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	18
Şekil 2.10: SK-4 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekleri (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	18
Şekil 2.11: Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması (Şekercioğlu, 2007).....	20
Şekil 2.12: Tij ve manşonlardaki yük kaybını gösterir abak (Şekercioğlu, 2007).....	21
Şekil 2.13: Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması (Şekercioğlu, 2007).....	22
Şekil 2.14: Basınçlı su deneylerinde değerlendirme bölgeleri (Şekercioğlu, 2007).....	24
Şekil 3.1: Yusufçam Göleti Aks Yeri Jeoloji Haritası (http://yerbilimleri.mta.gov.tr).....	28
Şekil 3.2: Yusufçam Göletinin Aks Yeri Jeoloji Kesiti.....	29
Şekil 3.3: Gölet Aks Yeri Stratigrafik Kolon Kesit (Erkül, 2010).....	30
Şekil 3.4: Yusufçam Göletin aks yeri sol sahil.	31
Şekil 3.5: Yusufçam Göletin aks yeri sağ sahil.	32
Şekil 3.6: Yusufçam Göleti aks yeri.	32
Şekil 3.7: Çalışma alanındaki hakim süreksizlikler.....	34
Şekil 3.8: Yusufçam Göleti rezervuar alanı.....	35

Şekil 3.9: Yusufçam Göleti rezervuar alanında yüzeyleyen Dasit-Riyodasit birimi.	36
Şekil 3.10: Yusufçam Gölünün Göl Alanı Jeoloji Haritası (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	37
Şekil 3.11: Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Çalışma Grubu (IAEG) tarafından kaya kütleleri önerilen niteliksel ayrışma sınıflandırılması (IAEG, 1995).....	40
Şekil 3.12: Tek eksenli basınç dayanımı (a), süreksizlik ara uzaklığı (b)ve RQD parametrelerine (c) ait puanları bulmak için kullanılan grafikler (Bieniawski, 1989).....	43
Şekil 3.13: Gölet aks yeri (SK-1,2,3,4,5) kaya kütle özellikleri A-A' kesiti. ...	47
Şekil 3.14: Gölet rezervuar alanı (SK-1, GSK-1 ve GSK-2) kütle özellikleri kesiti.	49
Şekil 3.15: Gölet yerinde tanımlanmış jeoteknik birimlerin ve sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin RMR puanları.	52
Şekil 3.16: Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin ve gölet yeri ve göl alanındaki farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin kazılabilirliğinin Pettifer ve Fookes, (1994) 'e göre değerlendirilmesi.	58
Şekil 3.17: Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin ve gölet yeri ve göl alanındaki farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin kazılabilirliğinin Tsiambaos ve Saroglou (2010)'a göre değerlendirilmesi.	59
Şekil 3.18: Gölet aks yeri A-A' (SK-1,2,3,4,5) geçirimsizlik kesiti.	62
Şekil 3.19: Gölet rezervuar alanı K-G (SK-1, GSK-1 ve GSK-2) geçirimsizlik kesiti.....	64
Şekil 3.20: Gölet aks yerinde sol yamaç ve sağ yamaç arası kesiti.	67
Şekil 3.21: Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).	68
Şekil 3.22: Güvenlik katsayısı abağı (Hoek, 1970).	69
Şekil 3.23: 1. yöntem ile hesaplanan F_{sol} (min, ort, max).	70
Şekil 3.24: 1. yöntemle hesaplanan $F_{sağ}$ (min, ort, max).	71
Şekil 3.25: Düzlemsel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).	72
Şekil 3.26: Düzlemsel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev tasarımı grafiği (Hoek, 1970).	73
Şekil 3.27: 2. yöntemle hesaplanan F_{sol} (min, ort, max).	73
Şekil 3.28: 2. yöntemle hesaplanan F değerleri.	74
Şekil 3.29: Malzeme alanları yerbulduru haritası.	77
Şekil 3.30: A ve B Geçirimsiz Malzeme Sahası yerbulduru haritası.....	78
Şekil 3.31: A-101 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	79
Şekil 3.32: A-106 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	79
Şekil 3.33: A-108 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	80
Şekil 3.34: B-201 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	83

Şekil 3.35: B-206 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	83
Şekil 3.36: B-207 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	84
Şekil 3.37: C Geçirimli Malzeme Sahaları yerbulduru haritası.	86
Şekil 3.38: C-303 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	87
Şekil 3.39: C-305 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	87
Şekil 3.40: C-307 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	88
Şekil 3.41: K-1 ve K-2 Kaya Malzeme Sahası yerbulduru haritası.	91
Şekil 3.42: Kaya malzeme sahasından dasit-riyodasit blokları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	91
Şekil 3.43: Kaya malzeme sahasından dasit-riyodasit blokları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	93
Şekil A.1: SK-1 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	103
Şekil A.2: SK-1 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	104
Şekil A.3: SK-1 sondaj kuyusu 24-36 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	105
Şekil A.4: SK-1 sondaj kuyusu 36-46 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	106
Şekil A.5: SK-2 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	107
Şekil A.6: SK-2 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	108
Şekil A.7: SK-2 sondaj kuyusu 24-36 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	109
Şekil A.8: SK-2 sondaj kuyusu 36-38 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	110
Şekil A.9: SK-3 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	111
Şekil A.10: SK-3 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	112
Şekil A.11: SK-3 sondaj kuyusu 24-30 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	113
Şekil A.12: SK-4 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	114
Şekil A.13: SK-4 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	115
Şekil A.14: SK-4 sondaj kuyusu 24-35 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	116
Şekil A.15: SK-5 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	117
Şekil A.16: SK-5 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	118
Şekil A.17: SK-5 sondaj kuyusu 24-36 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	119

Şekil A.18: SK-5 sondaj kuyusu 36-40 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	120
Şekil A.19: DSK-1 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	121
Şekil A.20: DSK-1 sondaj kuyusu 12-15 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	122
Şekil A.21: GSK-1 sondaj kuyusu 1-20 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).....	123
Şekil A.22: GSK-1 sondaj kuyusu 20-40 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).....	124
Şekil A.23: GSK-1 sondaj kuyusu 40-54,5 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).	125
Şekil A.24: GSK-2 sondaj kuyusu 0-20 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).....	126
Şekil A.25: GSK-2 sondaj kuyusu 20-40 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).....	127
Şekil A.26: GSK-2 sondaj kuyusu 40-52 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).....	128

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Umurlar deresinde ölçülen debi ölçüm sonuçları (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).....	6
Tablo 2.1: Ortalama açıklık tanımlaması (ISRM,2007).....	12
Tablo 2.2: Singh ve Gahroee (1989) tarafından önerilen bozunma sınıflaması.....	14
Tablo 2.3: Bozunma indeksine (W_c) göre süreksizlik yüzeylerinin bozunma sınıflaması (Gökçeoğlu, 1997).	15
Tablo 2.4: Yusufçam Göleti aks yeri ve civarında gözlemlenen şevlerde tanımlanan jeoteknik birimlerin özellikleri.	17
Tablo 2.5: Açılan Temel Sondaj Kuyularına Ait Bilgiler (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti. 2017).	19
Tablo 2.6: Kayaçların Lugeon birimlerine göre geçirimsizlik sınıflandırması (Şekercioğlu, 2007).	22
Tablo 2.7: Kayaçların (K) geçirimsizlik katsayısına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 2007).	24
Tablo 2.8: Chauvenet ölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss) (Chauvenet 1960).	26
Tablo 2.9: Schimidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977).....	26
Tablo 3.1: Gölet yerindeki jeoteknik birimlerden alınan bloklardan çıkartılan karot örneklerin ve sondaj karotlarından alınan örneklerin ayrışma derecesi, fiziksel özellikleri ve mekanik özellikleri.....	38
Tablo 3.2: RMR kaya kütle sınıflama sisteminde kullanılan parametreler ve puanları (Bieniawski, 1989).	41
Tablo 3.3: Süreksizliklerin yüzey durumu için puanlama (Bieniawski, 1989).	42
Tablo 3.4: Kaya şevleri için önerilen süreksizlik yönelimi düzeltmesi puanları (Singh ve Gahroee, 1989).....	42
Tablo 3.5: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin RMR puanları.	43
Tablo 3.6: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin RMR puanları.....	44
Tablo 3.7: Süreksizlik pürüzlülük, ayrışma ve dolgu durumu ile ilgili puanlama (Sönmez ve Ulusay, 2002).	50
Tablo 3.8: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin GSI değerleri.	51
Tablo 3.9: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin GSI değerleri.	51
Tablo 3.10: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin dayanım ve deformasyon değerleri.	55
Tablo 3.11: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon değerleri.	56

Tablo 3.12: Literatürde, Sıkça Kullanılan Yöntemler Ve Bu Yöntemlerin Oluşturulmasında Esas Alınan Özellikler (Gurocak ve Yalcin 2016).....	57
Tablo 3.13: Gölet yerinde açılmış temel araştırma sondajları, yeraltısuyu bilgileri (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017)	65
Tablo 3.14: Kayaç kalitesi RQD ile J arasındaki ilişki (Şekercioğlu, 2007)....	75
Tablo 3.15: Blok numuneler ile Kaya kalitesi RQD ile J arasındaki ilişkiye göre taşıma gücü Sonuçları (Şekercioğlu, 2007).....	75
Tablo 3.16: İncelenen malzeme sahalarının niteliği, rezervleri ve yapıya uzaklıkları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	77
Tablo 3.17: A Geçirimsiz Malzeme Alanı Laboratuvar Deney Sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	81
Tablo 3.18: Geçirimsiz malzeme için standartlara uygun aralık değerleri (Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005).....	82
Tablo 3.19: B Geçirimsiz Malzeme Alanı Planlama Aşaması Laboratuvar Deney Sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	85
Tablo 3.20: C Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin fiziksel deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	88
Tablo 3.21: C Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin mekanik deney sonuçları devamı (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).	89
Tablo 3.22: Filtre ve geçirimli malzeme için uygun aralık değerleri (Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005).	90
Tablo 3.23: K-1 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	92
Tablo 3.24: Kaya malzeme seçimi için aralık değerler (Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005).	93
Tablo 3.25: K-2 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).....	94

ÖNSÖZ

“Yusufçam Göleti (Sındırgı/Balıkesir) Yeri ve Rezervuar Alanının Mühendislik Jeolojisi Araştırmaları” adlı çalışmada Yusufçam Göleti’nin aks yeri ve rezervuar alanının jeolojisine bağlı olarak jeomekanik ve hidrojeolojik problemler üzerine odaklanmıştır.

Bu tezin hazırlanması sırasında bana yol gösteren, her türlü bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şener CERYAN ile destek ve katkılarından dolayı Araş. Gör. Samet BERBER’e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

İlk olarak 2014 yılında DSİ 25. Bölge Müdürlüğü tarafından planlamasına başlanan, arazi ve büro çalışmalarında bizzat bulunduğum bu projede, bana çalışma imkanı sunan kurumum DSİ 25. Bölge Müdürlüğüne teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimi konusunda beni cesaretlendiren Mehmet Emin Aydın’a, yardımlarını esirgemeyen DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şube Müdürü Erşan YILDIRIM’a, tecrübe ve bilgilerinden yararlandığım çalışma arkadaşlarım Turgay CAHA ve Tolga SİĞMAZ’a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, yüksek lisans çalışmalarım sırasında büyük özverilerde bulunarak, çalışmalarımı destekleyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Balıkesir, 2019

Deniz SOYSAL

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Çalışmanın Amacı

Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Yusufçam Köyü tarım arazilerine sulama suyu temin etmesi amacıyla, Umurlar deresi üzerinde yapılması planlanan, Yusufçam Göleti aks yeri ve göl alanının jeolojik ve jeoteknik yönden araştırılması bu tezin amacını oluşturmaktadır.

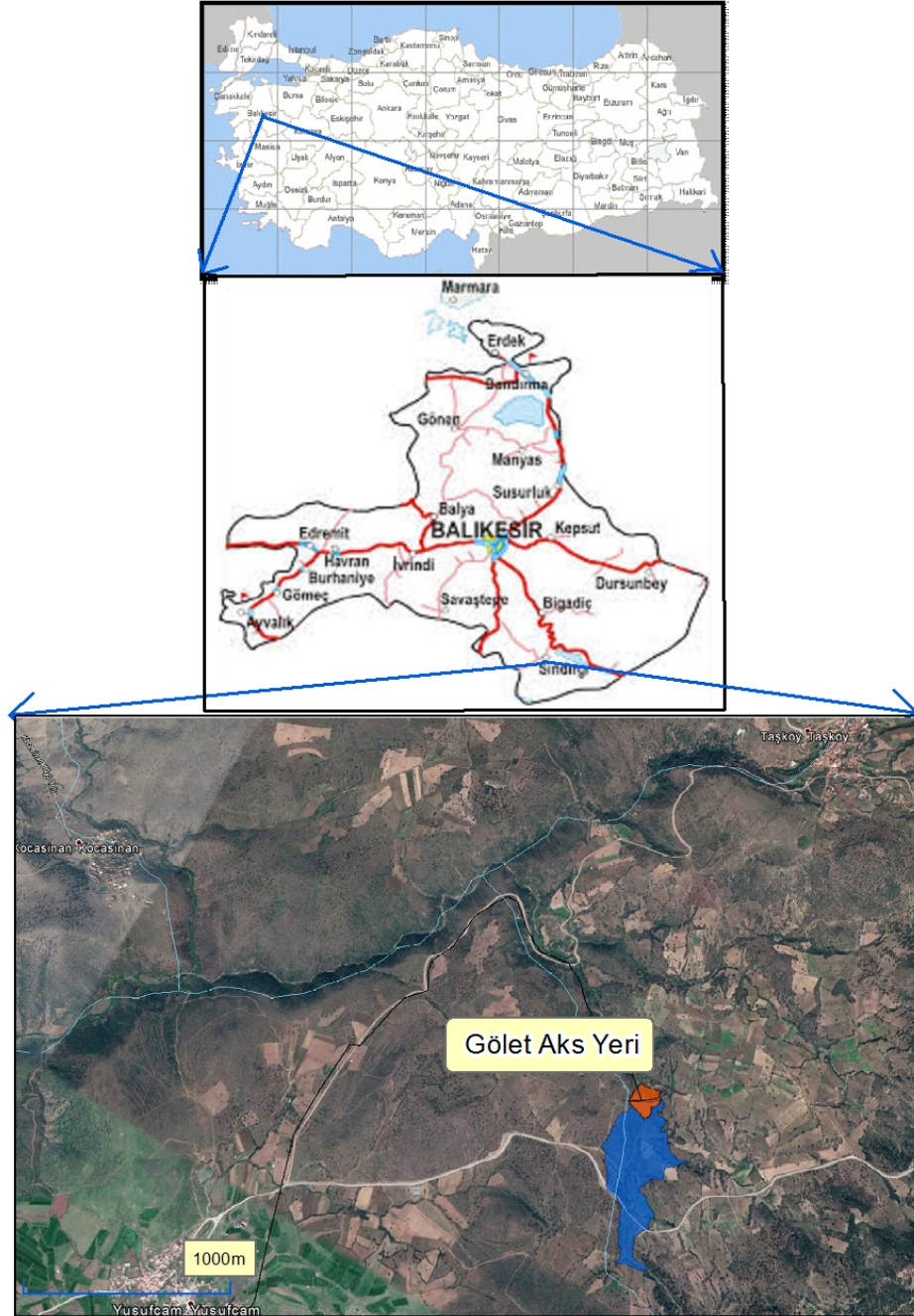
Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Yusufçam Köyü ve civarının genel jeolojisi incelenmiş, “Kil Çekirdekli Kaya Dolgu” gövde tipinde planlanan Yusufçam Göleti'nde dolgu malzemesi olarak kullanılması düşünülen doğal yapı malzemelerinin özellikleri de araştırılmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Türkiye'nin kuzeybatısında Marmara bölgesinin güneyinde bulunan gölet yeri, Balıkesir ili 40° 40' ve 39° 8' Kuzey enlemleriyle, 29° 1' ve 26° 46' Doğu boylamları arasındadır. İnceleme alanı, Balıkesir ilinin Sındırgı ilçesine bağlı Yusufçam köyünün 2,3 km kuzeydoğusunda kalan Umurlar deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama alanı Balıkesir ili Sındırgı ilçesi sınırları içinde bulunmaktadır.

Yusufçam Göleti, Sındırgı ilçe merkezinin kuş uçuşu 12 km kuzeydoğusunda, Yusufçam köyünün ise 2,3 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Balıkesir'den Sındırgı ilçesine 62,3 km kara yoluyla, Sındırgı ilçesinden Yusufçam köyüne ise 9,8 km'lik asfalt yol ile ulaşılmaktadır. Yusufçam köyünden kuzeydoğuya devam eden 2,3 km'lik asfalt yol ve 0,55 km iyileştirilmesi gereken yol ile aks yerine ulaşılır. Köye ulaşmak her mevsim mümkün olmakla birlikte, gölet yerine kötü hava koşullarında ulaşmak mümkün değildir. Proje alanı bulduru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.

Yusufçam Göleti aks yeri ve malzeme alanları 1/25 000 ölçekli BALIKESİR J20 a3 ve J20 b4 nolu topoğrafik haritalarında yer almaktadır. Jeolojik araştırmalarda MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 1/100 000 ve 1/25 000 ölçekli jeoloji harita ve yayımlarından yararlanılmıştır.



Şekil 1.1: İnceleme alanı yerbulduru haritası
(<https://earth.google.com/web/@39.23435165,28.17947046,243.27503496a,5358.61239173d,35y,1.36977174h,15.45993777t,0r>)

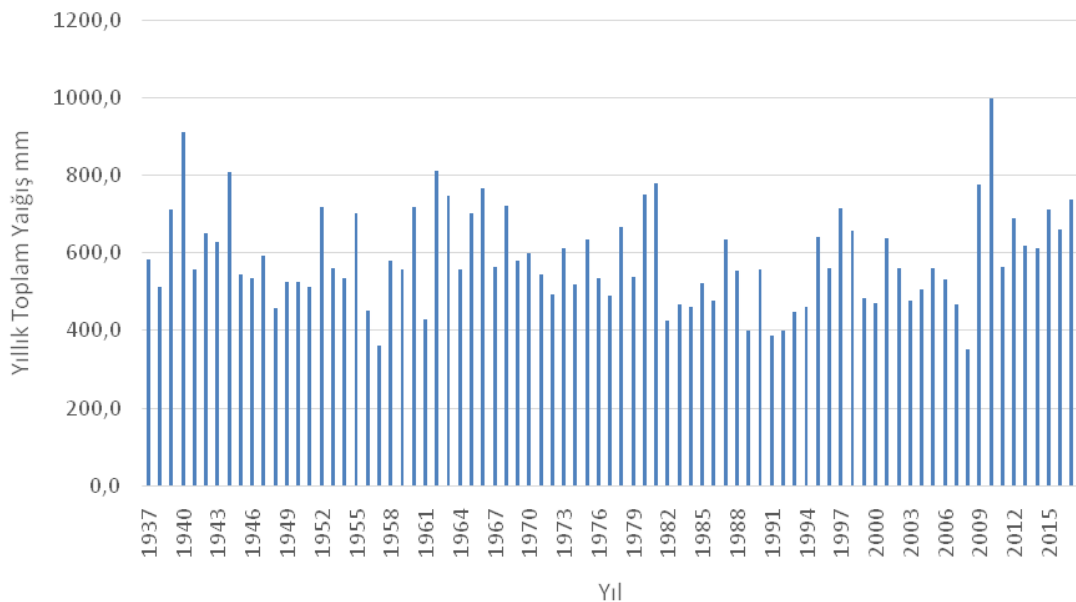
1.3 Morfoloji

İnceleme alanında topoğrafya engebeli bir yapıya sahiptir. Yükseklik inceleme alanının doğusundaki tepelerde 600-650 m arasında olup, batıdaki tepelerde ise yaklaşık 450-550 m arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan en yüksek tepeler çalışma alanının doğu ve güneydoğusunda yer alan Büyükbelkoz Tepe (687m), Gazallı Tepe (705m) ve kuzeyinde Karşak Tepe (596 m) dir. Tepelerin hakim gidişi KB-GD yönündedir.

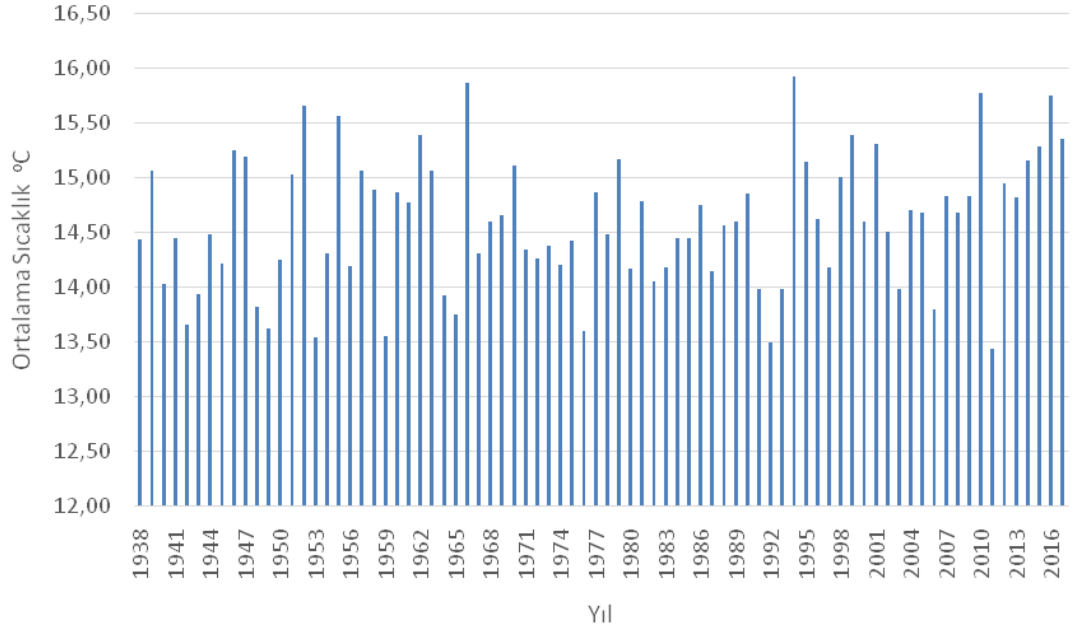
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

Bölge; Marmara ve Ege Bölgesi geçiş iklimi göstermektedir. Genellikle sıcak geçen yaz ayları kurak olup, sonbahar mevsimi ılık, kış mevsimi zaman zaman kar yağışlı, bazen kurak, ilkbahar kısa ve yağışlı geçmektedir.

Bu çalışmada 1937-2017 yılları arasında Balıkesir merkez istasyonundan alınan veriler düzenlenmiştir. Buna göre yıllık toplam yağışın (1937-2017) ve ortalama sıcaklığın değişimleri (1938-2017) grafiksel olarak Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.2: Çalışma alanına ait yıllık toplam yağışın zamana göre değişimi grafiği (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).



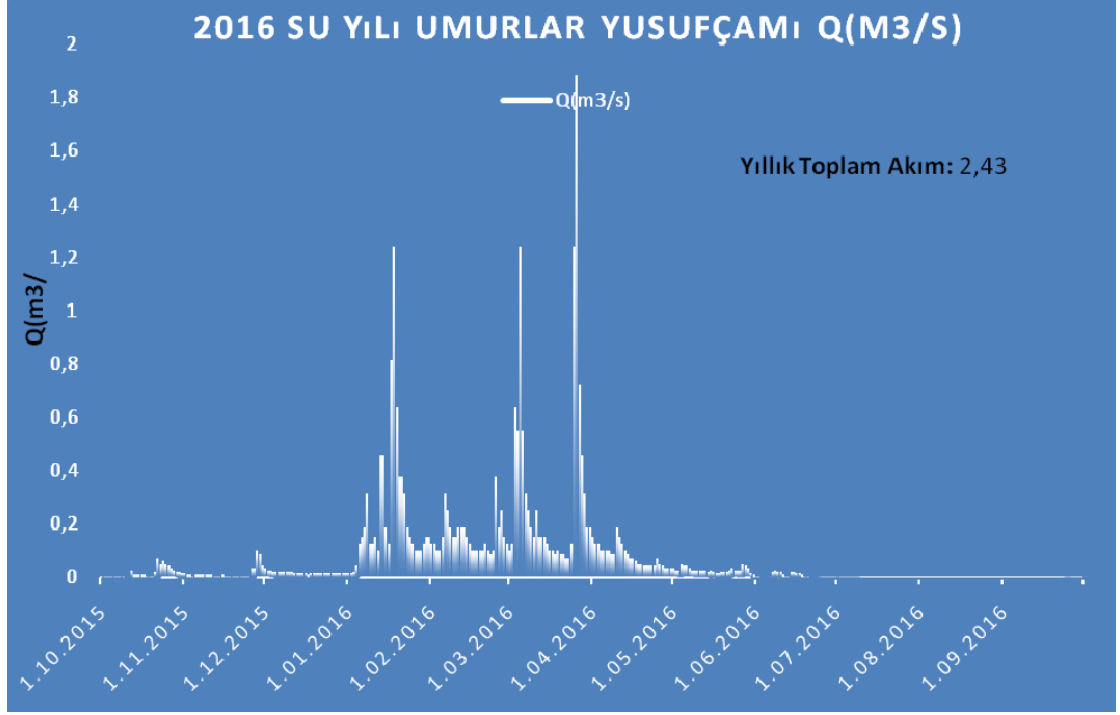
Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıklarının yıllara göre değişimi (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Bölgede düz kesimler bozkır bitki örtüsü ile örtülü iken, arazinin engebeli bölümleri genellikle sık çam ormanlarıyla örtülüdür. Balıkesir ili yüzölçümünün yüzde 30'u (650 bin hektar) ormanlıktır. Ormanlar daha çok Dursunbey, Sındırgı, Edremit, Burhaniye ve Balya bölgesinde zengindir.

1.5 Akarsular

İnceleme alanındaki en önemli akarsular Kışla Dere, Cehennem Dere ve üzerinde gölet yapılması planlanan Umurlar Dere'dir. Umurlar Deresi inceleme alanının doğusundaki dağlardan doğar ve KB-GD doğrultusunda akarak Balıkesir İlinin güneyinde yer alan Cehennem Deresine ulaşır.

Umurlar Deresinin gölet yerinde talveg noktasından her ay debi ölçümleri alınmıştır. Alınan debi ölçümlerinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde 2016 yılının 4. ayından itibaren debilerde bir düşüş tespit edilmiştir. Yine aynı yıl içerisinde 8. ayda dere kurduğu için debi ölçülemediği (Tablo 1.1). Şekil 1.4'te grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4: Umurlar deresi 2016 yılı yıllık debi ölçüm grafiği (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).

Tablo 1.1: Umurlar deresinde ölçülen debi ölçüm sonuçları (DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, 2017).

AYRINTILI AKIM TABLOSU

**DSİ XXV. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ETÜD VE PLAN DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

AGİ No : 3
Suyun ve AGİ'nin Ad : UMURLAR D-YUSUF CAMI
Su Yılı : 2016 (30 Eylül 2016 tarihinde sona eren su yılı içindeki günlük ortalama seviye ve akımlar)
Bölge No ve Adı : 25 - BLK
Yağış Alanı : 12,7 km²

Yaklaşık Kot: 441 m

Seviler LİMNİGRAF ile ölçülmektedir.

Seviler günde defa ölçülmektedir.

Kullanılan Anahtar No.su ve Tarihi

6 01.10.1900 - 30.09.1900

GÜNLER	EKİM			KASIM			ARALIK			OCAK			ŞUBAT			MART			NİSAN			MAYIS			HAZİRAN			TEMMUZ			AĞUSTOS			EYLÜL		
	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)	Seviye (cm)	Şift	Debi (m ³ /sn)						
5	17	1	0,008	18	1	0,011	20	1	0,021	29	1	0,124	30	1	0,153	43	1	1,24	28	1	0,101	24		0,041	16		0,004	13	1	0,002	0		0	0		0
10	16	1	0,005	18	1	0,011	20	1	0,021	29	1	0,124	30	1	0,153	30	1	0,153	31	1	0,188	22		0,027	20	1	0,021	0		0	0		0	0		0
15	18	1	0,011	18	1	0,011	19	1	0,016	31	1	0,188	29	1	0,124	29 *	1	0,124	26	1	0,070	22		0,027	20	1	0,021	0		0	0		0	0		0
20	17	1	0,008	17	1	0,008	19	1	0,016	34	1	0,378	28	1	0,101	27	1	0,085	23	1	0,041	21		0,021	17	1	0,008	0		0	0		0	0		0
25	24	1	0,049	17	1	0,008	19	1	0,016	29 *	1	0,124	34	1	0,378	43	1	1,24	26	1	0,070	22		0,027	13	1	0,002	0		0	0		0	13	1	0,002
31	19	1	0,016	---	---	---	19	1	0,016	30	1	0,153	---	---	---	31	1	0,188	---	---	---	19		0,011	---	---	---	0		0	0		0	---	---	---
Anlık	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi	Gün - Sev.	- Debi		
Maksimum	22	51	2,17	28	41	0,917	1	23	0,035	17	61	3,84	25	41	0,917	26	66	4,82	10	51	2,17	4	29	0,101	7	36	0,461	1	15	0,003	1	0	KURU	23	15	0,003
Minimum	10	16	0,004	12	16	0,004	17	18	0,008	1	19	0,011	23	27	0,07	22	26	0,059	29	21	0,021	31	19	0,011	25	12	KURU	8	0	KURU	1	0	KURU	1	0	KURU
Ort. Debi (m ³ /sn)	0,003		0,002		0,003		0,035		0,031		0,098		0,016		0,005		0,002		0,000		KURU		0,000		KURU		0,000		KURU		0,000					
Verim (lt/sn/km ²)	,25		,13		,27		2,8		2,5		7,7		1,23		,39		0,147		0,005		KURU		0,005		KURU		0,005		KURU		0,005					
Akış (mm)	,66		,33		,72		7,4		6,2		20,6		3,2		1,05		,38		0,014		KURU		0,014		KURU		0,014		KURU		0,014					
Akım (mil.m ³)	0,008		0,004		0,009		0,094		0,079		0,262		0,041		0,013		0,005		0,000		KURU		0,000		KURU		0,000		KURU		0,000					
Yıllık 1. Anlık Maks.:	26/03/2016 H=66 cm Şift= cm Q=4.82 m ³ /s										2. Anlık Maks.: 17/01/2016 H=61 cm Şift= cm Q=3.84 m ³ /s										3. Anlık Maks. 22/10/2015 H=51 cm Şift= cm Q=2.17 m ³ /s															
Yıllık Anlık Min.:	25/06/2016 H=12 cm Şift= cm Q=0 m ³ /s										Yıllık Ort. Debi:0,077 m ³ /s										Yıllık Ort. Verim:6,05 lt/sn/km ² Yıllık Toplam Akış:191, mm Yıllık Toplam Akım:2,43 milyon m ³															

1.6 Önceki Çalışmalar

Gölet yerinin jeolojisini araştırmaya yönelik yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Bu çalışmaların yanında bu bölge için MTA'nın hazırladığı 1/500000, 1/100000 1/25000 ölçekli jeolojik haritalar mevcuttur.

Ercan ve diğerleri (1996), Batı Anadolu'da geniş alanlarda yüzlekler veren ve çeşitli evrelerde meydana gelen Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan yaş ölçümleri yapılmış ve volkanizmanın bölgesel yorumlanmasına katkı sağlayacak jeokimyasal veriler konusunda çalışmışlardır. Bazalt, andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde lav, tuf ve aglomeralarla yaygın yüzlekleri görülen Miyosen volkanitlerinin Alt-Orta Miyosen yaşlı olanları gölet yerinde gözlenmektedir.

Dirik ve diğerleri (2008) tarafından Yenice – Sındırgı fay zonunun Neotektonik özellikleri ve paleosismolojisi çalışılmıştır. Sonuç olarak, Yenice – Sındırgı fay zonu üzerinde, 1953 Yenice – Sındırgı depremi (Ms 7.2) ile oluşan yüzey kırığının, batıda sazak köyü batısından, doğuda Sındırgı doğusuna kadar uzanan yaklaşık 60 km uzunluğunda, sağ yanal atımlı bir fay olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca inceleme alanında oluşan paleodepremler açıklanmıştır.

Erkül ve diğerleri (2010), Batı Anadolu'daki Senozoyik yaşlı alkali ve kalkalkali karakterli volkanizmanın gözleendiği Bigadiç çevresinde, temel kayalar üzerindeki Erken Miyosen yaşlı istifler gölsel, flüvyal ve evaporitik tortullar ile bunları kesen kuzeydoğu doğrultulu volkanik çıkış merkezlerinden üretilen lav ve volkaniklastik kayalar üzerinde çalışılmıştır. Bu volkanik birimler litolojik, petrografik ve bileşimsel özelliklerine göre, Kocaiskan volkanik birimi, Gölcük bazaltı, Sındırgı, Kayırlar ve Şahinkaya volkanik birimleri olmak üzere beş birim altında incelenmiştir.

Çoban (2015), Batı Anadolu'da Miyosen volkanizması içerisinde gerilme tektoniği ile gelişen kaolin oluşumları çalışılmıştır. Danaçayır (Sındırgı-Balıkesir) bölgesindeki Kaolin Yatağının Mineralojik Jeokimyasal Özellikleri incelenmiştir.

1.7 Yusufçam Göletinin Karakteristik Özellikleri

Yusufçam Göleti adını Sındırgı belediyesine bağlı göl alanına en yakın yerleşim yeri olan Yusufçam köyünden almaktadır. Yusufçam köyü arazilerini sulaması amaçlanan göletin gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olarak önerilmiştir.

Balıkesir Sındırgı Yusufçam Göleti ve Sulaması'na ait proje karakteristikleri aşağıdaki şekildedir:

Yeri : Balıkesir İli Sındırgı İlçesi

Tesis edildiği akarsu : Umurlar Deresi

Gölet Gövdesi

Gövde Tipi : Kil Çekirdekli Kaya Dolgu

Kret Kotu : 457.00 m

Talveg Kotu : 423.90 m

Gövde Yüksekliği (Talvegten) : 33.10 m

Gövde Yüksekliği (Temelden) : 36.10 m

Kret Uzunluğu : 161.42 m

Kret Genişliği : 10.00 m

Dolgu Hacmi : 224 200.00 m³

Rezervuar Alanı

Minimum Su Seviyesi : 441.50 m

Normal Su Seviyesi : 454.18 m

Maksimum Su Seviyesi : 455.92 m

Minimum Su Seviyesinde Göl Hacmi : 174 161.57 m³

Normal Su Seviyesinde Göl Hacmi : 1 130 356.87 m³

Maksimum Su Seviyesinde Göl Hacmi : 1 372 180.85 m³

Aktif Göl Hacmi : 956 195.30 m³

Minimum Su Seviyesinde Göl Alanı	: 34 419.74 m ²
Normal Su Seviyesinde Göl Alanı	: 129 471.87 m ²
Maksimum Su Seviyesinde Göl Alanı	: 149 531.49 m ²
Dolusavak Yeri	: Sol Sahil
KonduviYeri	: Sağ Sahil

Gerekli Malzeme Miktarı (Gövde+Batardo+yapı yerleri)

GEÇİRİMSİZ	: 41 820 m ³
GEÇİRİMLİ	: 28 670 m ³
KAYA	: 161 010 m ³

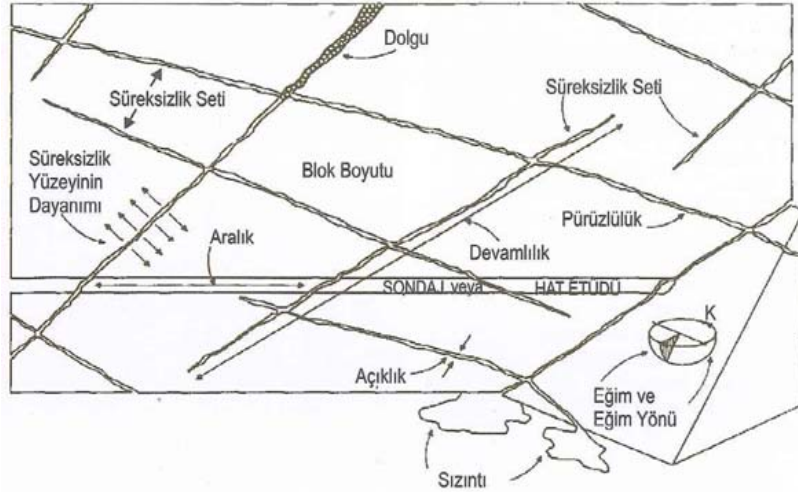
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Jeolojik Harita Alımı

İnceleme alanının 1/25000 ve göl alanının 1/5000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanmasında arazi çalışmaları yapılmış ve önceki çalışmalardan yararlanılmıştır.

2.2 Süreksizliklerin Jeoteknik Özelliklerinin Ölçümü

Süreksizlikler, kaya kütlelerini, mekanik anlamda zayıf ve süreksiz kılan, çekme dayanımı sıfır veya sıfıra yakın olan eklem, tabaka düzlemi, fay, dilinim, foliasyon, çatlak gibi zayıflık düzlemleridir. Mühendislik jeolojisi çalışmalarında kaya kütlelerinin tanımlanması, dayanım ve deformasyon özelliklerinin tahmini, kaya şev duraylılığı ve taşıma gücü gibi problemlerin araştırılmasında gerekli olan süreksizlik özellikleri Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1: Süreksizlik özellikleri (Hudson, 1989).

İnceleme alanında dasit ve riyodasitler bulunmakta, bunlardaki süreksizlikler tektonik kırıklar şeklinde gelişmektedir. Yüzeylenmelerde önce ölçüm ve gözlemlerle süreksizlik takımı sayısı belirlenmiş olup her bir süreksizlik takımında

süreksizliklerin duruşu (eğim yönü/eğim derecesi) ile ilgili en az 75 ölçüm yapılmıştır.

Yüzeylemede veya gözlemsel olarak tanımlanan mühendislik davranışı açısından homojen bölgelerde (jeoteknik birimlerde) her bir çatlak siteminin dolgu türü, kalınlığı, dolgu kalınlığının pürüzlülüğünden büyük olup olmadığı araştırılmıştır.

Süreksizlik ara uzaklığı, komşu süreksizlikler arasındaki uzaklık olarak tanımlanır. Söz konusu özellik, yüzlelerde (mostralarda) hat etüdü veya pencere haritası yapılarak doğrudan ölçülebileceği gibi, sondaj karotlarından da belirlenebilmektedir. Bu çalışmada yüzeylemelerde yapılan ölçümlerde hat etüdü kullanılmıştır. Sondaj loglarında ise 1 m'deki süreksizlik sayısı bulunmuştur. Yüzeylemelerde yapılan ölçümlerde ortalama süreksizlik sıklığının yaklaşık 50 katı kadar uzunlukta yatay olarak oluşturulan ölçüm hattında ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı bulunarak 1 m'deki ortalama süreksizlik sayısı; λ =Süreksizlik sayısı/Ölçüm hattı uzunluğu bağıntısından, ortalama süreksizlik ara uzaklığı ise $1/\lambda$ bağıntısından bulunmuştur. Hacimsel çatlaklılık katsayısını (J_v) bulurken ise her bir süreksizlik takımının ortalama ara uzaklığı bulunmuştur.

Açıklık, bir süreksizliğin birbirine komşu iki yüzeyi arasındaki dik mesafedir ve bazen dolgu malzemesinin genişliği ölçülerek de belirlenir. Dolgulu süreksizliklerin genişliği ve açık süreksizlikleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Ortalama açıklık, Tablo 2.1' de gösterilen terimler kullanılarak tanımlanabilir.

Açıklık, süreksizliklerin makaslama dayanımı ve hidrolik iletkenliği üzerinde etkindir. Pürüzlülük ve dalgalılığı yüksek olan süreksizliklerin makaslama hareketine maruz kalmaları sonucunda geniş açıklıklar oluşur. Bu çalışmada ölçüm hattını kesen tüm süreksizliklerin açıklıkları kompasla ölçülmüştür.

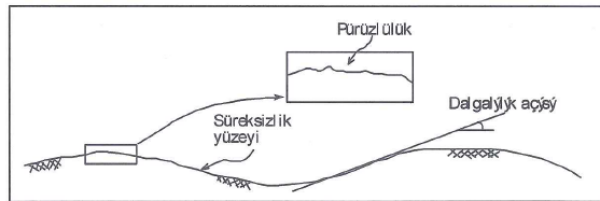
Süreksizlikler devamlılığı, süreksizlik yüzeyindeki kohezyonsuz alanların toplam alana oranı olarak tanımlanır. Ancak arazide süreksizlik yüzeyindeki kohezyonsuz alanların bulunması zordur ve pratik değildir. Bu nedenle bu çalışmada ISRM(1981)'de verilen süreksizliğin yüzeylemelerdeki iz uzunluğunu dikkate alan tanımlama ve sınıflandırma uygulanmıştır.

Tablo 2.1: Ortalama açıklık tanımlaması (ISRM,2007).

Açıklık	Tanımlama	
<0,1 mm	Çok sıkı	
0,1-0,25 mm	Sıkı	Kapalı yapılar
0,25-0,5 mm	Kısmen Açık	
0,5-2,5 mm	Açık	
2,5-10 mm	Orta Derecede Geniş	Boşluklu yapılar
>10 mm	Geniş	
1-10 cm	Çok geniş	
10-100 cm	Aşırı geniş	Açık yapılar
>100 cm	Boşluklu	

Süreksizlik dolgusu süreksizliğin komşu iki yüzeyi arasında yer alan ve genel olarak ana kayadan daha zayıf özellikteki malzemedir. Tipik dolgu malzemeleri; kum, silt, kil, breş ve milonittir. Ayrıca kuvars, kalsit, epidot vb. gibi minerallerden oluşan damarlar da dolgu malzemesidir. Bu çalışmada ölçüm hattını kesen tüm süreksizliklerde dolgu malzemelerin, türü, kalınlığı, kalınlığının pürüzlülüğünden büyük olup olmadığı, dayanımı ve bozunma derecesi incelenmiştir.

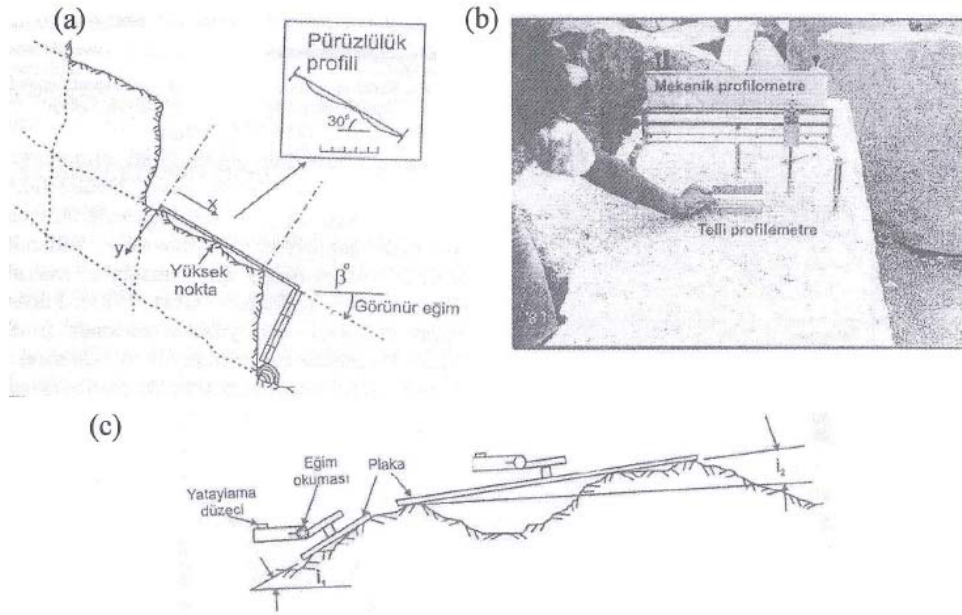
Pürüzlülük ve dalgalılık, bir süreksizlik yüzeyinin sırasıyla küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının ölçüsüdür (ISRM, 1981, Şekil 2.2).



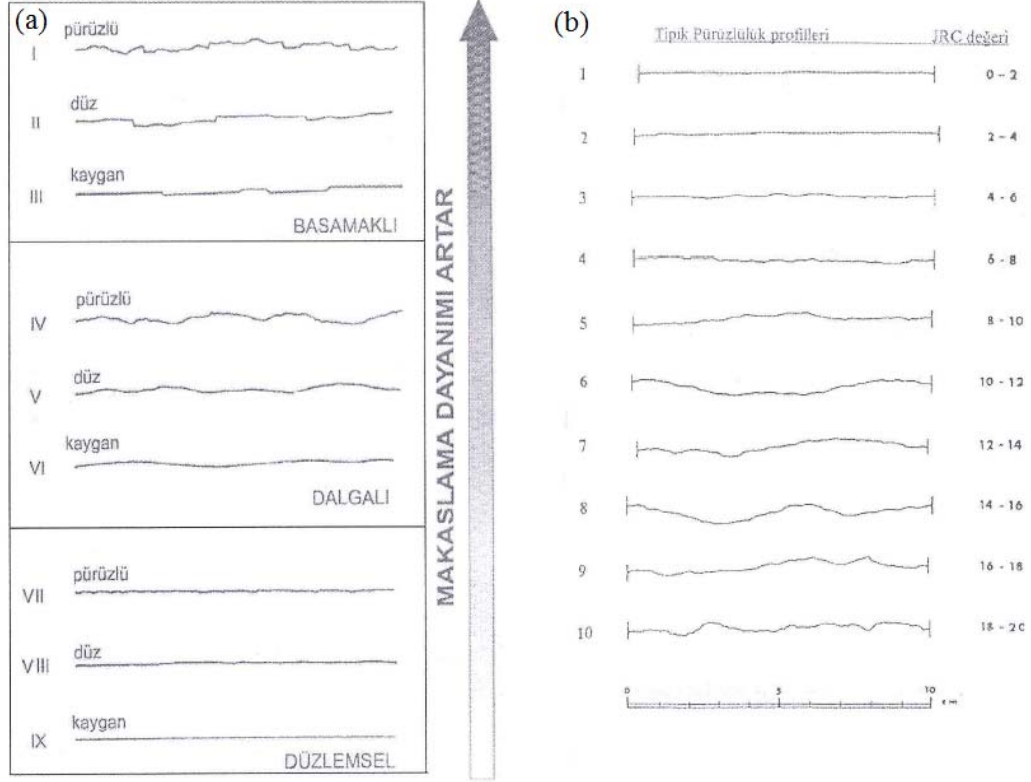
Şekil 2.2: Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılık (ISRM, 1981).

ISRM (1981)'de pürüzlülük ve dalgalılığı ölçmek için önerilen yöntemler Şekil 2.3 a-c ve Şekil 2.4 a-b'de gösterilmektedir. Şekil 2.4 a-b'de Barton ve

Choubey (1977) küçük ölçekli pürüzlülüğü tanımlamak için arazide telli profilometre ile ölçülen süreksizlik yüzeyi profilinin önerdikleri standart profillerle karşılaştırmasını yapmışlardır. Standart profillerde verilen "Süreksizlik Yüzeyi Pürüzlülük Sayısı (JRC)" değerleri 0-20 arasında değişim göstermektedir. Bu çalışmada küçük ölçekli pürüzlülük tanımlanmasında arazide süreksizlik yüzeyinde eğim yönünde en az 3 kez mekanik telli profilometre ölçümü yapılarak süreksizlik yüzeyinin profile çıkartılmış bu profiller Barton ve Choubey (1977) tarafından verilen standart profillerle karşılaştırılarak incelenen yüzeyin JRC katsayısı bulunmuştur. Süreksizlik yüzeyi için JRC katsayısı <6 ise "düz", 6-12 arasında ise "az pürüzlü", 12-16 arasında ise "pürüzlü", >16 ise çok pürüzlü tanımlamaları yapılmıştır. Büyük ölçekli pürüzlülük tanımlanmasında ise ISRM (1981)'de verilen tanımlama (Şekil 2.4 a) dikkate alınmıştır.



Şekil 2.3: (a) Doğrusal profil alma yöntemi, (b) pürüzlülüğün kalemli ve mekanik telli profilometre ile ölçülmesi (Ulusay ve Sönmez, 2002), (c) pürüzlülüğün üç boyutlu ölçülmesi (ISRM, 1981).



Şekil 2.4: Pürüzlülüğün niteliksel ölçümü (a) (ISRM, 1981), Standart pürüzlülük profilleri ve JRC değerleri (b) (Barton ve Choobey, 1977).

Birçok kaya kütlesi sınıflandırma sistemlerinde süreksizlik yüzey malzemesinin ayrışma durumu ISRM (1981)'de verilen kaya malzemesi için ayrışma sınıflaması kullanılmaktadır. ISRM (1981)'nin önerdiği bu sınıflama gözleme dayalıdır ve bu nedenle bazı durumlarda öznel değerlendirmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle Singh ve Gahrooe (1989) bu tür hataları giderebilmek için bozunma derecesini aşağıda verilen sayısal indeksle tanımlamışlardır (Tablo 2.2)

$$W_c = \sigma_c / JCS \quad (2.1)$$

Eşitlikte, W_c : bozunma katsayısı, σ_c : taze (ayrışmamış) kaya malzemesinin dayanımı, JCS: süreksizlik yüzey malzemesinin dayanımıdır.

Tablo 2.2: Singh ve Gahrooe (1989) tarafından önerilen bozunma sınıflaması.

Taze az bozunmuş	$(\sigma_c / JCS) \leq 1.2$
Orta derecede bozunmuş	$1.2 < (\sigma_c / JCS) < 2$
Bozunmuş	$(\sigma_c / JCS) \geq 2$

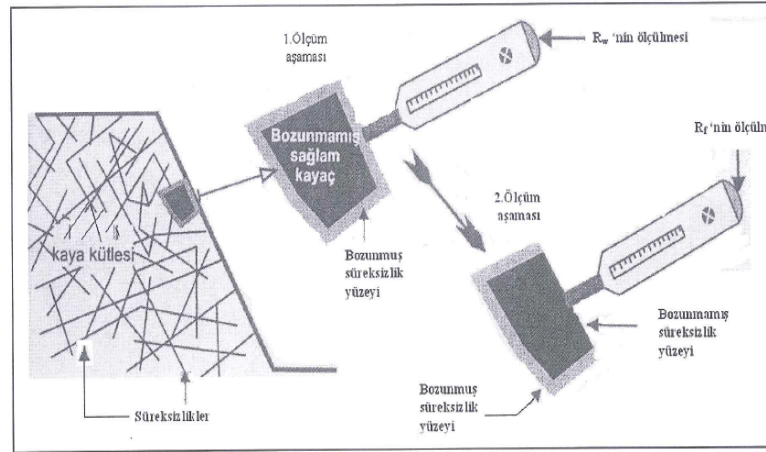
Gökçeoğlu (1997) yukarıda verilen bozunma sınıflamasının sadece 3 gruptan oluşmasının yanı sıra Schmidt çekici ile dayanımın bulunmasındaki sakıncaları belirterek aşağıda verilen bozunma indeksini önermiştir (Tablo 2.3).

$$W_c = R_f / R_w \quad (2.2)$$

Burada; R_f taze (ayrışmamış), R_w ise bozunma sınıflaması yapılacak süreksizlik yüzeyinde ölçülen Schmidt çekici geri tepme sayısıdır (Şekil 2.5).

Tablo 2.3: Bozunma indeksine (W_c) göre süreksizlik yüzeylerinin bozunma sınıflaması (Gökçeoğlu, 1997).

W_c	Sınıf	Tanım (ISRM, 1981)
<1.1	1	Bozunmamış (taze)
1.1-1.5	2	Az bozunmuş
1.5-2.0	3	Orta derecede bozunmuş
>2.0	4	Tamamen bozunmuş



Şekil 2.5: Süreksizlik yüzeylerinin bozunma indeksinin bulunması (Gökçeoğlu, 1997).

2.3 Jeoteknik Birimlerin Tanımlanması ve Kaya Kütle Özelliklerinin Ölçümü

Bu çalışmada jeoteknik birimlerin tanımlanması, litolojik özellikler, ayrışma durumu ve süreksizliklerin özelliklerinden faydalanılarak yapılmıştır (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7). Arazide tanımlanan her jeoteknik birim için söz konusu bu özelliklerin

değişiminin en az olmasına dikkat edilmiştir. Buna göre benzer özellikler gösteren birimler tanımlanmış ve Tablo 2.4’te gösterilmiştir.



JTB-3

Şekil 2.6: Arazide JTB-3 için yapılan ölçümlerden örnekler.



JTB-6

Şekil 2.7: Arazide JTB-6 için yapılan ölçümlerden örnekler.

Bu çalışmada yüzeylenmelerde yapılan ölçümlerde hat etüdü kullanılmıştır. Yatay olarak oluşturulan ölçüm hattında ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı bulunarak buradan ortalama süreksizlik sayısı, ortalama süreksizlik ara uzaklığı ve hacimsel çatlaklılık katsayısını bulunmuştur.

Tablo 2.4: Yusufçam Göleti aks yeri ve civarında gözlemlenen şevlerde tanımlanan jeoteknik birimlerin özellikleri.

Jeoteknik birim	Litoloji	Jeoteknik Birimin Özellikleri			Ayrışma Durumu
		RQD _{ort} (%)	σ_{ci}	Jv	
Jtb1	Dasit - Riyodasit	87.5	58.76	7.1	Az
Jtb2	Dasit - Riyodasit	83	45.66	7.82	Orta
Jtb3	Dasit - Riyodasit	85	34.78	8.85	Orta
Jtb4	Dasit - Riyodasit	89	53.74	7.8	Az
Jtb5	Dasit - Riyodasit	84	16.52	10.34	Yüksek
Jtb6	Dasit - Riyodasit	89	80.65	4.95	Sağlam

(Jtb: Jeoteknik birim, Jv: Hacimsel çatlak sayısı, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), RQD: Kaya kalite göstergesi)

2.4 Jeoteknik Loglama ve Sondaj Çalışmaları

Yusufçam Göleti Mühendislik Jeolojisi çalışmalarında, gölet yerinde, geçirimsizliği, duraylılığı, yeraltısuyu durumunu belirlemek amacıyla öncelikle 6 adet temel sondaj kuyusu açılarak toplam 204,0 m delgi yapılmıştır. Açılan temel sondaj kuyularında permeabilite ve basınçlı su deneyleri yapılmıştır. Ayrıca karot numuneler alınarak laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır. Temel sondaj çalışmaları sırasında temel sondaj kuyu logları hazırlanmıştır (Ek 1). Sondaj kuyularından alınan karotlar Şekil 2.8, Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de gösterilmiştir.

Gölet yeri sol sahilde ise geçirimsizliği ve yeraltısuyu durumunu belirlemek amacıyla gölet yerinde yapılan sondajlara ek olarak 2 adet ek temel sondaj kuyusu açılmış ve toplam 106,50 m delgi yapılmıştır. Açılan temel sondaj kuyularında, permeabilite ve basınçlı su deneyleri yapılmıştır (Ek 1).

DSİ 25. Bölge Müdürlüğü adına katıldığım sondaj çalışmaları Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti. ile birlikte, ek sondaj çalışmaları Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti. ile birlikte yürütülmüştür.



Şekil 2.8: SK-1 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekler (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).



Şekil 2.9: SK-3 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekleri (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).



Şekil 2.10: SK-4 Sondaj kuyusundan çıkarılan karot örnekleri (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Proje kapsamında açılan temel sondaj kuyularının yerleri, derinlikleri, kotu ve koordinatları Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5: Açılan Temel Sondaj Kuyularına Ait Bilgiler (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti. 2017).

Sondaj No	Yeri	Derinlik(m)	X	Y	Z
SK-1	Sol Sahil	46	4352246	607352	459
SK-2	Sol Sahil	38	4352268	607390	434
SK-3	Talveg	30	4352289	607426	425
SK-4	Sağ Sahil	35	4352307	607457	439
SK-5	Sağ Sahil	40	4352325	607489	456
DSK-1	Dolusavak	15	4352348	607363	427
GSK-1	Sol Sahil	54,5	4352207	607377	463,5
GSK-2	Sol Sahil	52	4352118	607350	455

2.4.1 Basınçlı Su Testleri (BST)

Kayaçların geçirimsizliklerinin belirlenmesi amacıyla, sondajla açılan düşey veya açılı kuyularda zemine farklı basınçlarda (2, 4, 6, 8, 10 kg/cm²'lik basınç kademeleri) su vererek kaybolan suyun debisini belirleme esasına dayanır. Her basınç kademesinde 10 dakika beklenip, su kaçakları beşer dakikalık aralarla kaydedilmektedir.

Kademe boyu deneyin yapıldığı kayacın yapısı ile ilgili olup, genellikle 2 m olarak alınır. 2 m'lik kademe boyunda su kayıpları pompanın bastığı su miktarından daha fazla olması durumunda kademe boyu küçültülerek istenen basınç sağlanır. Çok geçirimli ve değişken özellikteki kayaçlarda, kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebileceği gibi geçirimsiz ve üniform özellikli bir kayaçta, 5-10 m'lik kademeler uygulanabilir. Kayalarda yapılan basınçlı su deney sonuçlarının değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntem Lugeon birimidir.

İlk kez Maurice Lugeon tarafından yapıldığı için Lugeon testi olarakta adlandırılır. Lugeon, 10 atmosfer gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarı olarak tespit edilmiştir.

Lugeon birimini bulmak amacıyla gerçek basıncın (Peff) hesaplanmasında manometrede okunan basınca (Pm), yeraltı suyu tablası üzerindeki statik yükü (H/10)

ekleyerek, bulunan değerden deney kademesi başlangıcı ile manometre kotu arasındaki yük kaybını (P_c) ise çıkartmak gerekir.

Lugeon deneyi düşey, yatay ve eğik yönde açılan sondaj kuyularında yapılabilir (Şekil 2.11).

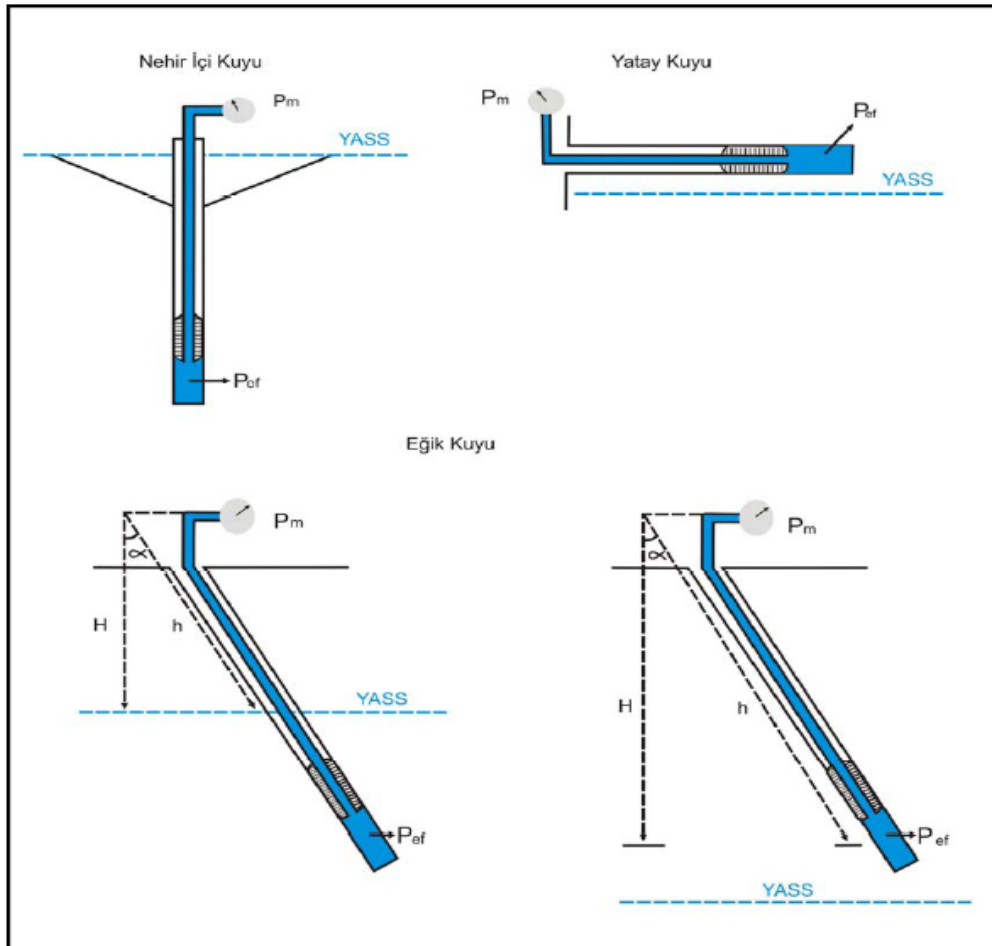
Düşey kuyularda gerçek basıncın hesaplanması;

Deney yeraltı su seviyesi altında yapılıyorsa:

$$P_{eff} = P_m + (H/10) - P_c \quad (2.3)$$

Deney yeraltı su seviyesi üstünde yapılıyorsa:

$$P_{eff} = P_m + (H'/10) - P_c \quad (2.4)$$



Şekil 2.11: Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması (Şekercioğlu, 2007).

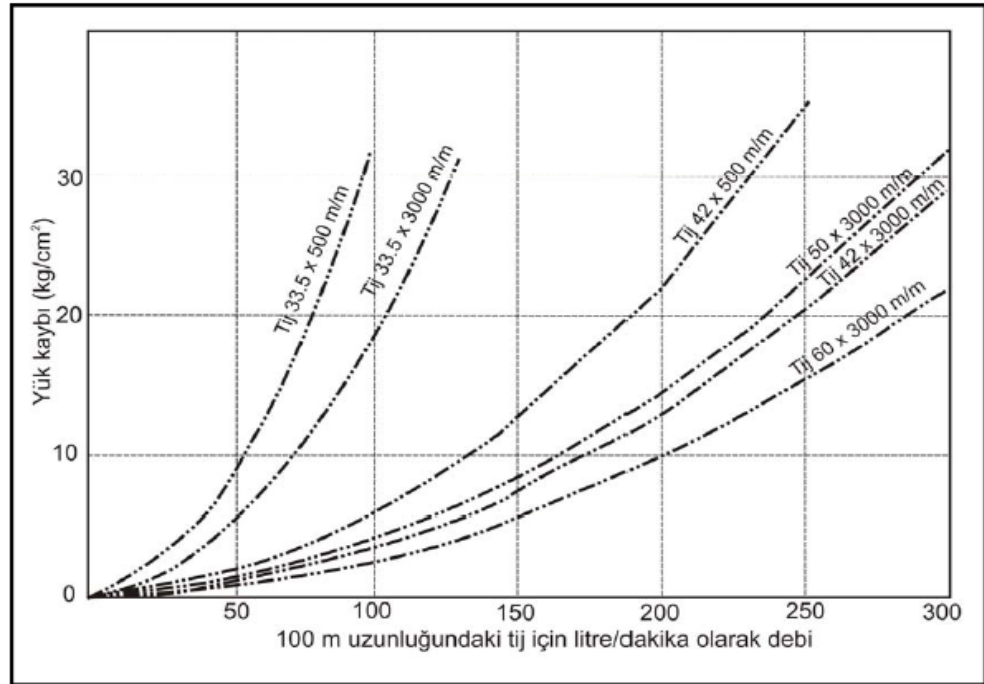
Eğik kuyularda gerçek basıncın hesaplanması;

$$P_{eff} = P_m + [(\cos \alpha \times h) / 10] - P_c \quad (2.5)$$

Yatay kuyularda gerçek basıncın hesaplanması;

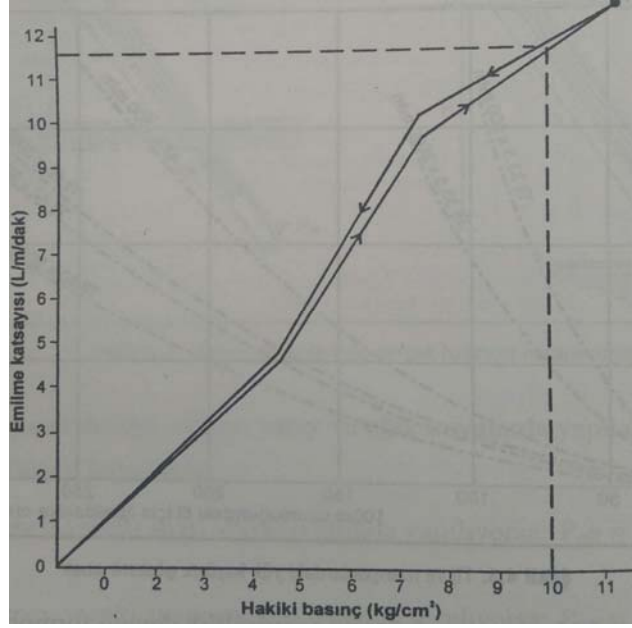
$$P_{eff} = P_m - P_c \quad (2.6)$$

Eđitlikte, P_{eff} : Deney zonundaki gerçek basınç (kg/cm²), P_m : Manometrede okunan basınç (kg/cm²), H : Yeraltı suyu seviyesinden manometreye olan dūşey uzaklık (m), H' : Yeraltı suyu olmaması durumunda deney zonunun ortasında manometreye kadar olan dūşey uzaklık (m) ve P_c : Manometre ile deney zonu başlangıcı arasındaki tijlerde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybıdır (şekil 2.12).



şekil 2.12: Tij ve maņşonlardaki yk kaybını gösterir abak (şekercioğlu, 2007).

Deney yapıldıktan sonra değerler geçirimsizlik deneyi formuna işlenir, her deney zonu için Lugeon eğrileri çizilir ve bu eğri üzerinde 10 atmosfer hakiki basına karşılık gelen emilme katsayısı (1 metrede 1 dakikada litre olarak emilen su miktarı), deney zonunun Lugeon birimi olarak geçirimsizliğini verir (şekil 2.13).



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

Deney sırasında 10 atmosfer basınç uygulanamaması durumunda deney sonuçları şu şekilde değerlendirilmektedir.

$$LU = (Q \times 10)/(P \times L) \quad (2.7)$$

Burada LU : Lugeon (l/dak/m), Q : Kuyuya verilen su miktarı (l/dak), P : Uygulanan gerçek basınç (kg/cm²) ve L : Kademe boyudur (m).

Lugeon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimsizliği konusunda yapılan sınıflama Tablo 2.6'da gösterilmektedir.

Tablo 2.6: Kayaçların Lugeon birimlerine göre geçirimsizlik sınıflandırması (Şekercioğlu, 2007).

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

2.4.2 Basınçsız Su Testi (K Permeabilite (Sızma) Deneyi (USBR))

Birim yük kaybı altında, birim uzunluk ve birim kesitteki prizmadan birim zamanda geçen su miktarı (K) geçirimsizlik birimidir.

Sondaj yapılarak borular zemine yerleştirildikten sonra perfore edilmiş borunun birkaç metre yukarısında su seviyesini sabit tutmak üzere kuyuya sürekli su verilir. Beşer dakika ara ile su seviyesi ölçülerek seviye değişimleri olup olmadığı kontrol edilir. Bir kademede deney tamamlandıktan sonra boru 2 metre daha çakılıp deney tekrar edilir. Bu şekilde tüm zemin içinde kuyu boyunca geçirimsizlik deneyi yapılmış olur (Şekercioğlu, 2007).

Basınçsız K permeabilite deneyinde deney zonu üç ayrı bölgeye ayrılmakta ve her bölgeye ait K permeabilite katsayıları değerlendirilmesi farklı olmaktadır (Şekil 2.14).

1 Numaralı Bölgede:

$$K = (1,64 \cdot 10^{-3} \cdot Q) / (C_u \cdot r_e \cdot H) \quad (2.8)$$

2 Numaralı Bölgede:

$$K = (3,38 \cdot 10^{-3} \cdot Q) / ((C_s + 4) r_e \cdot (T_u + H - A)) \quad (2.9)$$

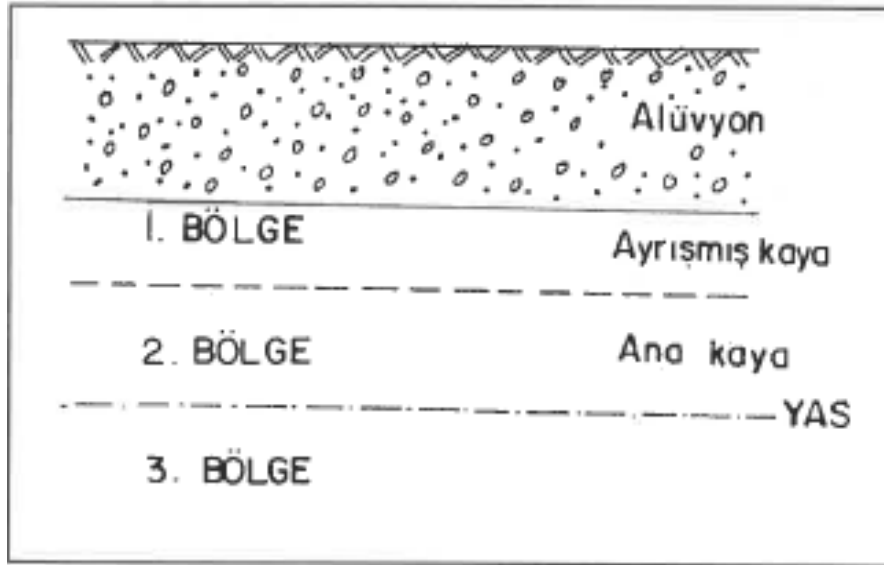
3 Numaralı Bölgede:

$$K = (1,64 \cdot 10^{-3} \cdot Q) / ((C_s + 4) r_e \cdot H) \quad (2.10)$$

Formüllerine göre hesaplanır. Bu eşitliklerde K = Permeabilite katsayısı (cm/s), Q=Zemine verilen suyun debisi (cm³/s), H = Kuyudaki suyun yüksekliği (cm), A=Perfore edilmiş boru uzunluğu (cm), r₁ = Borunun dış yarıçapı (cm), r_e = Efektif kuyu yarıçapıdır (cm).

$$r_e = r_1 \cdot \sqrt{\text{Delikli kısmın alanı} / \text{Perfore edilen borunun dış alanı}} \quad (2.11)$$

Burada C_u = İletkenlik katsayısı, C_s = Suyu doymuş zeminde iletkenlik katsayısı, T_u = Kuyudaki su seviyesinden su tablasına olan düşey uzaklıktır (cm).



Şekil 2.14: Basıncı su deneylerinde değerlendirme bölgeleri (Şekercioğlu, 2007).

Sızma deneyi yapıldıktan sonra permeabilite değeri daha basit bir yöntem olarak aşağıdaki formülden de hesaplanabilir.

$$K = Q / (5,5 \cdot r \cdot h \cdot t) \quad (2.12)$$

Eşitlikte K = Permeabilite (m/s), Q = 10 dakikada kuyuya verilen su miktarı (m³), t=Zaman (s), r = Çakma borusunun yarıçapı (m) ve h = Yüksekliktir (m).

Geçirimsizlik katsayısı göz önüne alınarak US Bureau of Reclamation sınıflaması aşağıda görülmektedir (Tablo 2.7).

Tablo 2.7: Kayaçların (K) geçirimsizlik katsayısına göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 2007).

Geçirimsizlik derecesi (cm/s)	Kaya Sınıfı
<10 ⁻⁶	Geçirimsiz
10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁵	Az Geçirimsiz
10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	Yarı Geçirimsiz
10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	Geçirimsiz
>10 ⁻³	Çok Geçirimsiz

2.5 Laboratuvar Çalışmaları

2.5.1 Kaya Malzemesi İndeks ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada gölet yeri ve göl alanında tanımlanan jeoteknik birimlerin blok örneklerinden alınan karotların ve sondajlarda kesilen karot örneklerinin fiziksel özellikleri, sertliği (Schmidt çekici geri tepme sayısı), tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü bulunmuştur. Karotlar üzerinde yapılan fiziksel ve tek eksenli basınç deneylerinin yapılmasında ISRM (2007) esas alınarak DSİ 25. Bölge Müdürlüğü tarafından yaptırılmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı deneylerinde kullanılan ve Boy/Çap=2 şartını sağlayamayan örneklerde Szlavin (1974) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak boyut düzeltmesi yapılmıştır.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_c'}{0.304D/L + 0.848} \quad (2.13)$$

Eşitlikte; σ_c : Düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm²), σ_c' : Deneylerde bulunan tek eksenli basınç direnci (MPa), L: Boy (mm), D: Çap (mm).

Kaya malzemenin sertliğini ve süreksizlik yüzeyinin ayrışma durumunu bulmak için elde edilen geri tepme sayıları Gökten ve Ayday (1993)'a göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde öncelikle ölçülen tüm verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır daha sonra her bir veri için aşağıda verilen eşitlikle standart sapma oranı hesaplanır.

$$sso = (Ri - \bar{x})/ss \quad (2.14)$$

Eşitlikte, sso: standart sapma oranı, Ri: Ölçülen geri tepme sayısı, \bar{x} = ortalama geri tepme değeri ve ss: standart sapmadır.

Standart sapma oranının mutlak değeri, Tablo 2.8'de verilen değerden büyükse bu değerler ortalamaya katılmaz, atılır. Diğer ölçülerin ortalaması alınır ve incelenen yüzey veya blok örnek için R'yi verir.

Ölçüm yapılırken alet yüzeye dik tutulmuş olup elde edilen bu değerler Barton ve Chubey (1977) tarafından verilen değerler yardımıyla düşey tutuş açısına göre düzeltilmiştir (Tablo 2.9).

Tablo 2.8: Chauvenet ölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss) (Chauvenet 1960).

N	ss	N	ss	N	ss	N	ss
2	1.15	7	1.80	15	2.13	50	2.58
3	1.38	8	1.86	20	2.24	100	2.81
4	1.54	9	1.91	25	2.33	250	3.09
5	1.65	10	1.96	30	2.4	500	3.29
6	1.73	12	2.04	35	2.45	1000	3.48

Tablo 2.9: Schimidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977).

Geri tepme sayısı (R)	Çekiç aşağıya doğru tutulmuş		Çekiç yukarıya doğru tutulmuş		Çekiç yatay tutulmuş $\alpha=0^0$
	$\alpha=-90^0$	$\alpha=-45^0$	$\alpha=+90^0$	$\alpha=+45^0$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

3. BULGULAR

3.1 Yusufçam ve Yakın Çevresinin Jeolojisi

Batı Anadolu geç Oligosen'den itibaren; Menderes Masifi, Sakarya Zonu, Likya Napları ve Bornova Fliş Zonundan oluşan temel üzerinde deformasyona uğramıştır. Bu deformasyon KD doğrultulu havzaların oluşumuna sebep olmuştur. KD doğrultulu havzalar oluşurken volkanik aktivite gelişerek, önceden gelişmiş olan fay zonları boyunca sık yerleşimli sokulumlar oluşmasına sebep olmuştur. 50-90 km genişliğinde bir zon boyunca yüzlek veren Bigadiç bor havzası, KD-doğrultulu havzalardan birine örnek teşkil eder ve Bornova Fliş Zonu üzerinde yer alır (Erkül ve diğerleri, 2010).

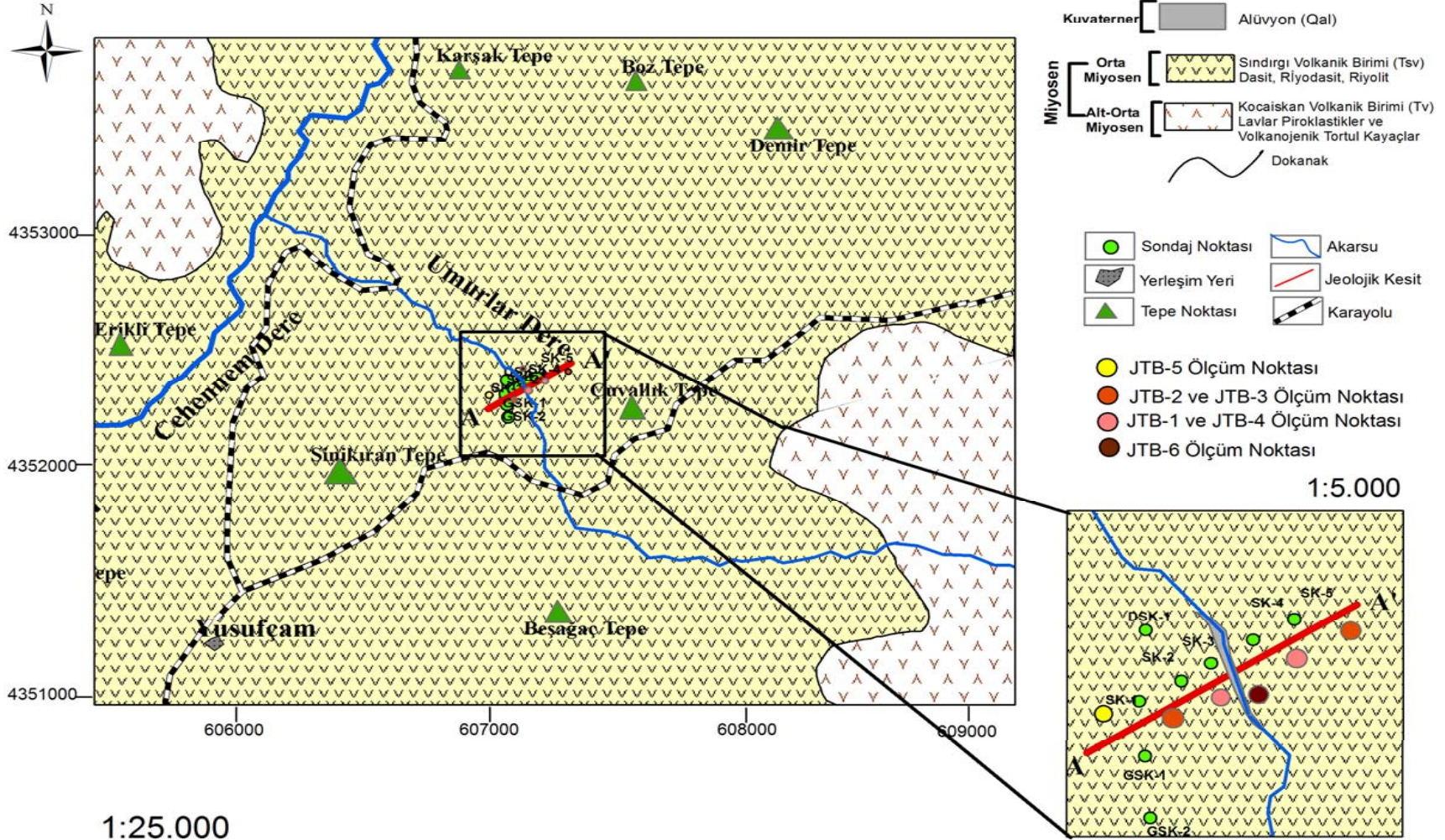
İnceleme alanı ve civarında Miyosen yaşlı Kocaiskan volkanik birimi ve Sındırgı volkanik birimler yayılım göstermektedir. Yusufçam Göletinin aks yeri jeoloji haritası Şekil 3.1' de ve aks yeri jeolojik kesiti Şekil 3.2'de görülmektedir.

Kocaiskan volkanik birimi bölgedeki en yaşlı volkanizma olup, Sındırgı volkanik birimi, tarafından uyumsuzlukla üzerlenir. Sındırgı volkanik birimleri uyumsuz olarak üstleyen diğer birim alüvyondur (Erkül ve diğerleri, 2010) (Şekil 3.3).

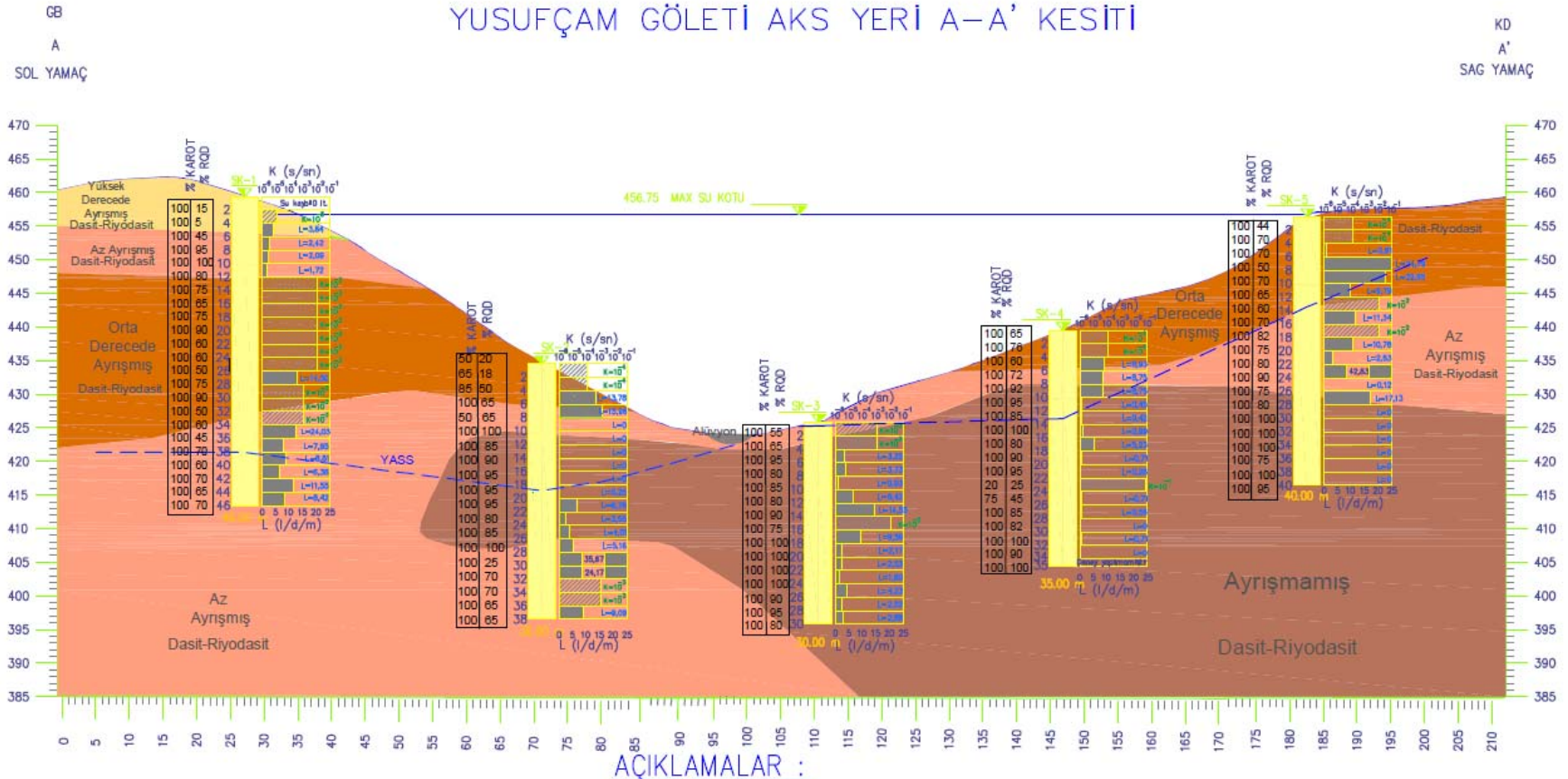
3.1.1 Kocaiskan Volkanik Birimi

Bu birim andezitik dom ve dayk gibi volkanik çıkış merkezleri çevresindeki lavlar ile piroklastik çökeller ve volkanojenik tortul kayalar ile temsil edilir. Birime ait andezitlerde belirgin soğuma çatlakları bulunmakta olup, gri ve pembe bir matriks içerisindeki plajiyoklaz, biyotit ve amfibol gibi mineraller ile tanınabilir özellik göstermektedir (Erkül ve diğerleri, 2010).

YUSUFÇAM GÖLETİ AKS YERİ JEOLJİ HARİTASI



Şekil 3.1: Yusufçam Gölü Aks Yeri Jeoloji Haritası (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr>).



Şekil 3.2: Yusufçam Göletinin Aks Yeri Jeolojisi Kesiti.

3.1.2 Sındırğı Volkanik Birimi

Birimi oluşturan piroklastik çökeller, dasit ve riyolit bileşimli dom, dayk, lav akıntısı ve otobreşler çevresinde yayılım gosterir. Riyolit lavları krem ve beyaz renkleri ile ayırt edilir ve akma düzlemleri boyunca kuvars ve biyotit mineralleri gozlenir. Dasitlerde ise, kıvrımlı akma foliasyon yapısı gozlenip ve pembe ve mavimsi gri renkleri ile tanınır. El rneğinde, dasit bileşimli lavlar porfirik doku sunar ve gri pembe bir matriks içinde plajiyoklaz, biyotit ve kuvars mineralleri içerir. (Erkül ve diğerleri, 2010).

3.1.3 Alüvyon

Umurlar deresinde ve yan kollarının oluşturduğu vadi ilerinde gozlenen alüvyon biriminin talvegde kalınlığı en fazla olan yerde 0,50 m yi geçmemektedir.



şekil 3.4: Yusufçam Goletin aks yeri sol sahil.

şekil 3.4, şekil 3.5 ve şekil 3.6'da aks yeri sağ sahil ve sol sahil fotoğrafları gorlmektedir.



Şekil 3.5: Yusufçam Gölleti aks yeri sağ sahil.



Şekil 3.6: Yusufçam Gölleti aks yeri.

3.2 Yapısal Jeoloji

3.2.1 Faylanma

Batı Anadolu'da yaklaşık K-G yönlü genişleme tektoniğine bağlı olarak D-B ve BKB-DGD doğrultulu bir çok graben gelişmiş olup, bunlardan özellikle Gökova, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Bakırçay ve Simav riftleri, Kütahya ve Eskişehir fayları öncelikli olarak gösterilebilir. Ayrıca KD-GB hatların normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylar bu yörenin tektoniğinde önemli rol oynamaktadır. Batı Anadolu'da genelde orta kısımda DB doğrultulu Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes fayları bulunmaktadır. Bu fayların Kuzeyinde kalan alan Simav, Kütahya ve Eskişehir fayları yine benzer özellikler gösterir. Bu D-B ve BKB-DGD doğrultulu normal faylar arasında KD-GB basenler yer alır ve bunlar Erken Miyosen'de şekillenmeye başlamıştır (Philippon 1918; Ketin 1968; McKenzie, 1978; Dewey ve Şengör 1979).

M.T.A. nın 2012 yılında yaptığı çalışmalar sonucunda yenilenen diri fay haritasına göre inceleme alanı Balıkesir J20a3 ve J20b4 Paftalarında yer almaktadır. Gölet yeri; Batı Anadolu Fay Kuşağı nın etkisi altında olup, diri fay özelliğinde olan Simav Fayının gölet yerine olan mesafesi yaklaşık 8.00 km civarındadır.

Gölet yeri, yaklaşık 20.00 km mesafede bulunan Gelenbe Fay Zonunun da etkisi altında bulunmaktadır. Bölgenin en önemli deprem kaynak zonlarından biri olan Simav fayı gölet yerine en yakın faydır. Sındırgı-Afyonkarahisar arasında toplam 205 km uzunluğunda olan bu fay sağ yönlü doğrultu atımlıdır ve bölgenin güncel tektonik çatısı içinde Gediz grabeni kuzeyinde yer alan bir transfer fayı niteliğindedir. Ayrıca gölet yeri ve çevresi incelendiğinde, bölge Kuvaterner Fayları ile çevrili (Düvertepe Fay Zonu) olup niteliği belirlenmemiş fayların ve ters fayların etkisi altındadır ve dolayısı ile bölgenin, tektonik olarak aktif durumda olduğu bilinmektedir (DSİ ve Sepa Müh. Müş., 2015).

3.2.2 Kırıklar

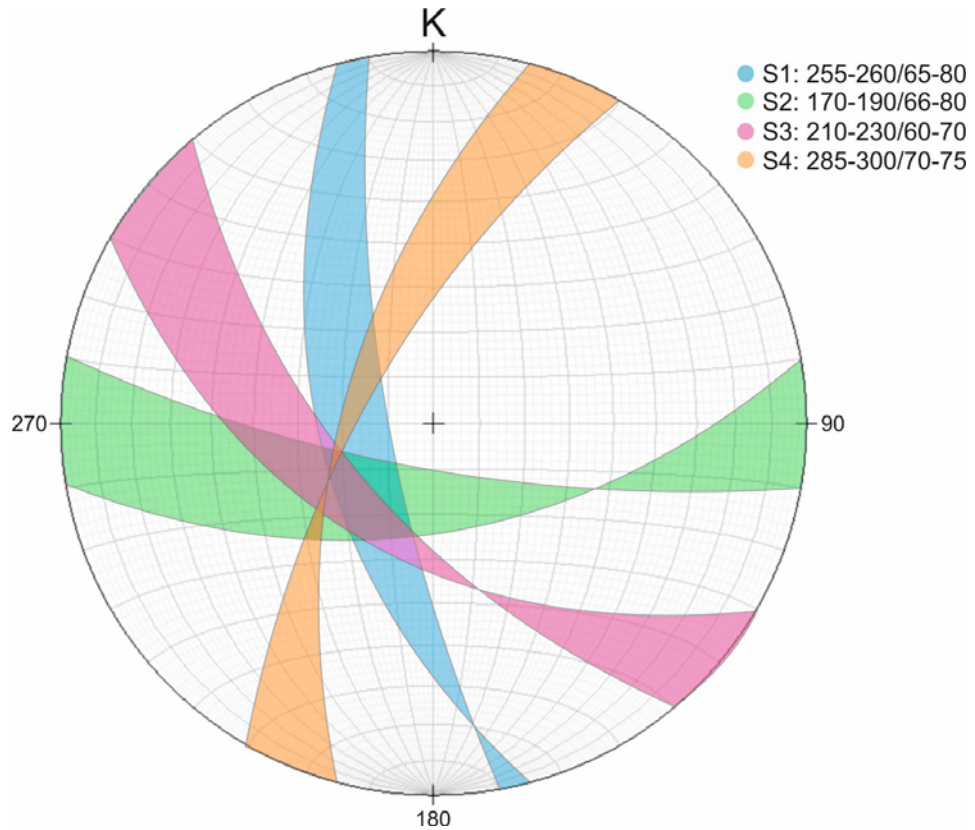
İnceleme alanında hakim olan 4 adet süreksizlik takımı tespit edilmiştir.

Bunlardan 1. Süreksizlik takımının doğrultusu 255-260 arasında değişmekte olup eğimleri de 65° ile 80° arasında değişim göstermektedir.

2. Süreksizlik takımının doğrultusu 170-190 aralığında değişirken eğimleri de 66° ile 80° arasında değişim göstermektedir.

3. Süreksizlik takımının doğrultusu 210-230 aralığında, eğimleri de 60° ile 70° arasında değişim göstermektedir. Son olarak tespit edilen

4. Süreksizlik takımının doğrultusu çalışma alanında 285-300 arasında değişim gösterirken eğimleri de 70°-75° arasında değişmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Çalışma alanındaki hakim süreksizlikler.

3.3 Gölet Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi

3.3.1 Göl Alanı ve Aks Yeri Jeolojisi

Sulama amaçlı yapılması planlanan Balıkesir Sındırgı Yusufçam Göleti gövde aks yerinde ve rezervuar alanında ki birimleri tanımlamak amacıyla bu alanın jeoloji çalışması yapılmıştır (Şekil 3.8).

İnceleme alanında yaşlıdan gence doğru; tabanda Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik, piroklastik ve volkanojenik tortul kayalardan oluşan Kocaiskan Volkanik Birimi, bu birim üzerine Orta Miyosen yaşlı dasit, riyolit, riyodasit birimlerinden oluşan Sındırgı Volkanik Birimi bulunmaktadır (Şekil 3.10).

Göl alanını oluşturan ana kayaç, dasit, riyodasit seviyelerinden oluşan Orta Miyosen yaşlı Sındırgı Volkanik Birimi gölet yerinde de yüzeylenmektedir (Şekil 3.9). Sındırgı Volkanik Birimine ait dasit, riyolit, riyodasit birimleri temel kayayı oluşturmaktadır. Volkanikler üst seviyelerde parçalı, kırıklı, yer yer alterasyona uğramıştır. Birim derinlik arttıkça sağlam bir yapı göstermekte olup, açık gri renkli yer yer sağlam yer yer çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu sağlam görünüşlüdür.



Şekil 3.8: Yusufçam Göleti rezervuar alanı.

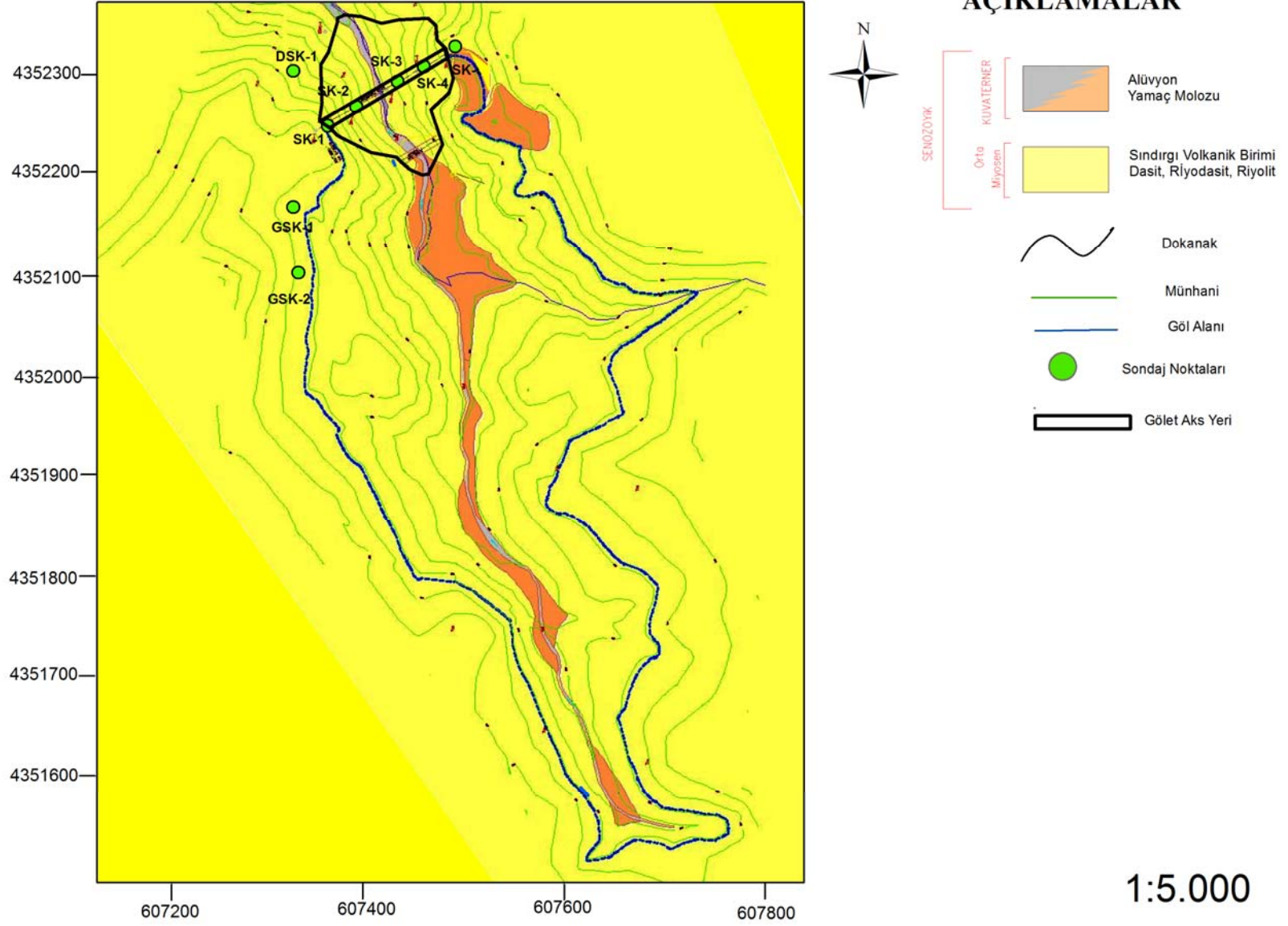
Yapılan ölçümlerde sağ yamaçta yeraltısuyu dereyi beslerken, sol yamacın geçirimli olması ve yeraltısuyu tablası eğiminin yamaç dışına doğru olması göz önüne alınarak göl alanında su tutulduktan sonra sol yamaçta su kaçaklarının olacağı düşünülmektedir.

Su kaçaklarının yoğun olduğu kademelerin karot örneklerinde boyuna çatlaklar görülmüş olup kayaların daha parçalı kırıklı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca çatlak dolgularının ve ayrışma gösteren seviyelerin de çatlaklardaki killeşmiş kademelerin yıkanmasından dolayı basınçla orantılı olarak su kaçakları artış göstermektedir.

Sonuç olarak aks yeri ve gölalanı, belirgin eklem ve çatlak sistemi gelişmemiş, suyla temas ettiğinde erime ve dağılma özelliği göstermeyen dayanım gücü yüksek dasit, riyodasit birimlerden oluşmaktadır.



Şekil 3.9: Yusufçam Göleti rezervuar alanında yüzeyleyen Dasit-Riyodasit birimi.



Şekil 3.10: Yusufçam Göletinin Göl Alanı Jeoloji Haritası (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

3.3.2 Kaya Malzemesi İndeks Özellikleri, Dayanımı ve Deformasyon Özellikleri

Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerden alınan sağlam blok örneklerden ve sondaj karotlarından alınan karot örnekler üzerinde yapılan fiziko-mekanik deneyler sonucunda kuru birim hacim ağırlık, kuru yoğunluk, tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü bulunmuştur. Bu örneklerin ayrışma derecesi Gökçeoğlu (1997) tarafından önerilen yaklaşımla Eşitlik 2.2'den bulunmuştur (Tablo 3.1). Ayrışmamış blok örneklerden ve karot örnekleri üzerinde ölçülen Schmidt çekici geri tepme sayısı ortalama 51 olarak ölçülmüştür.

Tablo 3.1: Gölet yerindeki jeoteknik birimlerden alınan bloklardan çıkartılan karot örneklerin ve sondaj karotlarından alınan örneklerin ayrışma derecesi, fiziksel özellikleri ve mekanik özellikleri.

Örnek	Wi	γ_k	ρ	n	σ_{ci}	Ei
Kr-6	Ayrışmamış	25.06	25.8	2.9	77.78 (88.45-65.58)	4.0454
Kr-3	Az ayrışmış	23.23	24.4	4.8	55.88 (62.90-44.81)	4.2488
Kr-2	Az ayrışmış	23.58	24.8	4.9	52.26 (58.23-45.56)	3.8758
Kr-5	Orta Derecede Ayrışmış	25.55	27.2	6.1	44.74 (54.12-39.22)	1.9794
Kr-4	Orta Derecede Ayrışmış	26.2	27.6	5.1	42.91(50.05-37.62)	2.4848
Kr-7	Orta derecede Ayrışmış	24.05	25.9	7.1	32.466 (27.44-39.96)	-
Kr-8	Yüksek Derecede Ayrışmış	24.05	26.1	7.9	15.424 (17.67-13.05)	0.7478

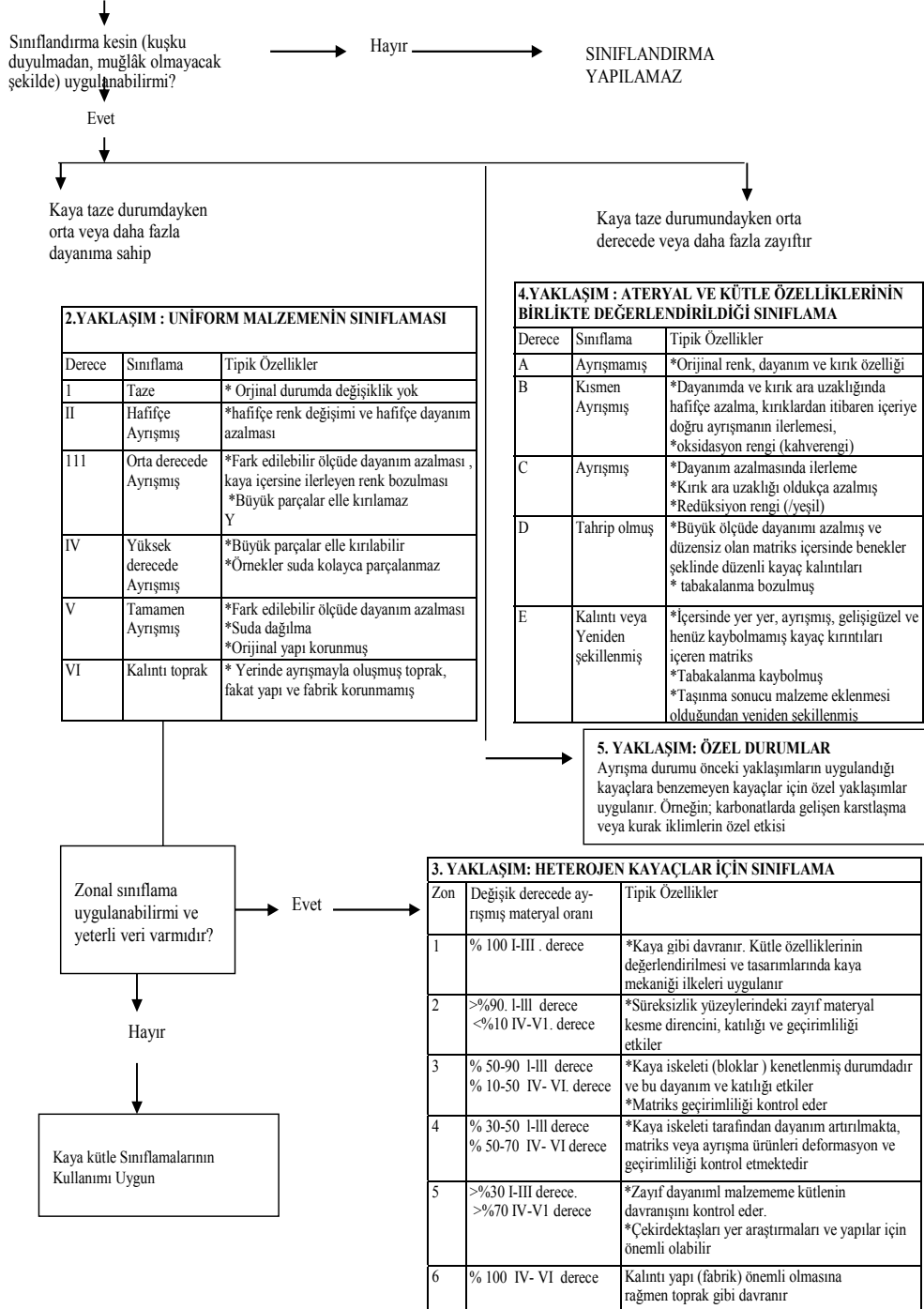
(Wi: Kaya malzemesi ayrışma derecesi, γ_k : Kuru birim hacim ağırlık (kN/m^3), ρ : kuru yoğunluk (kN/m^3), σ_{ci} : kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı (MPa), Ei: kaya malzemesi elastisite modülü (MPa, Kr: Karot numunesi)

Kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı ayrışmamış örneklerde 88.45-65.58 MPa, az ayrışmış örneklerde 62.90-45.56 MPa, orta derecede ayrışmış örneklerde 54.12-27.44 MPa ve yüksek derecede ayrışmış örneklerde 17.67 -13.05 MPa arasında değişmektedir. Sağlam kaya örneklerinde Elastisite modülü sağlam örneklerde 4.0454 MPa iken az ayrışmış örneklerde 4.2488-3.8758 MPa arasında, orta derecede ayrışmış örneklerde 2.4848-1.9794 MPa, yüksek derecede ayrışmış örneklerde 0.7478 MPa olarak bulunmuştur.

3.3.3 Kaya Kütlelerinin Ayrışma Durumu

Kayaçların ayrışması sağlam kayadan toprağa giderek kayanın bitkisel toprağa doğru dönüşümüdür. Bir anlamda ayrışma, kayaçların bozunması olarak ele alınabilir. Kayaçlar oluştukları ortamda dengede olup yüzeylediklerinde veya yüzeye yakın olarak konumlandıklarında atmosferik koşulların altında veya hidrotermal sıvıların etkisiyle çürümekte; daha ufak parçalara ayrılmakta, minerallerdeki alkali ve toprak alkali elementler kimyasal yıkanmaya uğrayarak ortamdaki uzaklaşmakta geriye kalan elementler atmosferik elementlerle bileşerek yeni mineraller oluşmaktadır. Bu şekilde gelişen fiziksel ayrışma ve kimyasal ayrışma kayaçların mühendislik davranışını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Ayrışma sonucu kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü azalmakta, süreksizliklerin yüzeyletiklerinde dolgu türü ve kalınlığı değişmekte, süreksizlik yüzey malzemesinin dayanımı azalmakta, kaya külesinde blokların kenetlenmesi azalmakta, kaya-kaya dokanağı azalmakta, kaya /toprak oranı azalmaktadır. Bu değişimlerin sonucunda kaya külesinin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü ile taşıma gücü azalmaktadır. Ayrıca ayrışma ilerledikçe kaya külelerinin yüzeyletikleri kaya yamaçlarda yenilme olasılığı artmakta yenilme türü değişmektedir. Bu nedenlerle gölet yeri ve göl alanında yüzeyletik ve sondajlarla kesilen jeoteknik birimlerin tanımlanmasında kaya külelerinin ayrışma durumu dikkate alınmıştır. Yüzeyletikmelerde ve sondaj loglarında kaya külelerinin ayrışma sınıflandırılması yapılırken IAEG(1995) tarafından önerilen sınıflandırma kullanılmıştır (Şekil 3.11).

1.YAKLAŞIM: AYRIŞMANIN TAM (TÛM YÖNLERİYLE) TANIMLANMASI
Standart tanımlamalar, her zaman, kaya kütle ve materyalindeki her hangi bir ayrışma etkisinin derecesini, kapsamını (büyüklüğünü) ve karakterini içermelidir. Bu tanımlama daha sonraki aşamada sınıflamanın yapılmasına yeterli olmalı, kaya kütesini benzer özellikteki zonlara ayırmak için gerekli verileri sağlamalıdır. Ayrışmanın tipik göstergeleri: - Renkteki değişim -Kırık durumundaki değişim - Dayanımdaki azalma -Ayrışma ürünlerinin varlığı, miktarı ve özellikleri Bu özellikler standart terminoloji kullanılarak tanımlanmalı. Ancak standart olmayan terminoloji ile birlikte standart olmayan tanımlayıcılarda kullanılabilir. Kütle ölçüğünde tanımlama yapılırken değişik ayrışma derecesindeki materyallerin dağılımı ve oranları (örneğin matrisin çekirdek taşlarıyla oranı, gibi) kayıt edilmelidir



Şekil 3.11: Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Çalışma Grubu (IAEG) tarafından kaya kütleleri önerilen niteliksel ayrışma sınıflandırılması (IAEG, 1995).

3.3.4 Jeomekanik Sınıflama

Kaya Kütle Puanı (RMR) sistemi Bieniawski (1973) tarafından yer altı kazıları için geliştirilmiş olup, daha sonraları kaya şev duraylılığı, taşıma gücü, dayanım ve deformasyon özelliklerinin bulunmasında da uygulama alanı bulmuştur. Bu sınıflandırma sistemi 1973 yılından günümüze birçok değişiklik geçirmiş ve farklı uygulamalar için yeniden düzenlenmiştir. Bu çalışmada ise Bieniawski (1989)'da verilen versiyonu uygulanmıştır. Bu sınıflandırma sisteminde; temel RMR puanını bulmak için kayacın tek eksenli basınç dayanımı, RQD, süreksizlik ara uzaklığı, süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu, bozunma, açıklık) ve yeraltı suyu koşulu olmak üzere beş parametre kullanılmaktadır (Tablo 3.2, Tablo 3.3, Şekil 3.12)

Tablo 3.2: RMR kaya kütle sınıflama sisteminde kullanılan parametreler ve puanları (Bieniawski, 1989).

1*	Sağlam kayacın dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi	>100 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım			
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa	
	Puan		15	12	7	4	2	1	0	
2*	Kayaç kalite göstergesi, RQD		%90-%100	%75-%90	%50-%75	%25-%50	<%25			
	Puan		20	17	13	8	3			
3*	Süreksizlik aralığı		>2 m	0,6-2 m	200-600mm	600-200mm	<60 mm			
	Puan		20	15	10	8	5			
4*	Süreksizliklerin durumu		Çok kaba yüzeyler	Az kaba yüzeyler	Az kaba yüzeyler	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu	Yumuşak fay dolgusu			
			Sürekli değil	Ayrılma<1mm	Ayrılma<1mm	fay dolgusu	>5mm kalınlıkta veya açık eklemler			
			Ayrılma yok	Sert eklem yüzeyleri	Yumuşak eklem yüzeyleri	<5mm veya 1-5 mmaçık eklemler,sürekli eklemler	>5 mm devamlı süreksizlikler			
			Sert eklem yüzeyleri							
	Puan		30	25	20	10	0			
5*	Yer altı suyu	Tünelin 10m' lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dk	<25 lt/dk	25-125 lt/dk	>125 lt/dk			
		Oran	Eklemden gelen su basıncı	veya		veya	veya	veya		
			Ana asal gerilme	0	0,0-01	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
	Genel koşullar		Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı			
	Puan		15	10	7	4	0			

RQD, kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı, süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik durumu ile ilgili her bir değerleri için puanlamanın yapılmasında Tablo 3.3 ve Şekil 3.12’de verilen abaklar kullanılmaktadır.

Tablo 3.3: Süreksizliklerin yüzey durumu için puanlama (Bieniawsk,1989).

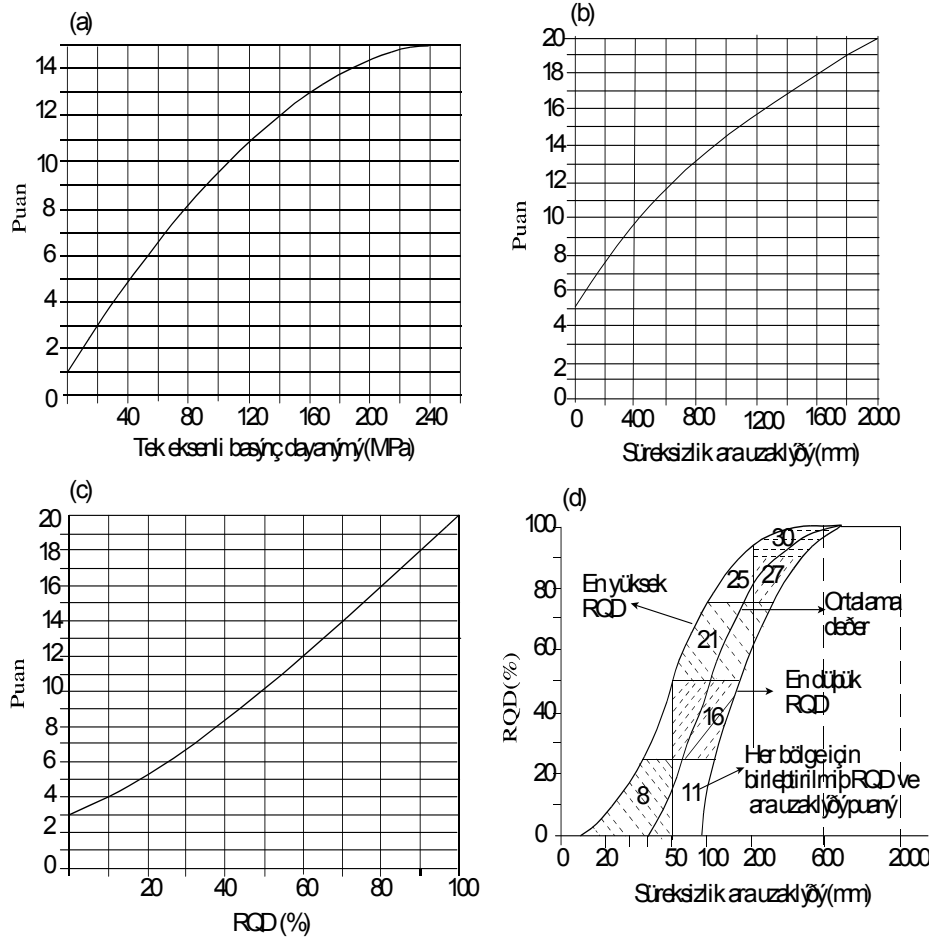
Parametre	Puanlar				
Süreksizliğin uzunluğu (devamlılık)	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)
Süreksizlik açıklığı	Yok (6)	<0,1 mm (4)	0,1-1mm (4)	1-5 mm (1)	>5 mm (0)
Pürüzlülük	Çok pürüzlü (6)	Pürüzlü (5)	Az pürüzlü (3)	Düz (1)	Kaygan (0)
Dolgu	Dolgu	Sert dolgu		Yumuşak dolgu	
	Yok (6)	<5mm (4)	>5mm (2)	<5mm (2)	>5mm (0)
Bozunma	Bozunmamış (6)	Az bozunmuş (5)	Orta derecede bozunmuş (3)	Bozunmuş (1)	Çok bozunmuş (0)

Temel RMR değeri süreksizlik yönelimine göre düzeltilerek nihai RMR elde edilmektedir. Süreksizlik yönelimi için Sing ve Gahroee (1989) tarafından önerilen puanlar dikkate alınmıştır (Tablo 3.4). Bu çalışmada gölet yerindeki yamaçlarda herhangi bir duraysızlık (yenilme türü) görülmediğinden düzeltme puanı sıfır olarak alınmıştır.

Tablo 3.4: Kaya şevleri için önerilen süreksizlik yönelimi düzeltmesi puanları (Singh ve Gahroee, 1989).

Yenilme türleri ve sayısı	Duraysızlık yok	Olası tek duraysızlık modeli	Tek duraysızlık modeli	İki duraysızlık modeli	Çok sayıda duraysızlık modeli
Puan	0	-5	-25	-50	-60

Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin ve sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin RMR değerleri ve bu sisteme göre kaya kütle sınıflandırmaları Tablolar 3.5 ve 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.12: Tek eksenli basınç dayanımı (a), süreksizlik aralık (b) ve RQD parametrelerine (c) ait puanları bulmak için kullanılan grafikler (Bieniawski, 1989).

Tablo 3.5: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin RMR puanları.

Jtb	Wm	σ_{ci} (MPa)	RQD (puan)	S (mm)	L (m)	Ap (mm)	Pr.	Dolgu	Wsrz	YAS durumu	Temel RMR
Jtb1	Az	58.76 (6.4)	87.5 (17.5)	162 (7)	6.5 (2)	1-2 (1)	Pürüzlü (5)	Yok (6)	Az (5)	Nemli (10)	60
Jtb2	Orta derecede	45.66 (5.1)	83 (16.1)	182 (7)	4 (2)	1-3 (1)	Az pür. (3)	Yok (6)	Orta (3)	Nemli (10)	53
Jtb3	Orta derecede	34.78 (4.4)	85 (16.2)	138 (6.6)	4 (2)	3 (1)	Az pür. (3)	Kayaç kırıntısı (4)	Orta (3)	Nemli (10)	50
Jtb4	Az	53.74 (6)	89 (17.8)	525 (11)	3 (2)	2 (1)	Az pür. (3)	Yok (6)	Az (5)	Nemli (10)	62
Jtb5	Yüksek derecede	16.52 (2.5)	84 (16.1)	134 (6.5)	2 (4)	4 (1)	Düz (1)	Kil dolgu (4)	Yüksek (0)	Nemli (10)	45
Jtb6	Ayrıışmamış	80.65 (8.2)	89 (17.8)	175 (7)	12 (1)	1 (4)	Pürüzlü (5)	Yok (6)	Az (5)	Nemli (10)	65

(Jtb: Jeoteknik birim, Wm: Kaya kütlesi ayrıışma durumu, Wsrz: Süreksizlik yüzeyi ayrıışma durumu, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), RQD: Kaya kalite göstergesi (%), L: Devamlılık (m), S: ara uzaklık (mm) Ap: Açıklık (mm), Pr.: Pürüzlülük, Wm.:Kaya kütlesi ayrıışma durumu, YAS: Yeraltısuyu durumu Parantez içinde verilen puan değerleridir)

Tablo 3.6: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin RMR puanları.

Wm	σ_{ci} (MPa)	RQD	S (mm)	L (m)	Ap (mm)	Pr.	Dolgu	Wsrz	YAS	Temel RMR
F	88.45-65.58 (8.7-7)	100-85 (20-17)	175 (7)	12 (1)	1 (4)	Pürüzlü (5)	Yok (6)	Az (5)	Nemli (10)	67-63
SW	65.90-45.66 (7-5.2)	95-80 (19-16)	162 (7)	6.5 (2)	1-2 (1)	Pürüzlü (5)	Yok (6)	Az (5)	Nemli (10)	62-57
MW	54.12-37.60 (6-4.6)	80-60 (16-12)	138 (6.6)	4 (2)	3 (1)	Az Pür. (3)	Yok (6)	Yüksek (0)	Nemli (10)	50-45
HW	17.63-13.05 (2.7-2.4)	60-20 (12-5.2)	134 (6.5)	2 (4)	4 (1)	Düz (1)	Kil dolgu (4)	Yüksek (0)	Nemli (10)	45-34

Wm: Kaya kütleli ayrışma durumu, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), RQD: Kaya kalite göstergesi (%), L: Devamlılık (m), S: ara uzaklık (mm) Ap: Açıklık (mm), Pr.: Pürüzlülük, Wsrz: Süreksizlik yüzeyi ayrışma durumu, YAS: Yeraltısuyu durumu, F: ayrılmamış, SW: Az ayrılmış, MW: Orta derecede ayrılmış, HW: Yüksek derecede ayrılmış, Parantez içinde verilen puan değerleridir)

Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış ve az ayrılmış olarak tanımlanan jeoteknik birimlerden JTB1'in temel RMR değeri 60'tır. Yine az ayrılmış olarak tanımlanan JTB4'ün temel RMR değeri de 62'dir. Bu değerler ışığında bu iki jeoteknik birim Bieniawski'nin sınıflamasına göre "İyi Kaya" sınıfına düşmektedir. JTB2 ve JTB3 jeoteknik birimleri orta derecede ayrılmış olarak tanımlanmıştır ve bu iki jeoteknik birimin temel RMR değerleri sırasıyla 53 ve 50'dir. Dolayısıyla JTB2 ve JTB3 Bieniawski'nin sınıflamasına göre "Orta Kaya" sınıfına düşmektedir. JTB5 jeoteknik birimi arazide yüksek derecede ayrılmış olarak tanımlanmıştır ve temel RMR değeri 45'tir. Dolayısıyla Bieniawski'nin sınıflamasına göre "Orta Kaya" sınıfına düşmektedir. JTB6 jeoteknik birimi ayrılmamış olarak tanımlanmış olup RMR değeri 65'tir. Bieniawski'nin sınıflamasına göre "İyi Kaya" sınıfına düşmektedir (Tablo 3.5).

Gölet yerinde ve göl alanında yapılan sondaj loglarından tanımlanan ayrılmamış kaya kütlelerinde RQD değeri 100-85 arasında değişmektedir. RQD değeri az ayrılmış kaya kütlelerinde 95-80, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 80-60 ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 60-20 arasında değişmektedir. RMR değerleri ise ayrılmamış kaya kütlelerinde 67-63, az ayrılmış kaya kütlelerinde 62-57, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 50-45 ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 45-34 arasında değişmektedir. Bu değerlere ışığında Bieniawski'nin sınıflamasına göre; ayrılmamış kaya kütleleri "İyi Kaya" az ayrılmış kaya kütleleri

“İyi-Orta Kaya” orta derecede ayrıışmış kaya kütleleri “Orta Kaya” ve yüksek derecede ayrıışmış kaya kütleleri de “Orta-Zayıf Kaya” sınıflarına düşmektedir ve Tablo 3.6’da gösterilmektedir.

Gölet yerinde açılmış olan sondajlarda sondaj kuyuları arasında korelasyon yapılmış ve jeoteknik birimlerin ayrıışma durumları incelenmiştir. Karotlardan ve arazi çalışmalarından elde edilen bu veriler beraber değerlendirilmiş olup aks yeri ile sol sahilden rezervuara doğru olmak üzere ayrıışma durumunu gösteren 2 adet kesit hazırlanmıştır (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14).

Kesitler üzerinde yardımcı olması amacıyla RQD değerleri, Permeabilite ve BST sonuçları da gösterilmiştir. Gölet aks yerinde açılan 5 adet sondajdan (SK-1, 2, 3, 4, 5) elde edilen verilerle sondaj logları hazırlanmış ve aks yeri kesiti çizilmiştir (Şekil 3.13).

Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının litoloji, karot verimi, RQD, çatlak sıklığı ve ayrıışma derecesi değerlendirildiğinde; ana kayada (riyodasit, dasit,) ortalama %100’e yakın değerlerde karot verimi elde edilmiştir. Üst seviyeler ve aralarda bulunan çok ayrıışmış parçalı seviyelerde bu oran %0-30’e kadar düşmektedir. Bütün kuyularda tek birim olan anakaya dasit-riyodasit birimi geçilmiştir.

Sol sahilde yer alan SK-1’deki birimlere baktığımızda ilk 6 metrede ileri derecede ayrıışmış dasit-riyodasit seviyesi görünmektedir. Parçalı olarak gözlemlenen bu seviyede RQD değerleri, ilk 2 metrede 15, 2-4 metre arası 5 ve 4-6 metre 45 olarak gözlenmiştir. 6-12 metre’lik kısım ise az ayrıışmış birimden oluşmuş ve RQD değerleri 80-100 olarak belirlenmiştir. İlk 12 metrede BST değerleri düşük olduğu görülmüştür. Bu seviyeden sonra 12 - 36 metre arasında birim genel olarak orta derecede ayrıışmış olup RQD 45-90 arasındadır ve BST ile Permeabilite değerleri yüksektir. Son seviye olan 36-46 seviyesinde ise RQD değerleri 65-70 olup BST değerleri kısmen düşmüştür.

SK-2’deki birimlere baktığımızda, genel olarak ilk 6 metre aralığında birim orta derecede ayrıışmış dasit-riyodasit seviyesi tanımlanmış olup RQD değerleri 18 50 arasında değişmektedir. 6 ile 10 metre arasında az ayrıışmış olan birim için RQD

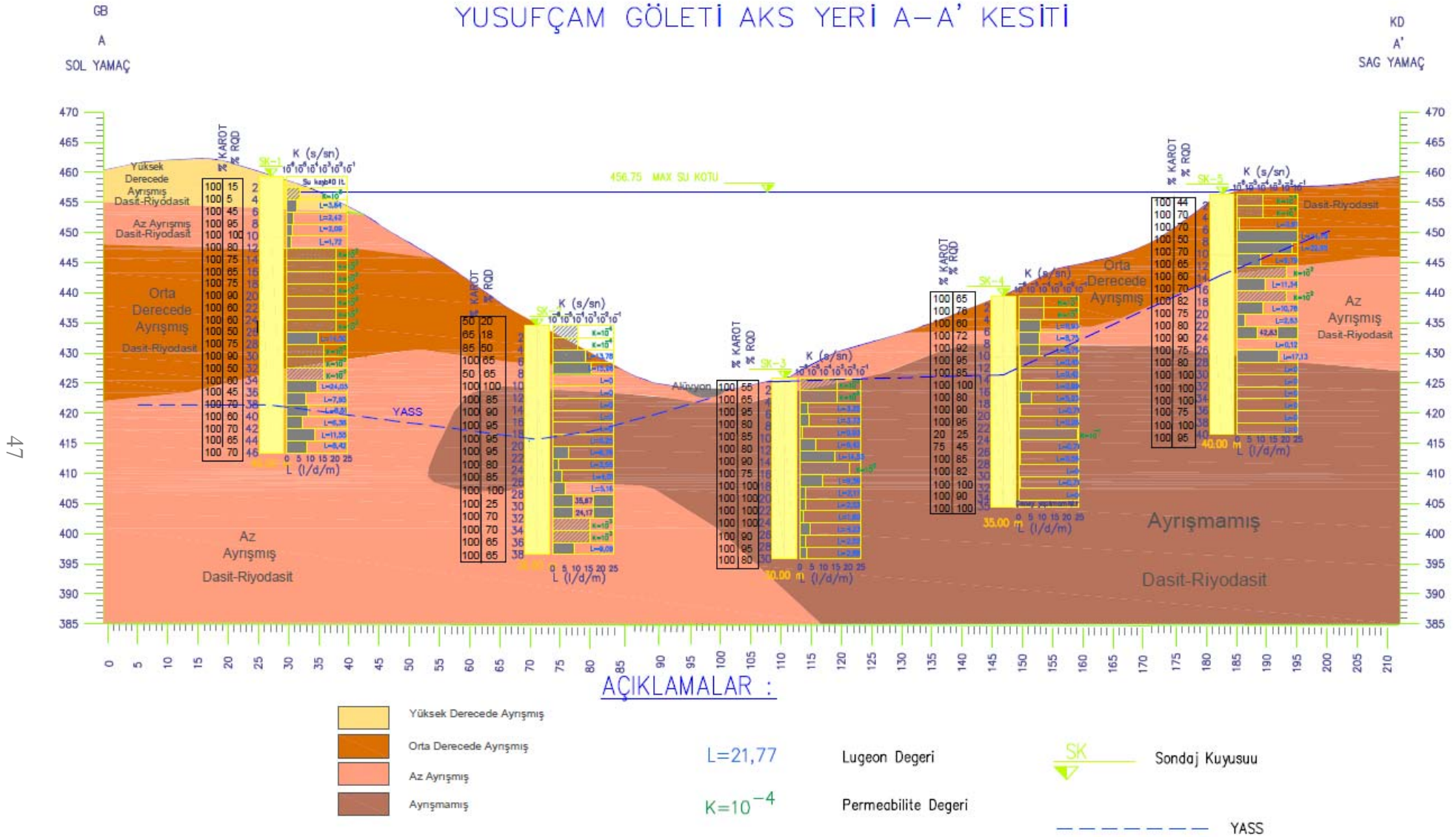
değeri 65'tir. İlk 8 metrede BST değerleri yüksek olduğu görülmektedir. 10-28 metreleri aralığında genel olarak sert sağlam birime geçilmiştir. Bu aralıkta RQD değerleri 85-100 arasında değişmekte olup BST değerleri de düşmüştür. 28-30 metre seviyesinde parçalı kırıklı olarak gözlenen karotlar için RQD 25 hesaplanmıştır. 30-38 metre aralığında ise RQD 65-70'tir ve birim az ayrılmıştır. 28- 38 metre aralığında BST değerleri yükselmiştir.

SK-3 sondajındaki birimlere baktığımızda ilk 4 metre için az ayrılmış dasit-riyodasit seviyesi tanımlanmıştır. Bu aralıkta RQD değerleri 55 ile 65 arasında değişmekte olup su kaçaklarının fazla olduğu görülmüştür. Bu seviyeden 30 metreye kadar RQD 80-100 olan oldukça sağlam karotlar halinde sert sağlam birim tespit edilmiştir. 12-16 metre haricinde genel olarak BST değerleri düşüktür.

Sağ sahilde yer alan SK-4 sondajındaki birimlere baktığımızda yine bu kuyuda da ilk seviyelerden itibaren anakayaya girilmiştir. ilk 6 metre orta derecede ayrılmış olan birimin RQD değerleri 60-78 arasındadır ve BST ve Permeabilite değerleri yüksektir. 6-10 metreler arası ise az ayrılmış birime geçilmiş olup RQD değerleri 72-92 arasındadır ve BST değerleri daha düşüktür. RQD değeri 85-100 arasında değişen 10-22 metre arasında sert sağlam birim geçilmiş ve BST değerleri düşmüştür. Ancak 22-26 metrede ince bant şeklindeki parçalı kırıklı seviye bulunmakta, RQD değerleri 25-45 arasında değişmektedir. Burada Permeabilite (sızma) deneyi yapılmış değerler oldukça yüksek çıkmıştır. 26 metreden kuyu sonu olan 35 metreye kadar RQD değerleri 82-100 olduğu gözlenmiş bu seviyeler sert sağlam birim olarak tanımlanmıştır. 26 metreden kuyu sonuna kadar BST değerleri tekrar düşmüştür.

Sağ sahilde yer alan diğer kuyu SK-5 sondajında ilk 14 metrede RQD değerleri 44-70 arasında değişmekte olup bu seviyeler az orta derecede ayrılmış olarak tanımlanmıştır. BST ve Permeabilite deney sonuçlarına göre bu seviyeler genel olarak geçirimlidir. 14 metre ile 28 metre aralığında RQD değerleri 75-90 olan az ayrılmış seviyelerin geçirimli olduğu gözlenmiştir. 28 metreden kuyu sonu olan 40 metreye kadar ise sert sağlam seviyeler gözlenmiş ve bu seviyelerde su kaçakları olmamış BST değerleri sıfır olarak kaydedilmiştir.

YUSUFÇAM GÖLETİ AKS YERİ A-A' KESİTİ



Şekil 3.13: Gölet aks yeri (SK-1,2,3,4,5) kaya kütle özellikleri A-A' kesiti.

Gölet aks yerinde GB-KD doğrultulu alınan A-A' kesitine genel olarak baktığımızda tek birim kesilmiştir. Bu birim gri, açık gri renkli, oldukça çatlak ve kırıklı, kırıklar arası genellikle hematit ve limonit boyanmalı, yer yer çatlaklar arası kalsit dolgulu, riyodasit-dasit birimlerinden oluşan Sındırgı Volkanik Birimidir. Bu kaya üzerinde yer yer örtü birimlerini ana kayanın altere olmuş seviyeleri, Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) oluşturmaktadır.

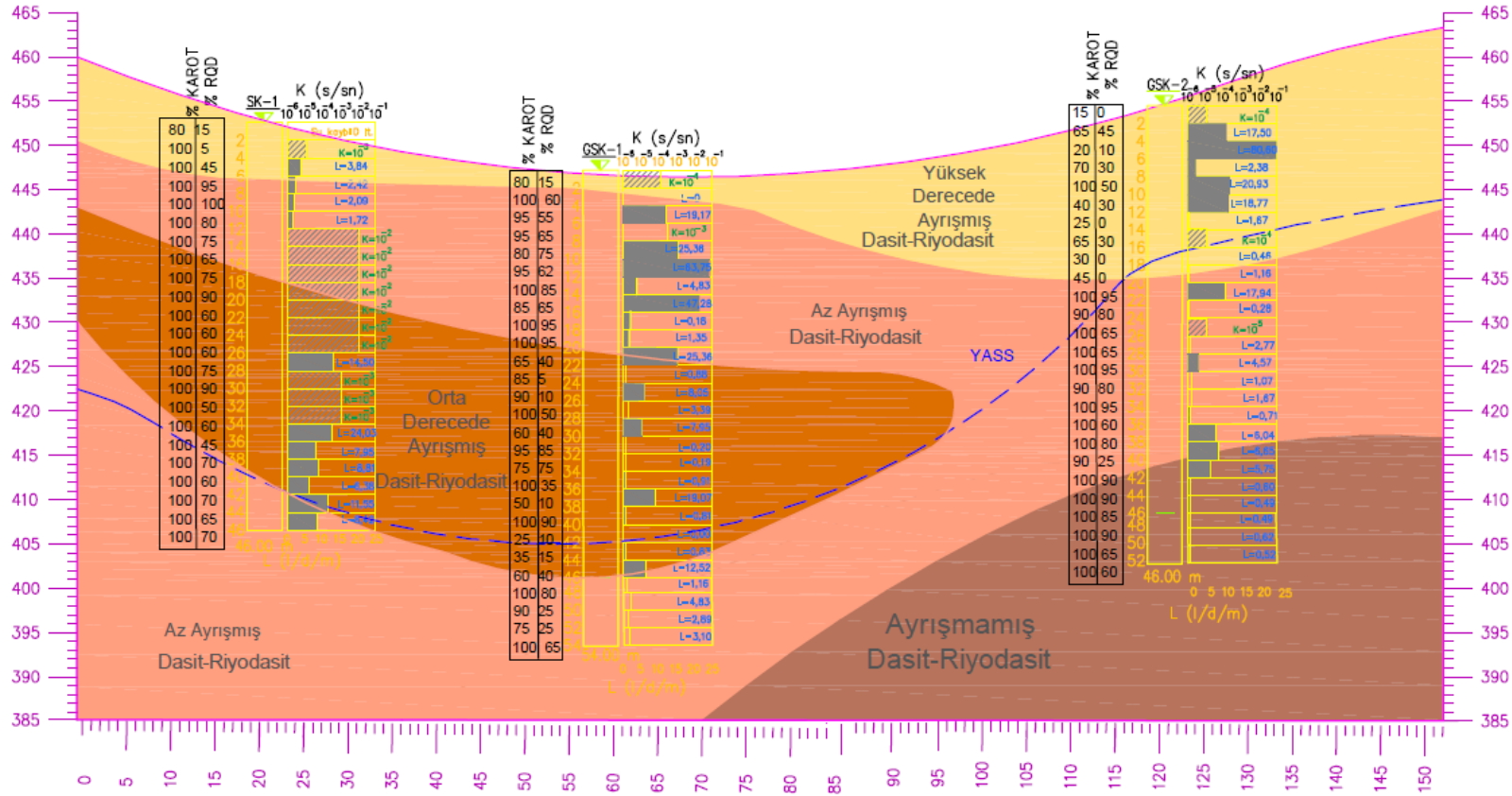
Gölet yeri sol sahilde ise geçirimsizliğin araştırılması amacıyla açılan GSK-1 ve GSK-2 kuyusundan elde edilen verilerden, sol sahil dayanım parametreleri ile ilgili ek bilgiler elde edilmiştir (Şekil 3.14).

GSK-1 nolu kuyuda ilk 2 metre yüksek derecede ayrılmış RQD değeri 15 olan seviyedir. 2-20 metreye kadar RQD değerleri 55 ile 95 arasında değişen az ayrılmış seviye geçilmiştir. Burada ilk 16 metreye kadar BST değerleri oldukça yüksektir. 16-20 metre arası geçirimsizdir ve RQD değerleri 95-98 dir. 20-46 metre arası orta derecede ayrılmış olup RQD değeri 5-90 arasında değişmektedir. BST değerleri 20-22 ve 36-38. metreler haricinde düşüktür ve birim genel olarak geçirimsizdir. 46 metreden 54,5 metreye kadar az ayrılmış seviyeler geçilmiş olup RQD değeri 25-80 aralığındadır. BST değerleri bu seviyelerde oldukça düşmüştür.

Derinliği 52 metre olan GSK-2 sondaj kuyusunda ilk 20 metre RQD değerleri oldukça düşük olup 0-50 aralığındadır ve yüksek derecede ayrılmıştır. Yüksek derecede ayrılmış bu seviyelerde 16-20 metre arası killeşmiş olan seviyeler hariç BST değerlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. 20-42 metre arasında RQD değeri 25 ile 95 aralığındadır. Az ayrılmış olan bu seviyelerde BST değerleri genel olarak düşüktür. 40 metreden kuyu sonuna kadar RQD değeri 65-90 olan sert sağlam seviyeler geçilmiş olup bu kademelerde BST değeri oldukça düşüktür.







Sonuç olarak KG doğrultulu SK-1, GSK-1, GSK-2 lugeon değerlerine baktığımızda; gölet aks yerinde açılan SK-1 kuyusunun derinleştikçe geçirimsiz olduğu görülmektedir. Güneye doğru geldiğimizde ise derinliğin arttıkça birimlerin daha sağlam hale geldiği RQD değerlerinin arttığı ve dolayısıyla geçirimsizliğin azaldığı hatta geçirimsiz bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

YUSUFÇAM GÖLETİ SOL SAHİL K-G KESİTİ



49

AÇIKLAMALAR :

- | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------|
|  | Yüksek Derecede Ayrışmış |  | YASS |
|  | Orta Derecede Ayrışmış |  | GSK Ek sondaj kuyusu |
|  | Az Ayrışmış | $L=21,77$ | Lugeon Değeri |
|  | Ayrışmamış | $K=10^{-4}$ | Permeabilite Değeri |

Şekil 3.14: Gölet rezervuar alanı (SK-1, GSK-1 ve GSK-2) kütle özellikleri kesiti.

3.3.5 Jeolojik Dayanım İndeksi

Jeolojik dayanım indeksi (GSI) kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerini bulmak için kullanılan Hoek-Brown (2002) yenilme ölçütünün bir girdi parametresidir. Bu değer kaya kütlelerinin tanımlanmasında da kullanılmakta olup ayrıca kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı ile birlikte hem sınıflandırma hem de mekanik özelliklerin tahmin için istatistiksel modellerde kullanılmaktadır. GSI süreksizlik sıklığı ve süreksizlik yüzeyi durumuna bağlı olan bir parametredir.

İncelenen jeoteknik birimlerin GSI değerini hesaplanmasında Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından verilen grafik esas alınmıştır (Şekil 3.15). Süreksizlik Yüzey Puanı RMR sisteminde yer alan süreksizlik yüzeyi durumu ile ilgili parametrelerinden; süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük, ayrışma ve dolgu durumu puanlarının toplamı olarak bulunmaktadır (Tablo 3.7). Yapısal Özellik Puanı (SR) ise hacimsel çatlak sayısına (J_v) dikkate alınarak aşağıdaki bağıntıdan bulunmaktadır (Sönmez ve Ulusay, 2002)

$$SR = -17.5 \ln(J_v) + 79.8 \quad (3.1)$$

Tablo 3.7: Süreksizlik pürüzlülük, ayrışma ve dolgu durumu ile ilgili puanlama (Sönmez ve Ulusay, 2002).

Pürüzlülük ve puanı (Rr)	Çok pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az pürüzlü 3	Düz 1	Kaygan 0
Ayrışma ve puanı (Rw)	Yok 6	Az ayrılmış 5	Orta derecede ayrılmış 3	Yüksek derecede ayrılmış 1	Tümüyle Ayrılmış 0
Dolgu ve puanı (Rf)	Yok 6	Sert <5 mm 4	Sert >5 mm 2	Yumuşak <5 mm 2	Yumuşak >5 mm 0

Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerde GSI değerleri; JTB1 nolu jeoteknik birimde 62, JTB2’de 49, JTB3’te 44, JTB4’te 55, JTB5’te 33 ve JTB6’da 64 olarak bulunmuştur (Şekil 3.15, Tablo 3.8).

Tablo 3.8: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin GSI değerleri.

Jtb	Wm	Jv	SR	Dolgu	Pr.	Wsrz	SCR	GSI
Jtb1	Az	7.1	45.60	Yok	Pürüzlü	Az	16	62
Jtb2	Orta derecede	7.82	43.90	Yok	Az Pür.	Orta	12	49
Jtb3	Orta derecede	8.85	41.74	Yok	Az Pür.	Yüksek	10	44
Jtb4	Az	7.8	43.95	Yok	Az Pür.	Az	14	55
Jtb5	Yüksek derecede	10.34	39.01	Kil dolgu	Düz	Yüksek	6	33
Jtb6	Sağlam	4.95	51.91	Yok	Pürüzlü	Az	16	64

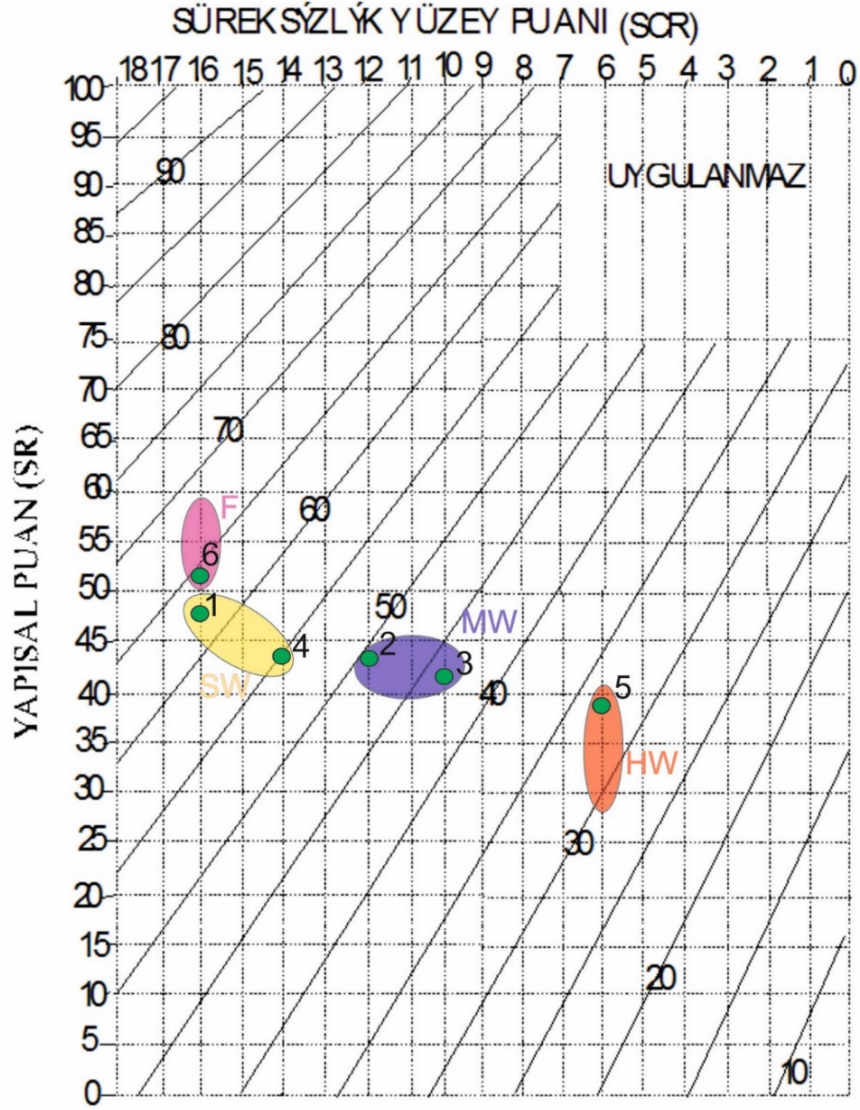
(Jtb: Jeoteknik birim, Wm: Kaya kütlesi ayrışma durumu, Wsrz: Süreksizlik yüzeyi ayrışma durumu, Jv: Hacimsel çatlak sayısı (süreksizlik/m³), SR: Yapısal özellik puanı, SCR: Süreksizlik yüzey puanı, GSI: Jeolojik dayanım indeksi)

Gölet yerinde ve göl alanında yapılan sondaj loglarından tanımlanan ayrışmamış kaya kütlelerinde GSI değeri 68-64 arasında değişmektedir. GSI değeri az ayrışmış kaya kütlelerinde 64-55, orta derecede ayrışmış kaya kütlelerinde 49-42 ve yüksek derecede ayrışmış kaya kütlelerinde 34-29 arasında değişmektedir (Şekil 3.15, Tablo 3.9).

Tablo 3.9: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin GSI değerleri.

Wm	Jv aralığı	SR aralığı	Dolgu	Pr.	Wsrz	SCR	GSI
Sağlam	3.12-5.32	59.99-50.65	Yok	Pürüzlü	Az	16	68-64
Az	5.01-8.12	51.70-43.25	Yok	Pürüzlü/az pürüzlü	Az	16	64-55
Orta derecede	7.01-10.23	45.82-39.20	Yok	Az Pür.	Orta Yüksek	10	49-42
Yüksek derecede	9.56-20.32	40.39-27.19	Kil dolgu	Düz	Yüksek	6	34-29

(Jtb: Jeoteknik birim, Wm: Kaya kütlesi ayrışma durumu, Wsrz: Süreksizlik yüzeyi ayrışma durumu, Jv: Hacimsel çatlak sayısı (süreksizlik/m³), SR: Yapısal özellik puanı, SCR: Süreksizlik yüzey puanı, GSI: Jeolojik dayanım indeksi)



Şekil 3.15: Gölet yerinde tanımlanmış jeoteknik birimlerin ve sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin RMR puanları.

3.3.6 Kaya Kütleli Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

Kaya ortamında yapılan mühendislik yapılarının güvenli ve ekonomik olabilmesi için kaya kütleli üzerinde yapılan teknik girişimin söz konusu kütleli mühendislik davranışının tahmin edilmesi, belirlenmesi veya modellenmesi gerekir. Kaya kütleli dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi için literatürde değişik yöntemler yer almaktadır. Bunlar; etkileşim matrisi gibi çok değişkenli karar verme ölçütleri, matematiksel modeller, büyük ölçekli (arazi) deneyler, deneyim veya geriye doğru yapılan analizler, kaya kütle sınıflandırmalarının kullanımı ve bu

sınıflandırmalara (veya bu sınıflandırmalarda kullanılan parametrelere) dayanan görgül yenilme ölçütleridir. Bu çalışmada, gölet yeri ve göl alanındaki kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerini tahmin etmek için Hoek-Brown yenilme ölçütü (Hoek ve diğ. 2002) kullanılmıştır. Hoek-Brown yenilme ölçütünün genelleştirilmiş şekli aşağıda verilmiştir (Hoek vd, 2002)

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma'_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma'_{ci}} + s \right)^a \quad (3.2)$$

Eşitlikte, σ'_1 ve σ'_3 ; sırasıyla yenilme anındaki maximum ve minimum efektif asal gerilmeler, σ_{ci} ; kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı., m_b kaya malzemesine ait olan m_i sabitinin azaltma sayısıdır ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. m_i , kaya malzemesini üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneylerinden belirlenen, büyük ölçüde kayaç litolojisine bağlı katsayıdır. a ve s ise kaya kütlelerine bağlı katsayılarıdır.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad (3.3)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad (3.4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3.5)$$

D kaya kütleleri için örselenme sayısı olup doğal yamaç ve kazı şevleri için 0.7 ile 1.0 değerlerini almaktadır (Hoek vd. 2002). GSI ise Jeolojik Dayanım İndeksi'dir.

Hoek ve Brown yenilme kriterinde kaya kütlelerinin kayma zarfını bulmak için aşağıdaki bağıntılardan yararlanılmaktadır.

$$\sigma'_n = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \cdot \frac{d\sigma'_1 / d\sigma'_3 - 1}{d\sigma'_1 / d\sigma'_3 + 1} \quad (3.6)$$

$$\tau = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \frac{\sqrt{d\sigma'_1 / d\sigma'_3}}{d\sigma'_1 / d\sigma'_3 + 1} \quad (3.7)$$

$$d\sigma'_1 / d\sigma'_3 = 1 + am_b (m_b \sigma'_3 / \sigma_{ci} + s)^{a-1} \quad (3.8)$$

Hoek-Brown yenilme kriteri kaya kütlesinin kesme parametrelerini bulmak için Mohr-Coulomb kriterini dikkate alan çözümü de aşağıda verilmiştir.

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad (3.9)$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}] (s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{3n} = \sigma'_{3\max} / \sigma_{ci} \quad (3.11)$$

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} ((m_b+4s-a(m_b-8s))(m_b/4+s)^{a-1} / 2(1+a)(2+a)) \quad (3.12)$$

Kaya kütlesinin deformasyon modülü (E_m , GPa) aşağıdaki eşitliklerle bulunmaktadır.

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa} & \text{ise} & \sigma_{ci} > 100 \text{ MPa ise} \\ E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{((GSI-10)/40)} & & E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) 10^{((GSI-10)/40)} \end{array} \quad (3.13)$$

Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin Hoek-Brown yenilme kriteri (Hoek ve diğ. 2002) ile bulunmuş dayanım özellikleri Tablo 3.10'da, Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrışmış kaya kütlelerinin dayanım özellikleri de Tablo 3.11'de verilmiştir. Bu tablolarda verilen kohezyon ve sürtünme açısı değerleri Mohr-Coulomb kriterini dikkate alınarak hesaplanmış değerlerdir.

JTB1 nolu jeoteknik birimin kaya kütlesi tek eksenli basınç dayanımı 3.69 MPa, kohezyonun 3.61 MPa, sürtünme açısı 36.11 derece ve Elastisite Modülü 9941 MPa olarak bulunmuştur. JTB2 nolu jeoteknik birimin kaya kütlesi tek eksenli basınç dayanımı 1.08 MPa, kohezyonun 2.10 MPa, sürtünme açısı 29.40 derece ve Elastisite Modülü 4146 MPa olarak, JTB3 nolu jeoteknik birimin kaya kütlesi tek eksenli basınç dayanımı 0.56 MPa, kohezyonun 1.44 MPa, sürtünme açısı 27.13 derece ve Elastisite Modülü 2713 MPa, JTB4 nolu jeoteknik birimin kaya kütlesi tek eksenli basınç dayanımı 1.93 MPa, kohezyonun 2.77 MPa, sürtünme açısı 32.84 derece ve Elastisite Modülü 6234 MPa, JTB5 nolu jeoteknik birimin kaya kütlesi

tek eksenli basınç dayanımı 0.11 MPa, kohezyonun 0.55 MPa, sürtünme açısı 23.18 derece ve Elastisite Modülü 992 MPa ve JTB6 için kaya kütlesi tek eksenli basınç dayanımı 5.87 MPa, kohezyonun 5.03 MPa, sürtünme açısı 36.35 derece ve Elastisite Modülü 13068 MPa olarak bulunmuştur.

Tablo 3.10: Gölet yerinde yamaçlarda ayırtlanmış jeoteknik birimlerin dayanım ve deformasyon değerleri.

Jtb	Wm	σ_{ci} (MPa)	Jv	SR	SCR	GSI	σ_{cm} Mpa	ϕ_m derece	c_m MPa	Em MPa
JTB1	Az	58.76	7.1	45.60	16	62	3.69	36.11	3.61	9941
JTB2	Orta derecede	45.66	7.82	43.90	12	49	1.08	29.40	2.10	4146
JTB3	Orta derecede	34.78	8.85	41.74	10	44	0.56	27.13	1.44	2713
JTB4	Az	53.74	7.8	43.95	14	55	1.93	32.84	2.77	6234
JTB5	Yüksek derecede	16.52	10.34	39.01	6	33	0.11	23.18	0.55	992
JTB6	Sağlam	80.65	4.95	51.91	16	64	5.87	36.35	5.03	13068

(Jtb: Jeoteknik birim , Wm: kaya kütlesi ayrışma durumu, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), Jv: Hacimsel çatlak sayısı (süreksizlik sayısı/m³), SR: Yapısal özellik puanı, SCR: Süreksizlik yüzey puanı, GSI: Jeolojik dayanım indeksi, σ_{cm} : Kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), ϕ_m : Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı, c_m : Kaya kütlesinin kohezyonu, Em: Kaya kütlesinin elastisite modülü)

Hoek-Brown yenilme kriterinin uygulanması için yapılan hesaplamalar sonucunda Gölet yeri ve göl alanında yapılan sondajların loglarında tanımlanan sağlam kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımının 8.64-4.77 MPa, kohezyonunun 6.05-4.14 MPa, sürtünme açısının 38.57-36.70 derece ve Elastisite Modülünün 17229-11784 MPa arasında, az ayrılmış kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımının 4.79-2.30 MPa, kohezyonunun 4.16-2.62 MPa, sürtünme açısının 36.70-34.37 derece ve Elastisite Modülünün 11812-7373 MPa arasında, orta derecede ayrılmış kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımının 1.02-0.52 MPa, kohezyonunun 2.38-1.51 MPa, sürtünme açısının 28.37-26.57 derece ve Elastisite Modülünün 3798-2514 MPa arasında, yüksek derecede ayrılmış kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımının 0.13-0.06 MPa, kohezyonunun 0.58-0.38 MPa, sürtünme

açısının 23.03-20.86 derece ve Elastisite Modülünün 1086-701 MPa arasında değiştiği görülmüştür.

Tablo 3.11: Sondaj loglarında tanımlanan farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon değerleri.

Wm	σ_{ci} (MPa) aralığı	Jv aralığı	SR aralığı	SCR	GSI	σ_{cm} Mpa	ϕ_m	c_m MPa	Em MPa
Sağlam	88.45- 65.58	3.12 - 5.32	59.99- 50.65	16	68 - 64	8.64- 4.77	38.57- 36.70	6.05- 4.14	17229- 11784
Az	65.90- 45.66	5.01 - 8.12	51.70- 43.25	16	64 - 59	4.79- 2.30	36.70- 34.37	4.16- 2.62	11812- 7373
Orta derecede	54.12- 37.60	7.01 - 10.23	45.82- 39.20	10	46 - 42	1.02- 0.52	28.37- 26.57	2.38- 1.51	3798 - 2514
Yüksek derecede	17.63- 13.05	9.56 - 20.32	40.39- 27.19	6	34 - 29	0.13- 0.06	23.03- 20.86	0.58- 0.38	1086 - 701

Jtb: Jeoteknik birim , Wm: kaya kütlesi ayrışma durumu, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), Jv: Hacimsel çatlak sayısı (süreksizlik sayısı/m³), SR: Yapısal özellik puanı, SCR: Süreksizlik yüzey puanı, GSI: Jeolojik dayanım indeksi, σ_{cm} : Kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), ϕ_m : Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, c_m : Kaya kütlelerinin kohezyonu, Em: Kaya kütlelerinin elastisite modülü)

3.3.7 Kazılabilirlik

Kazılabilirlik, kayaçların buldukları yerden kazı ekipmanları ile ne ölçüde koparılabildiklerinin, sökülebilirlik ise kayaların ripperli dozer ile ne ölçüde sökülerek parçalanabileceğinin göreceli ifadesidir (Ceylanoğlu vd., 2007). Kaya veya zemin malzemesi ve kaya kütlesi özelliklerine bağlı olarak; mekanik kazı araçlarıyla doğrudan kazı, delme-patlatma veya ön-gevşetmeli mekanik kazı başlıca kazı yöntemlerini oluşturmaktadır (Göktan ve İphar, 2013). Kayaların kazılabilirliği, kaya malzemesinin jeoteknik özelliklerine, uygulanan kazı yöntemi ve türüne ayrıca kullanılan makinenin (araç ve gereçlerin) büyüklüğüne bağlıdır. Literatürde, sıkça

kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin oluşturulmasında esas alınan özellikler (girdi parametreleri) Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12: Literatürde, Sıkça Kullanılan Yöntemler Ve Bu Yöntemlerin Oluşturulmasında Esas Alınan Özellikler (Gurocak ve Yalcin 2016).

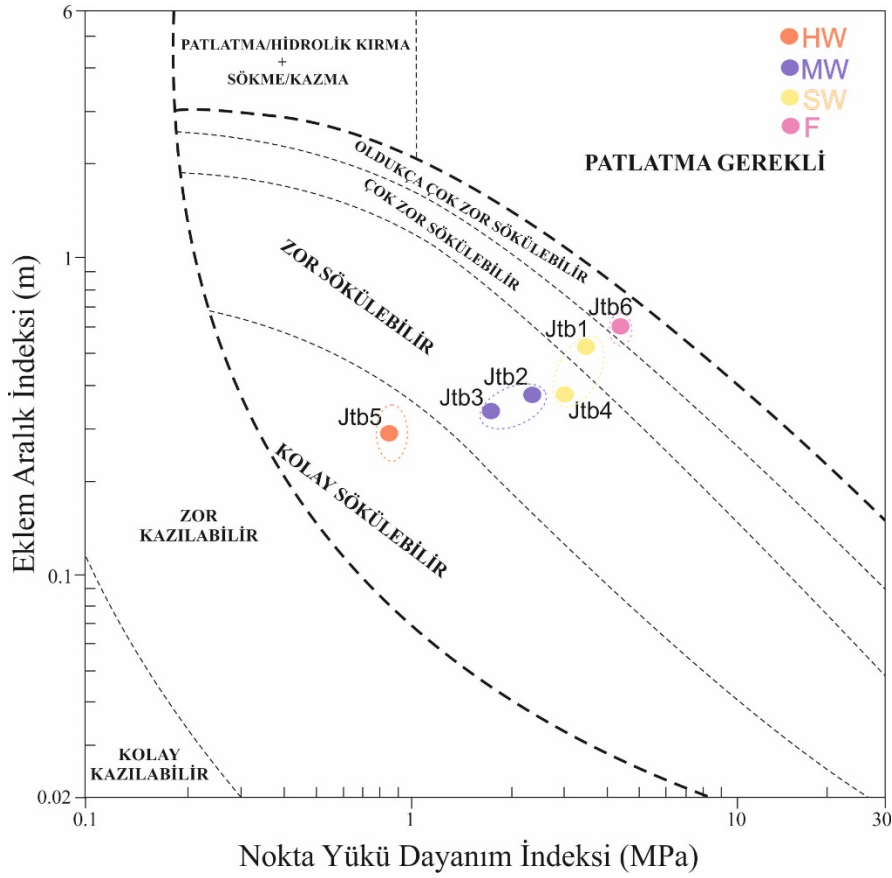
Parametreler		Kazılabilirlik/Sökülebilirlik tanımlanmasında kullanılan yöntemler																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A-Süreksizlik	yönelim Sayı			X					X				X					
	Aralık	X		X		X		X	X	X	X	X			X	X		
	Devamlılık			X					X									
	Dolgu			X					X									
	Pürüzlülük					X												
	Ayrışma			X		X												
B-Kaya Malzemesi	UCS	X			X		X			X	X				X	X		
	Is	X									X	X	X		X			
	Sertlik			X						X	X							X
	Ayrışma							X	X	X	X		X					X
	Aşınma								X	X	X							
C-Kaya kütləsi	RQD																	
	Vb												X					
	RMR						X											
	Q						X											
	GSI														X			X
	Sismik hız Dayanım		X	X	X					X	X	X		X		X	X	

(1-Franklin vd. (1971), 2- Bailey (1975), 3- Weaver (1975), 4- Church (1981), 5- Kirsten (1982), 6- Abdullatif ve Cruden (1983), 7- Scoble ve Muftuoglu (1984), 8- Smith (1986), 9- Singhvd., (1987), 10- Pasamehmetoglu vd., (1988), 11- Karpuz (1990), 12- Pettife rve Fookes (1994), 13- Hadjigeorgiou & Poulin (1998), 14- Hoek ve Karzulovic (2000), 15- Basarir ve Karpuz (2004), 16- Ceylanoglu vd., (2007), 17-Tsiambaos & Saroglou (2010), UCS: Kaya malzemesi serbest basınç dayanımı, Is: Nokta yük dayanımı, Vb: Blok boyutu, GSI: Jeolojik dayanım İndeksi).

Bu çalışmada gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin, gölet yeri ve göl alanındaki sondajların loglarından tanımlanan değişik derecede ayrılmış kaya kütlelerinin kazılabilirliği Franklin vd (1971) tarafından geliştirilen grafik yöntem ve Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ile kaya malzemesinin nokta yük indeksine dayanan yöntemle araştırılmıştır.

Franklin vd (1971) tarafından geliştirilen grafik yöntemde süreksizlik ara uzaklığı ve kaya malzemesi nokta yük dayanımı kullanılmıştır. Bu iki jeoteknik parametreye ait sayısal değerlerin grafik üzerine işlenmesiyle, uygulanması önerilen kazı türü (doğrudan kazı, sökme, ön-gevşetme amaçlı patlatma ve patlatma) tayin edilebilmektedir. Farklı litolojik birimlerden ve kazı makinelerinden elde edilen çok sayıdaki arazi verileri yardımıyla; grafik üzerindeki kazı kolaylığı sınırları Pettifer ve Fookes, (1994) tarafından daha ayrıntılı bir şekilde güncelleştirilmiştir. Bu

çalışmada güncelleştirilen kazılabilirlik grafiği kullanılmıştır (Şekil 3.16). Bu grafikte yer alan Eklem Aralık indeksi $3/J_v$ bağıntısından bulunmaktadır.



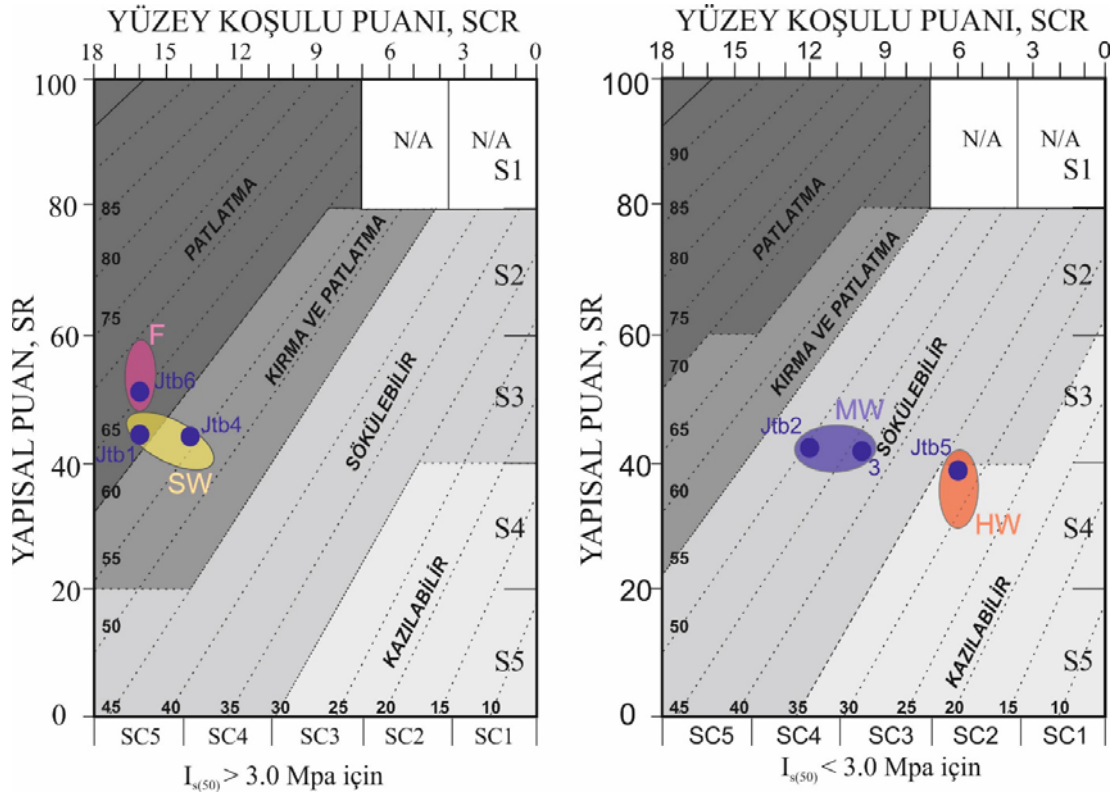
Şekil 3.16: Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin ve gölet yeri ve göl alanındaki farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin kazılabilirliğinin Pettifer ve Fookes, (1994) 'e göre değerlendirilmesi.

Şekil 3,16'da, gölet yerinde tanımlanan JTB1 jeoteknik biriminin “Çok zor sökülebilir”, JTB2, JTB3 ve JTB4'ün “Zor Sökülebilir”, JTB5in “Kolay Sökülebilir” ve JTB6'nın “Oldukça zor sökülebilir” nitelikte olduğu görülmektedir.

Pettifer ve Fookes, (1994) sınıflamasına göre, gölet yeri ve göl alanındaki sağlam kaya kütlelerinin “Oldukça zor sökülebilir”, az ayrılmış kaya kütlelerinin “Zor” -“Oldukça zor” sökülebilir, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinin “Zor sökülebilir” ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinin ise “Kolay sökülebilir” durumdadır.

Tsiambaos ve Saroglou (2010) kayaçların kazılabilirliği için süreksizlik sıklığı ve süreksizliklerin yüzey durumunun önemli olduğunu belirterek Jeolojik Dayanım İndeksi'ni (GSI) ve ayrıca kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımını

esas almışlardır. Bu çalışmada Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından yeniden düzenlenmiş GSI kartı kullanılmıştır (Şekil 3.17)



Şekil 3.17: Gölet yerinde tanımlanan jeoteknik birimlerin ve gölet yeri ve göl alanındaki farklı derecede ayrılmış kaya kütlelerinin kazılabilirliğinin Tsiambaos ve Saroglou (2010)'a göre değerlendirilmesi.

Tsiambaos ve Saroglou (2010) sınıflamasına göre, gölet yerinde tanımlanan JTB1 jeoteknik biriminin “Patlatma yapılması gerekir”, JTB2 ve JTB3 jeoteknik birimlerinin “Sökülebilir”, JTB4’ün “kırma ve patlatma yapılması gerekir” JTB5’in “Kazılabilir” ve JTB6’nın “Patlatma yapılması gerekir” niteliktedir. Bu sınıflamasına göre, gölet yeri ve göl alanındaki sağlam kaya kütlelerinin “Patlatma yapılması gerekir”, az ayrılmış kaya kütlelerinin “kırma ve patlatma yapılması gerekir”, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinin “Sökülebilir” ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinin ise “Kazılabilir” niteliktedir (Şekil 3.17).

3.3.8 Kaya Kütlesi Geçirirnililiği

3.3.8.1 Basınçlı Su Testi ve Permeabilite Deneyi Verilerinin Değerlendirilmesi

Gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılan sondajlarda yapılan basınçlı su testi deney sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde geçirgenliği belirlemek amacıyla 1 adet kesit alınmış ve bu kesitler geçirirnililik açısından değerlendirilmiştir.

Gölet aks yerinde sol sahilden sağ sahile doğru yaklaşık GB-KD doğrultulu alınan kesitte Lugeon değerlerinin özellikle sol sahilde yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.18).

Sol sahilde yer alan SK-1'deki birimlere İlk 10 metrede lugeon değerlerinin düşük olduğu görülmüştür ve az geçirirnilidir. Bu seviyeden sonra 10 - 46 metre arasında BST yapılmış ancak BST yapılamayan seviyelerde Permeabilite deneyleri yapılmıştır. Buna göre 10 metreden kuyu sonuna kadar belirlenen lugeon değerleri geçirirnilidir.

SK-2'deki seviyelere baktığımızda ilk 8 metrede lugeon değerleri yüksek olup birim geçirirnilidir. 8-20 metreleri aralığında genel olarak sert sağlam birime geçilmiştir. Bu aralıkta hem RQD değerleri yükselmiş hem de lugeon değerleri düşmüştür. Bu aralıkta neredeyse hiç su kaçağı gözlenmemiş olup 8-20 metre aralığı geçirirnilisizdir denilebilir. 22-28 metre aralığında lugeon değerlerinde yükselme olmuş ve birimin geçirirnilisizden az geçirirniliyeye geçtiği görülmüştür. 28-30 metre seviyesinde parçalı kırıklı olarak gözlenen seviyelerde lugeon değerleri yükselmiş olup geçirirnilidir.

SK-3 kuyusunun başlangıç seviyeleri geçirirnilili olarak tespit edilmiştir. 4 metreden sonra 12 metreye kadar derinlere doğru inildikçe lugeon değerleri düşmekte olduğundan az geçirirniliyeye doğru bir geçiş söz konusudur. 12-18 metre aralığında lugeon değerleri tekrar yükselmiş olup burada geçirirnilili seviyeler gözlenmiştir. 18 metreden kuyu sonu olan 30 metreye kadar geçilen seviyeler az geçirirnilidir.

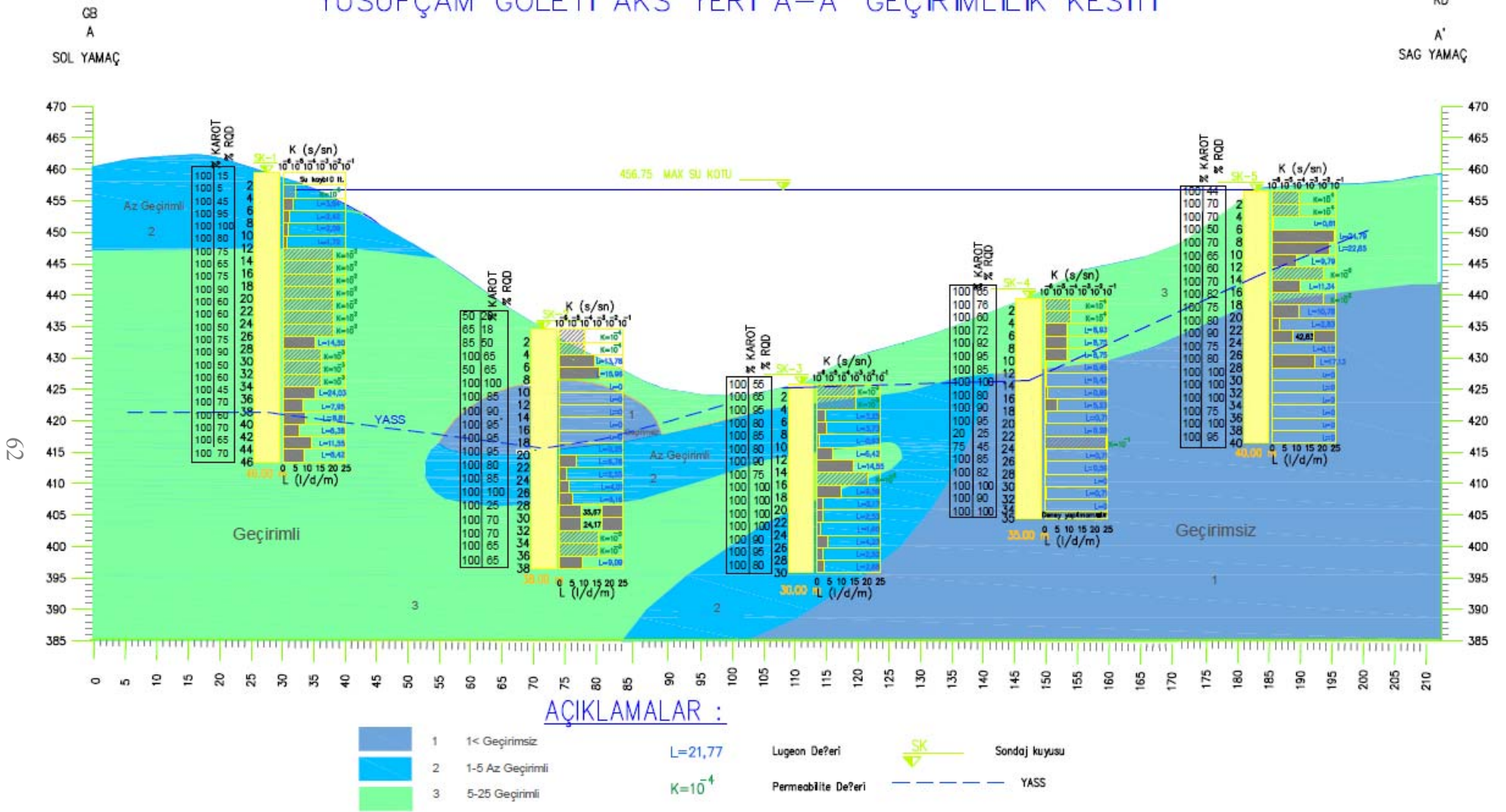
Sağ sahilde yer alan SK-4 sondajındaki birimlere baktığımızda ilk 10 metre az ayrılmış olan birimde lugeon değerleri yüksektir. Bu seviyeler geçirimlidir. 10-35 metreler arası ise sert sağlam birime geçilmiş olup lugeon değerleri oldukça düşüktür dolayısıyla bu seviyeler geçirimsizdir. Ancak 22-24 metrede ince bant şeklindeki parçalı kırıklı seviyede BST deneyi yapılamamış Permeabilite (sızma) deneyi yapılmış değerler oldukça yüksek çıkmış ve bu seviyenin çok geçirimli olduğu görülmüştür.

Sağ sahilde yer alan diğer kuyu SK-5 sondajında ilk 28 metrede lugeon değerlerine göre bu seviyeler genel olarak geçirimli olup 4-6 metre 20-22 metre ve 24-26 metrelerde ince bir bant şeklinde geçirimsiz seviyeler tespit edilmiştir. 28 metre ile 40 metre aralığında sert sağlam seviyeler gözlenmiş ve bu seviyelerde su kaçakları olmamış lugeon değerleri sıfır olarak kaydedilmiştir. Bu seviyeler geçirimsizdir.

Sonuç olarak gölet aks yeri geçirimlilik kesitine baktığımızda; sağ sahilde yer alan SK-4 ve SK-5 kuyularının talvegte bulunan SK-3 kuyusunun ilk seviyeleri geçirimli gibi gözükse de derinlik olarak yaklaşık 22 metreye indiğimizde geçirimsiz doğru bir değişim söz konusudur ve aynı zamanda birimlerin de daha sağlamlaştığı RQD değerlerinin de arttığı söylenebilir. Ancak sol sahil için aynı durum söz konusu değildir. Özellikle SK-2 kuyusunun 30. metresinden itibaren sağ sahilde yer alan SK-1 kuyusuna doğru geçirimliliğin oldukça arttığı sol sahilin geçirimli olduğu görülmektedir. Sağ sahilde derinliğe doğru geçirimliliğin azaldığını söyleyebilirken, sol sahil için eldeki sondaj ve lugeon değerleri ışığında aynı yorumu yapabilmek mümkün değildir (Ek-1)(Şekil 3.18).

Gölet yeri sol sahilde yaklaşık KG doğrultulu SK-1, GSK-1, GSK-2 sondajlarını kapsayan geçirimlilik kesiti alınmıştır (Şekil 3.19). Bu üç sondaj arasında en kuzeyde yer alan SK-1'e baktığımızda, lugeon değerlerinde az geçirimliden geçirimliye doğru bir geçiş olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle sol sahilde geçirimsiz birimi bulmak amacıyla SK-1'in güneyinde 2 adet sondaj kuyusu açılmış (GSK-1 ve GSK-2) ve BST ile Permeabilite deneyleri yapılmıştır.

YUSUFÇAM GÖLETİ AKS YERİ A-A' GEÇİRLİLİK KESİTİ



Şekil 3.18: Gölet aks yeri A-A' (SK-1,2,3,4,5) geçirimsizlik kesiti.

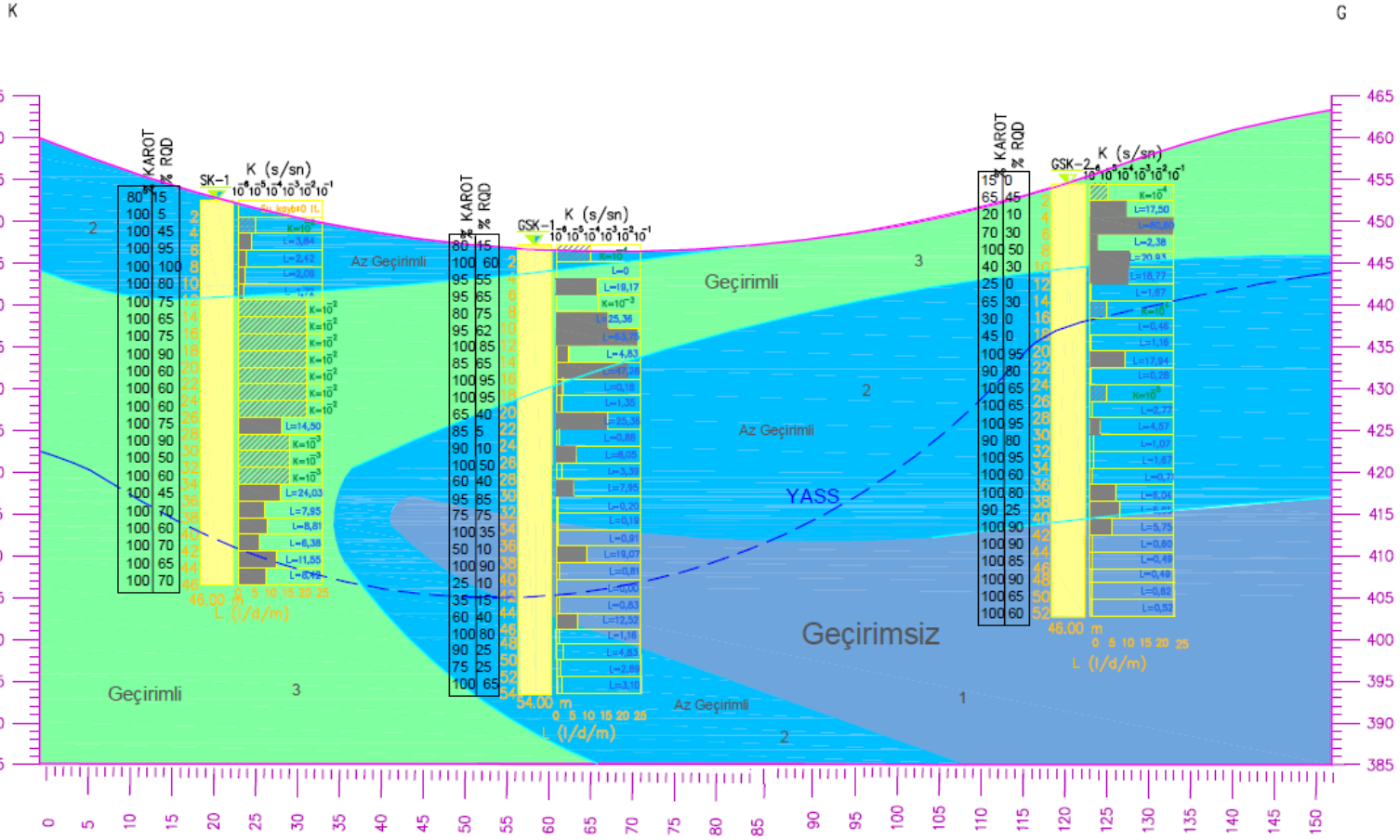
GSK-1 nolu kuyuda ilk 4 metre az geçirimli olsada, 4 metreden 16 metreye kadar lugeon değerleri yüksektir ve bu seviyeler geirimplidir. 16 -20 metre arası az geçirimli olan seviyelerinin RQD değerleri artmıştır ve ayrışma dereceleri azalmıştır. 20-22 metre arası geçirimli, 22-30 metre arası az geirimplidir. 30-46 arası seviye, 36-38. metre ile 44-46. metre geçirimli kademe haricinde geçirimsizdir. 46 metreden 54,5 metreye kadar lugeon değerleri oldukça düşmüş ve az geçirimli seviyeler gözlenmiştir.

GSK-2 sondaj kuyusunda ilk 12 metre arası geçirimli iken 12-42 metre arasında genel olarak lugeon değerlerinin az geçirimli olduğu gözlenmiştir. Kuyu sonunda ise 42-52 metreler arası lugeon değerleri oldukça düşmüş geçirimsiz seviyelere geçilmiştir.

Sonuç olarak KG doğrultulu SK-1, GSK-1, GSK-2 lugeon değerlerine baktığımızda; gölet aks yerinde açılan SK-1 kuyusunun derinleştikçe geçirimli olduğu görülmektedir. Yeraltısu seviyelerini değerlendirecek olursak, talveg kuyusu olan SK-3 te yeraltısu kotu 425,00 metre, GSK-2 de ise 434,10 metrededir. Burada dikkat edilecek husus yer altı su tablasının topoğrafyaya paralel olması ve yeraltısuyunun dereyi beslemesidir. Yapılan lmler sonucunda yeraltısu seviyesinin GSK-2 kuyusunda yükseldiği görülmüş ve yeraltısuyunun sol sahili değil dereyi besleyeceği tespit edilmiştir. (şekil 3.19).

Gölet aks yerinde açılan araştırma sondajlarında permeabilite ve basınçlı su deneyleri yapılarak zeminin yeraltısu durumu ve örtü birimleri ile kayanın geirimpliliği ile ayrışma durumu belirlenmiştir. Açılan sondajlarda yeraltısu seviyeleri ayrıntılı olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre her iki sahilde ve talvegde ana kayanın çok ayrışmış, kırıklı-parçalı üst seviyeleri ile alterasyon geirmış kırıklı çatlaklı ara seviyeleri “Geçirimli” olduğu belirlenmiştir. Sondaj alışmaları süresince alınan ölçümlerde son llen YASS değerleri baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu doğrultuda; sol yamaçta 18,75-37,80 m arasında, sağ yamaçta 13,14-13,47 m arasında değişen derinliklerde, talvegde açılan sondajda 0-0,40 m de yeraltı suyu seviyelerinin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre yeraltısu tablası sağ yamaçta dere içine, sol yamaçta yamaç içine doğrudur. Bu nedenle sol sahilde geçirimsiz seviyeleri belirlemek adına KG doğrultulu, GSK-1 54,5 metre ve GSK-2 52 metre derinliğinde 2 adet sondaj açılmıştır.

YUSUFÇAM GÖLETİ SOL SAHİL K-G GEÇİRİMLİLİK KESİTİ



64

AÇIKLAMALAR :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 1- Geçirimsiz 2 1-5 Az Geçirimli 3 5-25 Geçirimli | <ul style="list-style-type: none"> GSK Ek sondaj kuyusu L=21,77 Lugeon Değeri K=10⁻⁴ Permeabilite Değeri |
|--|--|

Şekil 3.19: Gölet rezervuar alanı K-G (SK-1, GSK-1 ve GSK-2) geçirimsizlik kesiti.

Gölet yerinde açılmış sondajların yeraltısuyu seviyeleri Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13: Gölet yerinde açılmış temel araştırma sondajları, yeraltısuyu bilgileri (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017)

Kuyu No	Kuyu Kotu(M)	Sondaj Derinliği (M)	Ölçüm Tarihi	Yas Seviyesi(M)	Yas Kotu(M)
SK-1 (Sol sahil)	459.00	46.0	15.03.2016	37.77	421.23
			20.09.2016	37.80	421.20
			20.10.2016	37.35	421.65
			13.12.2016	37.80	421.20
SK-2 (Sol Sahil)	434,00	38,0	15.03.2016	18.75	415.25
			20.09.2016	20.30	413.70
			20.10.2016	19.80	414.20
			13.12.2016	20.25	413.75
SK-3 (Talveg)	425.00	30.0	15.03.2016	0.48	424.52
			20.09.2016	1.20	423.80
			20.10.2016	0.40	424.60
			13.12.2016	Yüzeyde	425.00
SK-4 (Sağ sahil)	436.00	35.0	15.03.2016	12.30	423.70
			20.09.2016	15.30	420.70
			20.10.2016	14.60	424.40
			13.12.2016	15.05	420.95
SK-5 (Sağ sahil)	456.00	40.0	15.03.2016	14,55	441,45
			20.09.2016	20.00	436,00
			20.10.2016	20.20	435,80
			13.12.2016	21.10	434,90
GSK-1 (Göl alanı sol sahil)	463.50	54.50	11.08.2016	40.65	422.85
			20.09.2016	42.60	420.90
			20.10.2016	42.20	421.30
GSK-2 (Göl alanı sol sahil)	455.00	52.00	13.12.2016	42.70	420.80
			11.08.2016	22.00	433.00
			20.09.2016	20.40	434,60
			20.10.2016	20.30	434,70
			13.12.2016	20.90	434,10

3.3.9 Gölet Yeri Şev Duraylılığı

Yamaç duraylılığı analizi için inceleme alanından tüm veriler toplanıp, bazı varsayımlar yapılır. Bunlara dayanılarak gölet aks yerinde dairesel bir kayma olabileceğine karar verilirse şev geometrisi kesitlerinden yararlanılır. Buna göre hangi kesitin problemin çözümüne uygun olacağı belirlenir.

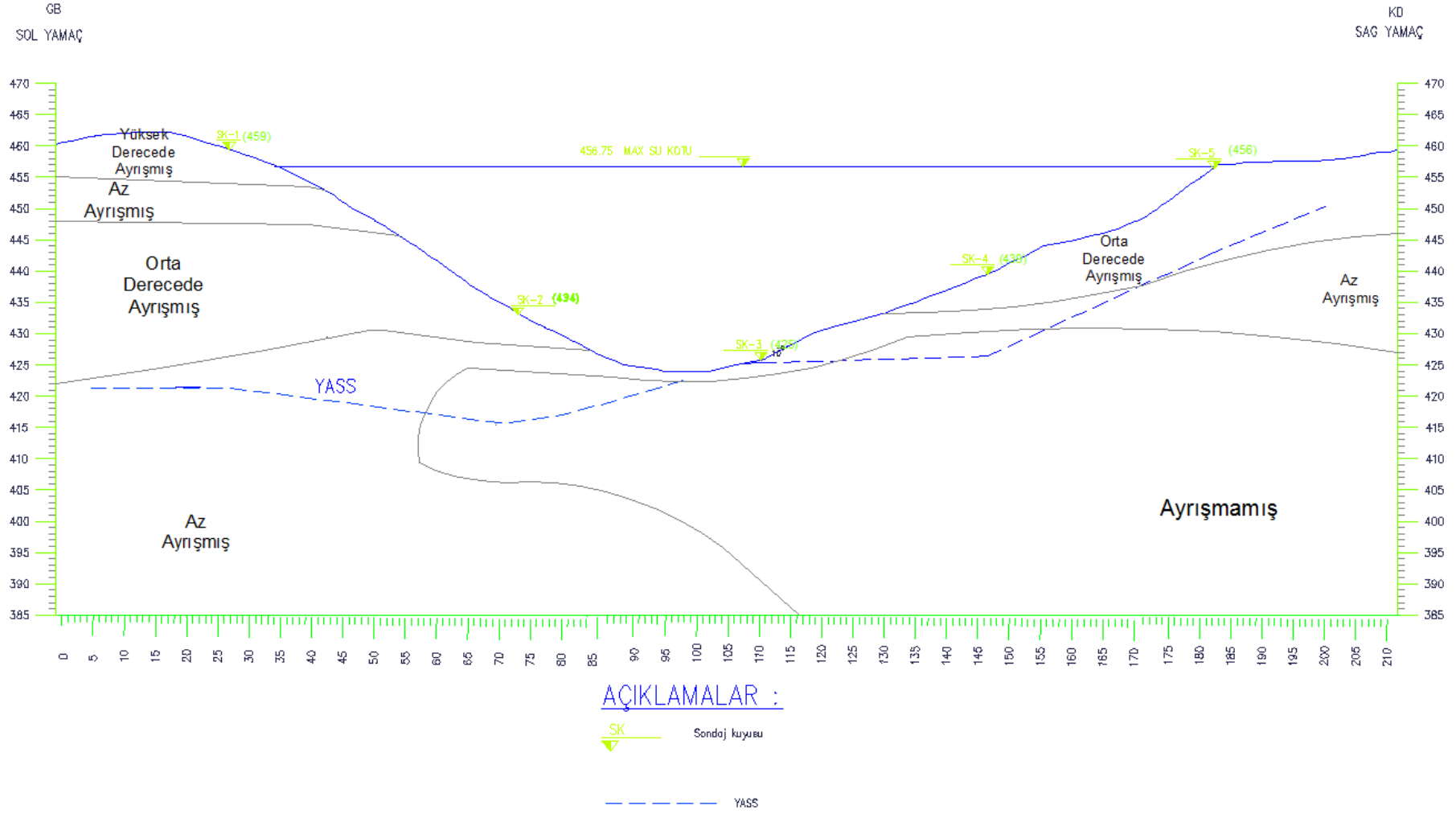
Gölet çalışma sahasında yapılan arazi çalışmalarından yararlanılarak yapılan varsayımlara göre, gölet aks yerindeki jeoteknik birimlerin derinlikle ilişkisini ve yeraltısuyu durumunu görebilmek için sol yamaç ile sağ yamaç arasında bir kesit alınmıştır (Şekil 3.20).

Gölet yerinde alınan kesitte görüldüğü gibi ayrışma ve litolojiye göre ayırtlanmış birimler; orta derecede ayrışmış, dasit-riyodasit, az dasit-riyodasit ve sert sağlam dasit-riyodasit şeklinde yer almaktadır.

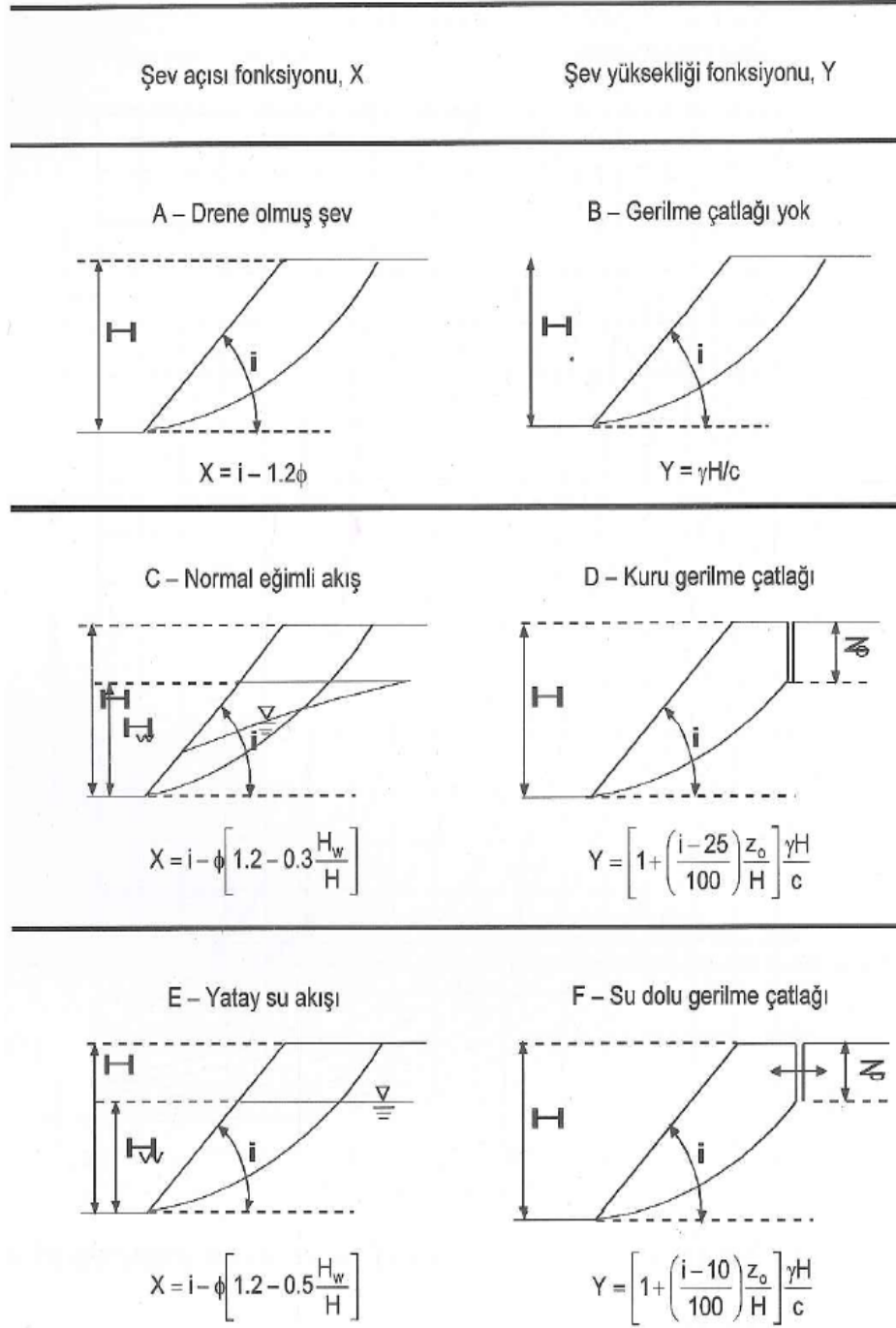
Arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bu jeoteknik birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ayrıntılı şekilde incelenmiş ve yamaç duraylılığı analizleri yapılmıştır.

Gölet yerinde her iki yamaç için de şev duraylılığı analizi yapılmıştır. Hoek (1970) tarafından yöntem kullanılarak her iki yamaç için de dairesel ve düzlemsel kayma için güvenlik katsayısı hesaplanmıştır.

Arazi çalışmalarındaki gözlemlere de dayanarak (Şekil 3.21) şev açısı fonksiyonu yatay su akışı, şev yükselme fonksiyonu için de gerilme çatlağı yok durumlarından yola çıkarak, ilgili eşitliklerden faydalanılmıştır.

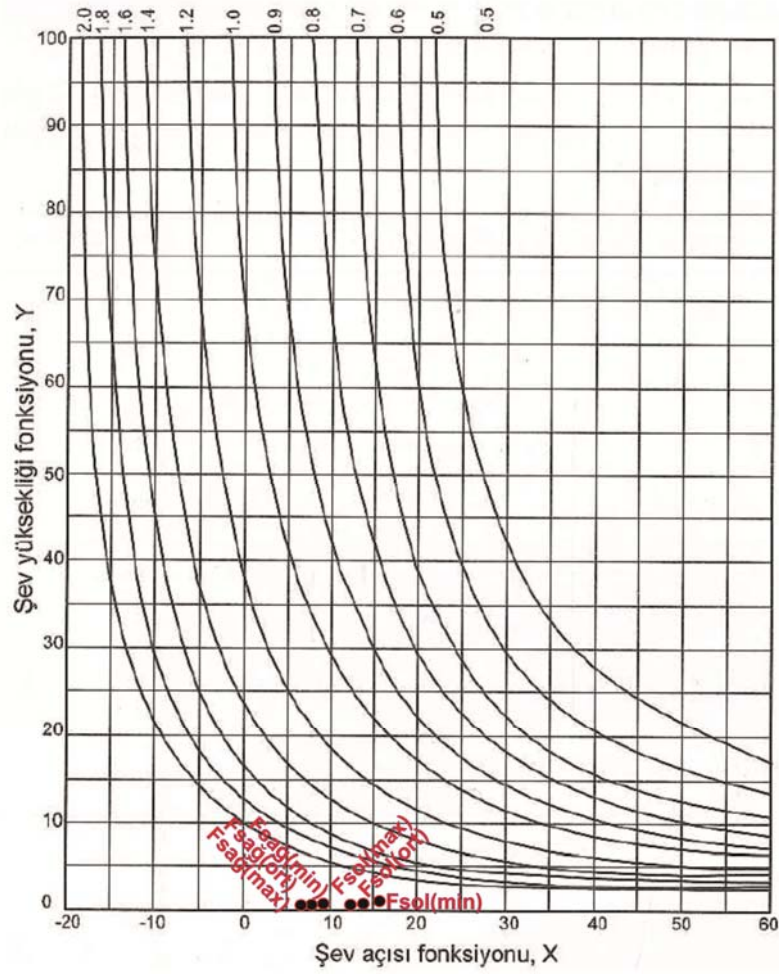


Şekil 3.20: Gölet aks yerinde sol yamaç ve sağ yamaç arası kesiti.



Şekil 3.21: Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).

Yapılan şev duraylılığı analizinin daha nitelikli sonuç vermesi amacıyla, kullanılan kaya kütleli dayanım özellikleri değerlerinin minimum, ortalama ve maksimum olduğu durumlardaki güvenlik katsayısı değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Güvenlik katsayısı abağı (Hoek, 1970).

Yapılan analiz için şev yüksekliği fonksiyonu (Y) ve şev açısı fonksiyonu (X) değerleri şekildeki formüllerden yararlanılarak hesaplanmıştır. X değerini hesaplamak için olası yenilmenin orta derecede ayrılmış birimin içerisinde olacağı düşünülerek, yapılan analizlerde bu birimin c, ϕ , birim hacim ağırlık gibi değerleri kullanılmıştır. Ayrıca c ve ϕ değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri kullanılarak ayrı ayrı güvenlik katsayısı hesaplamaları yapılmıştır.

Buna göre;

Sol sahil için $F_{sol(min)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

i (şev açısı) = 46° , $\phi = 26.57^\circ$, $c = 1510$ KPa, $H_w = 5$ m, $H = 40$ m

Sol sahil için $F_{sol(ort)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i = 46^\circ$, $\phi = 27.47^\circ$, $c = 1950$ KPa, $H_w = 5$ m, $H = 40$ m

Sol sahil için $F_{sol(max)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i=46^\circ$, $\phi=28.37^\circ$, $c=2380$ KPa, $H_w=5$ m, $H=40$ m

olarak kullanılmıştır.

Sağ sahil için $F_{sağ(min)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i=32^\circ$, $\phi=26.57^\circ$, $c=1510$ KPa, $H_w=10$ m, $H=15$ m

Sağ sahil için $F_{sağ(ort)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

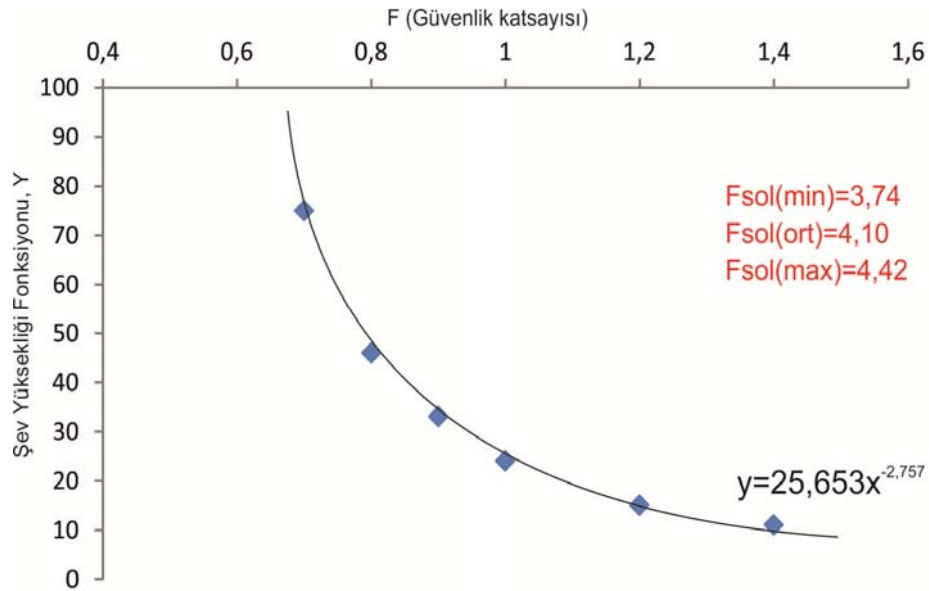
$i=32^\circ$, $\phi=27.47^\circ$, $c=1950$ KPa, $H_w=10$ m, $H=15$ m

Sağ sahil için $F_{sağ(max)}$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i=32^\circ$, $\phi=28.37^\circ$, $c=2380$ KPa, $H_w=10$ m, $H=15$ m

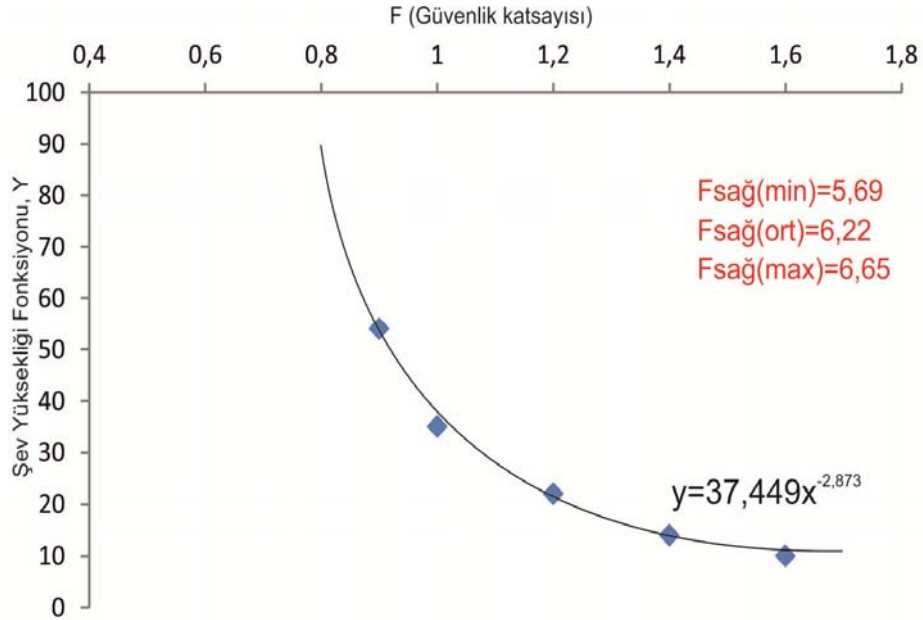
Ancak grafikte her iki yamaç için de çakışan bölgede sonuç eğrisi bulunmadığı için grafikten faydalanılarak her iki yamaç için de dağılım eğrileri çizilmiştir. Bu dağılım eğrilerinden faydalanılarak minimum, ortalama ve maksimum değerler için güvenlik katsayısı değerleri okunmuştur.

Sol yamaç için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil 3.23'teki eğri elde edilmiştir. Buna göre sol yamaç için; $F_{sol(min)}=3.74$, $F_{sol(ort)}=4.10$ ve $F_{sol(max)}=4.42$ değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.23: 1.yöntem ile hesaplanan F_{sol} (min, ort, max).

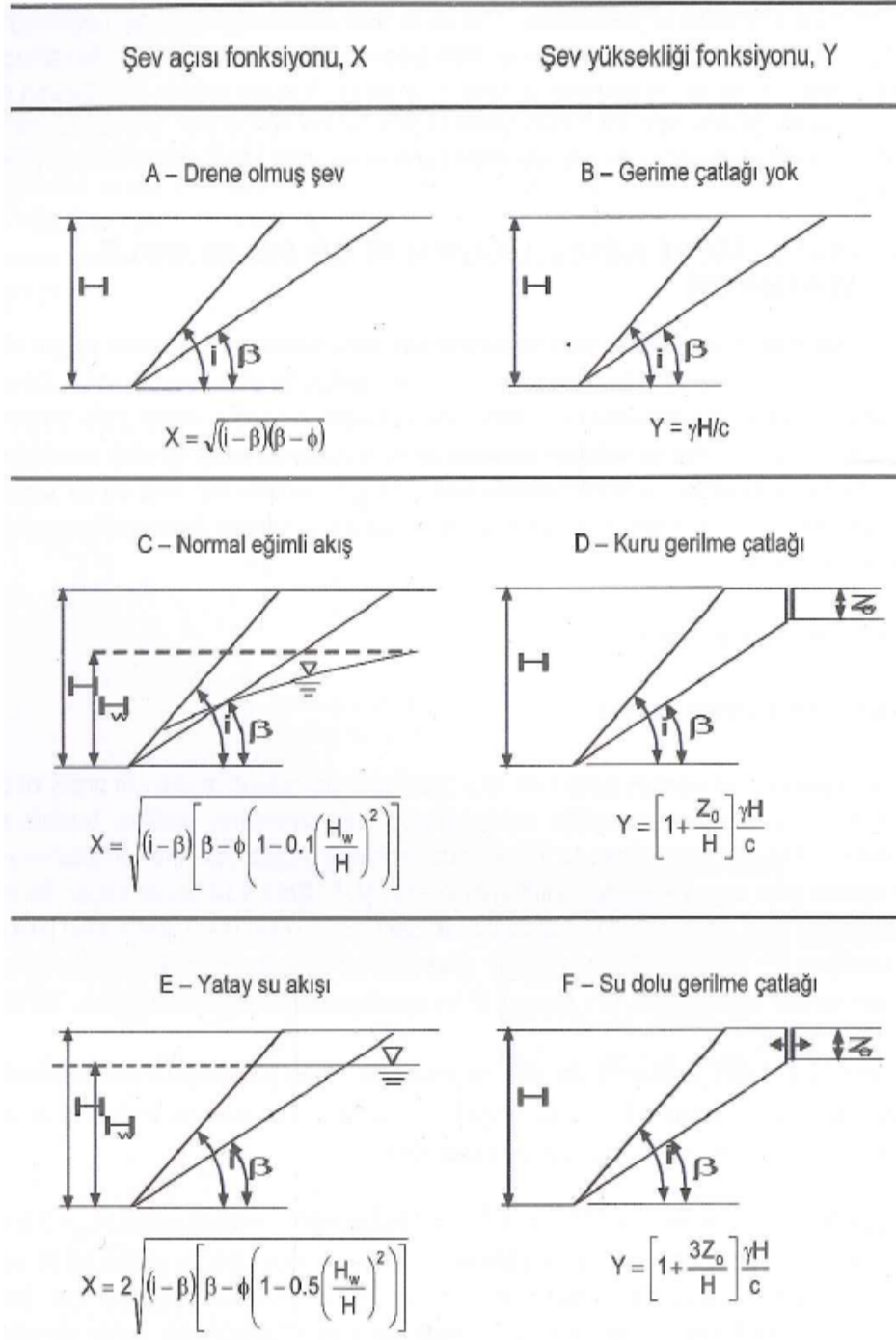
Sağ sahil için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil 3.24'teki eğri elde edilmiştir. Buna göre sağ sahil için; $F_{sağ(min)}= 5.69$, $F_{sağ(ort)}= 6.22$ ve $F_{sağ(max)}= 6.65$ değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.24: 1. yöntemle hesaplanan $F_{sağ}$ (min, ort, max).

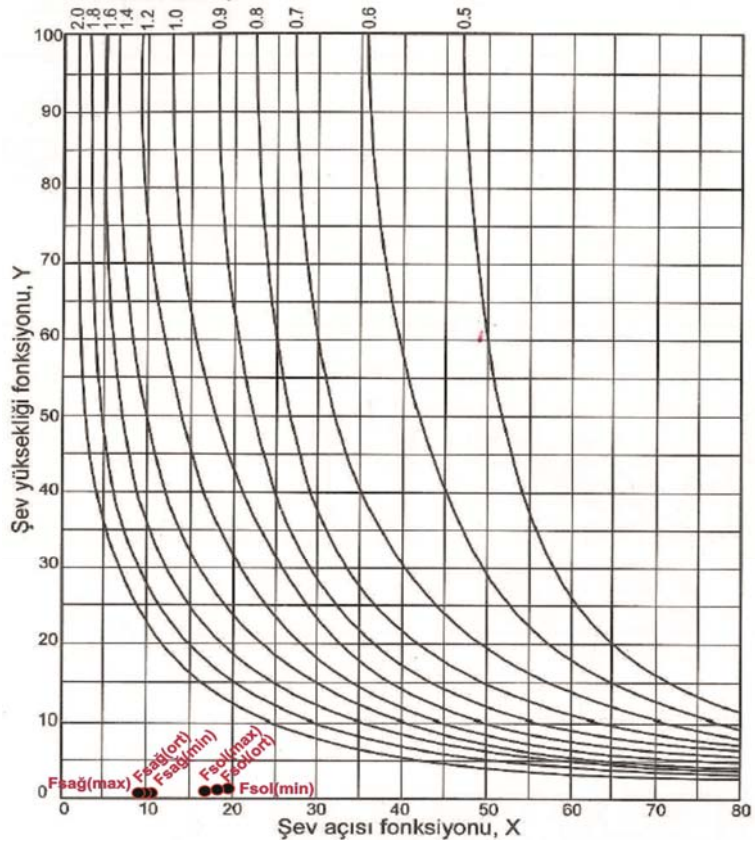
Arazi çalışmalarındaki gözlemlere de dayanarak (Şekil 3.25) şev açısı fonksiyonu yatay su akışı, şev yüksekliği fonksiyonu için de gerilme çatlağı yok durumlarından yola çıkarak, ilgili eşitliklerden faydalanılmıştır.

Yapılan şev duraylılığı analizinin daha nitelikli sonuç vermesi amacıyla, kullanılan kaya kütleli dayanım özellikleri değerlerinin minimum, ortalama ve maksimum olduğu durumlardaki güvenlik katsayısı değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.



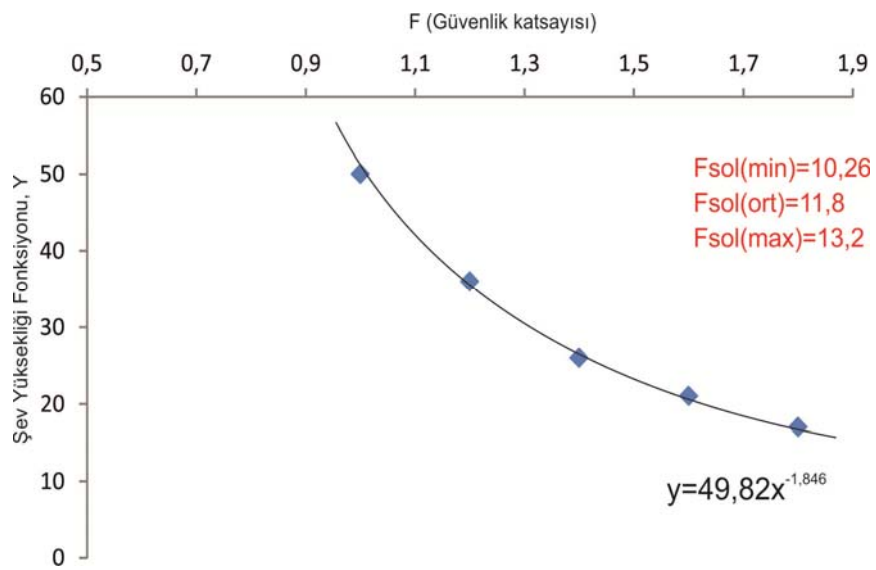
Şekil 3.25: Düzlemsel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).

Ancak grafikte her iki yamaç için de çakışan bölgede sonuç eğrisi bulunmadığı için grafikten faydalanılarak her iki yamaç için de dağılım eğrileri çizilmiştir. Bu dağılım eğrilerinden faydalanılarak minimum, ortalama ve maksimum değerler için güvenlik katsayısı değerleri okunmuştur (Şekil 3.26).



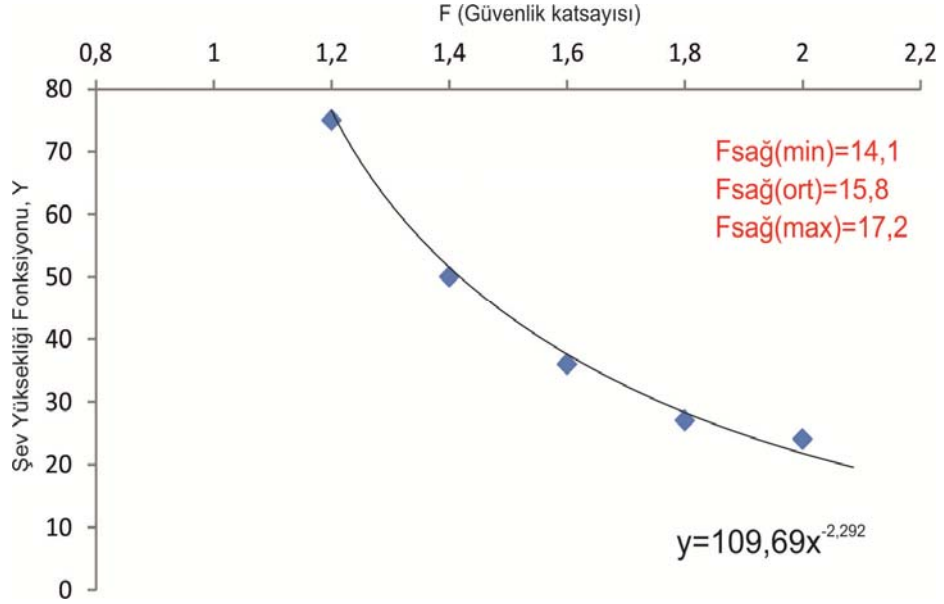
Şekil 3.26: Düzlemsel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev tasarımı grafiği (Hoek, 1970).

Sol yamaç için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil 3.27'deki eğri elde edilmiştir. Buna göre sol yamaç için; Fsol(min)= 10.26, Fsol(ort)= 11.8 ve Fsol(max)= 13.2 değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.27: 2. yöntemle hesaplanan Fsol (min, ort, max).

Sağ sahil için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil 3.28'deki eğri elde edilmiştir. Buna göre sağ sahil için; $F_{sağ(min)}= 14.1$, $F_{sağ(ort)}= 15.8$ ve $F_{sağ(max)}= 17.2$ değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.28: 2. yöntemle hesaplanan F değerleri.

3.3.10 Gölet Yeri Taşıma Gücü

Gölet yerindeki kaya kütlelerinin taşıma gücü Kayaçların Serbest Basınç Değeri-RQD-J (Kitle Faktörü) yöntemi ile hesaplanmıştır.

Taşıma gücü hesaplamalarında Kayaç kalitesinin (RQD) bilinmesi durumunda J değeri yaklaşık olarak Tablo 3.14'ten bulunur ve blok numunelerin alındığı metrelerdeki RQD değerleri kaya kalitesi "Orta" aralığına girmektedir. Bu hesaplama yönteminde basınç dayanımı q_u , RQD % si ve Tablo 3.14'ten J kitle faktörü seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Bu nedenle kitle faktörü J, 0,3 olarak alınmıştır.

Gölet yerinde yüzeylenen yüksek derecede ayrılmış (HW) kaya kütlelerinin taşıma gücü :

$$q_u = 16,52 \text{ MPa (Laboratuar sonuçlarından)}$$

$$J = 0,3 \text{ (RQD ' ye göre Tablo 3.14'ten)}$$

$$q_a = q_u * J \quad (3.14)$$

$$q_a = 16,52 * 0,3 = 4,96 \text{ Mpa}$$

Tablo 3.14: Kayaç kalitesi RQD ile J arasındaki ilişki (Şekercioğlu, 2007).

Kayaç Kalite Sınıflaması	RQD %	Kitle Faktörü J
Çok zayıf	0-25	<0,2
Zayıf	25-50	0,2
Orta	50-75	0,2-0,5
İyi	75-90	0,5-0,8
Çok iyi	90-100	0,8-1,0

Gölet yerinde yüzeylenen (kesitte görülen Şekil 3.20) değişik derecede ayrılmış kaya kütlelerinin taşıma gücü değerleri aynı yöntemle hesaplanmış olup sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.15).

Tablo 3.15: Blok numuneler ile Kaya kalitesi RQD ile J arasındaki ilişkiye göre taşıma gücü Sonuçları (Şekercioğlu, 2007).

Wm	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	σ_{ci} (MPa)	qa (MPa)	ΔP (MPa)	Em (MPa)	c _m (MPa)	ϕ_m
HW	24,05	16,52	4,96	0,36	893	0,48	21,94
MW	25,55	44,74	13,42	0,38	3156	1,94	27,47
SW	23,58	52,26	15,68	0,33	9592	3,39	35,54
F	25,06	77,78	23,33	0,78	13068	5,09	37,63

(Wm: Kaya kütleli ayrışma durumu, σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), qa: Taşıma gücü değer (MPa), ΔP : Tahmin edilen proje yükü, Em: Elastisite modülü, c_m: Kaya kütlelerinin kohezyonu, ϕ_m : Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, HW: Yüksek Derecede Ayrılmış, MW: Orta Derecede Ayrılmış, SW: Az Ayrılmış, F: Ayrılmamış)

Göletin yapımı tamamlandığında gölet gövdesinden zemine uygulanacak yükler farklılık gösterecek olup en fazla yük talvegte olacaktır. Buna göre aks eksenini boyunca yamaç ve talveğe gelen yükler farklılık gösterdiğinden ayrı ayrı hesaplanmıştır. Girdiler yaklaşık veya ortalama olarak alınmıştır. Aşağıda örnek olarak sağ yamaca gelebilecek ortalama proje yükü hesaplanmış olup sonuçlar Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Proje Yükü Hesabı

Sağ yamaç h_o=15,00 m

Sol yamaç h_o =14,00 m

Talveg h_o= 31,00 m

Sağ yamaca gelebilecek ortalama proje yükü hesabı

Alan A_o= 1000 m²

Doğal birim hacim ağırlığı γ_o = 2,55 ton/m²

ΔP = Proje Yükü

$$\Delta P = h_o \cdot \rho \cdot A_o / A_o$$

$$\Delta P = 15,00 \cdot 2,55 \cdot 1000 / 1000 = 38,25 \text{ ton/m}^2 = 3,83 \text{ kgf/cm}^2 = 0,383 \text{ MPa}$$

Gölet yerinde sağ yamaç üst seviyelerde orta derecede ayrılmış alt seviyeler az ayrılmış ve ayrılmamış, talveg üst seviyeler az ayrılmış alt seviyeler ayrılmamış, sol yamaç ise en üst seviye yüksek derecede ayrılmış alt seviyeler az ve daha derine inildikçe orta seviyede ayrılmış özellik göstermektedir. Buna göre incelenen bütün seviyelerde taşıma gücü değerleri proje yükü değerlerinden fazla olduğu için gölet yerinde taşıma gücü açısından herhangi bir sorunla karşılaşılacağı öngörülmektedir.

3.4 Yusufçam Göleti Gövdesinde Kullanılacak Malzeme Araştırmaları

3.4.1 Malzeme İhtiyacı

Yusufçam Göleti'nin gövde tipi planlama aşamasında "Kil Çekirdekli Kaya Dolgu" olarak belirlenmiştir. Gölet gövdesi ve diğer yapı yerlerinde, yaklaşık 41 800 m³ geçirimsiz, 28 600 m³ geçirimli (filtre+beton agrega) ve 161 000 m³ kaya malzemesine gereksinim olacaktır. Bu kapsamda araştırılan malzeme alanları, ihtiyacın en az 1,5 katı olacak şekilde belirlenmiştir. DSİ 25. Bölge Müdürlüğü adına katıldığım doğal yapı malzemesi araştırmaları ve arazi çalışmaları Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti. ile birlikte yürütülmüştür.

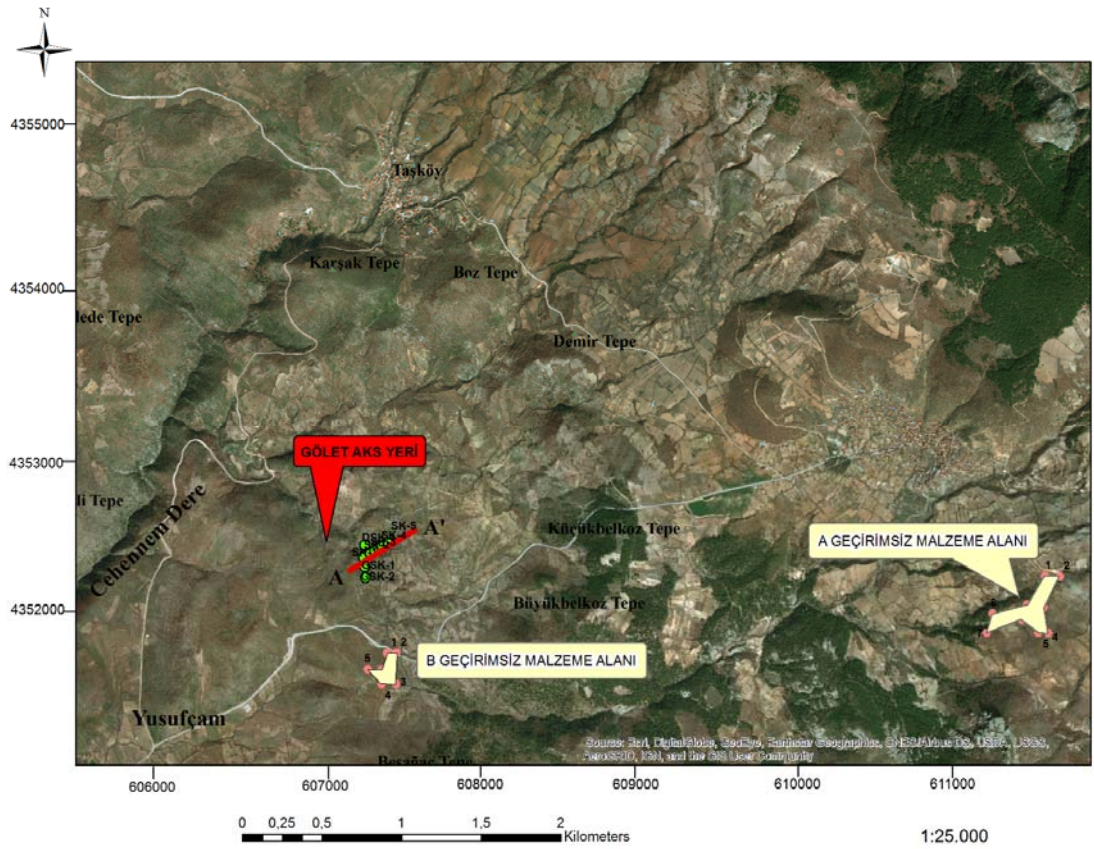
3.4.2 Malzeme Sahaları

Balıkesir-Sındırgı Yusufçam Göleti gövde dolgu yapısında kullanılacak malzemeler için belirlenen geçirimsiz ve geçirimli malzeme alanlarında araştırma çukurları açılmış, örselenmiş numuneler alınmış olup, kaya malzeme alanından ise blok numuneler alınmıştır. Bu çalışmada Balıkesir Sındırgı Yusufçam Göleti ve Sulaması Planlama Aşaması Jeoteknik Etüt Raporundan yararlanılmıştır.

3.4.2.1 Geçirimsiz Malzeme Alanları

A-Geçirimsiz Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan göl alanının doğusunda yer almakta olup, Yusufçam Göleti'ne yaklaşık 6200 m mesafededir (Şekil 3.30). Bu yolun, 4080 m si mevcut yol olup, kalan yolun 1080 m'sinin iyileştirilmesi, 1040 m'lik kısmına ise yeni yol yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.30: A ve B Geçirimsiz Malzeme Sahası yerbulduru haritası.

Arazi çalışmaları kapsamında derinliği yaklaşık 1,00-3,50 m arasında değişen derinliklerde 17 adet araştırma çukuru açılmıştır. Açılan araştırma çukurlarından tüm düzeyleri temsil edecek 12 adet torba numune alınmıştır (Şekil 3.31, Şekil 32, Şekil 3.33).

A- Geçirimsiz malzeme alanındaki birim, çevrede izlenen Sındırgı Volkanik birimin ayrışması ile meydana gelen killi, kumlu-çakıllı seviyelerden oluşmaktadır.



Şekil 3.31: A-101 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Ltd. Şti. 2015).



Şekil 3.32: A-106 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Ltd. Şti. 2015).

Malzeme alanından alınan örselenmiş numunlerin elek analizi sonuçlarına göre numunenin % 54,05 kil ve silt, % 24,84 kum ve % 21,11 çakıl malzemesidir.



Şekil 3.33: A-108 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Ltd. Şti. 2015).

Malzeme alanında; A-105, A-107, A-108, A-113, A-114 ve A-117 no lu örnekler CL (siltli kil, kil-silt karışımları, az miktarda kum ve ince kum, düşük-orta plastik), A-104, A-115 ve A-116 no lu örnekler CH (siltli kil, kil, yüksek plastik, inorganik killer), A-106 no lu örnek SC (killi kum, kil-kum karışımları, düşük-orta plastik), A-109 no lu örnek GC (killi çakıl, kil-çakıl karışımları, düşük-orta plastik) ve A-101 no lu örnek ise GM (siltli çakıl, çakıl-silt karışımları, plastik olmayan) zemin sınıfındadır. Malzeme alanında genel olarak heterojen bir gözlenmektedir (Tablo 3.17).

Plastisite İndisi (PI) değerleri A-105, A-109, A-113 ve A-114 no lu örneklerde %11-15 arasında olup düşük, A-115 ve A-116 no lu örneklerde ise %29-32 arasında olup yüksek bir değere sahiptir. Diğer örnekler genel olarak PI %16-27 arasında olup kabul edilebilir limit değerlerdedir (Tablo 3.18).

Permeabilite değeri A-101 ve A-109 nolu örnekler yarı geçirimli, A-105, A-106, A-113, A-114 ve A-117 nolu örnekler ise az geçirimli özelliktedir.

A malzeme sahasından alınan numunelerin "Optimum Su içeriği", 6,41 ile 19,84 değerleri arasında olup, uygun aralıktadır.

Tablo 3.17: A Geçirimsiz Malzeme Alanı Laboratuvar DeneY Sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DeneY Adı	DeneY Sonuçları											
	A-101	A-104	A-105	A-106	A-107	A-108	A-109	A-113	A-114	A-115	A-116	A-117
Özgöl Ağırlık (Gs)	2,53	2,70	2,68	2,67	2,69	2,70	2,65	2,68	2,68	2,70	2,70	2,69
D. B. Hacim Ağırlık (kN/m ³)	18,42	19,35	20,22	18,07	20,07	20,07	19,15	20,52	21,10	20,31	20,19	21,46
Su İçeriği (Wn) (%)	10,38	18,30	7,06	9,17	17,03	16,61	6,41	7,02	9,58	18,39	19,84	13,04
Elek Analizi												
#10 Kalan (%)	37,04	18,09	24,31	27,50	3,30	5,65	36,23	21,00	18,31	16,59	17,46	27,78
Kum (%)	24,50	16,59	25,10	27,50	25,82	14,37	27,87	22,61	29,58	29,15	28,31	26,73
#200 Geçen (%)	38,46	65,32	50,59	45,00	70,88	79,98	35,90	56,39	52,11	54,26	54,23	45,49
Hidrometrik Analiz												
#kil Geçen (%)	6,40	53,60	28,60	26,00	49,90	58,00	20,30	39,20	35,70	38,60	36,10	25,80
#silt Geçen (%)	32,06	11,72	21,99	19,00	20,98	21,98	15,60	17,19	16,41	15,66	18,13	19,69
Çifte Hidrometre												
Kil (%)	53,90	20,40	42,40	48,60	28,30	27,00	51,90	42,20	47,50	44,90	38,30	43,80
Kıvam Limitleri (%)												
Likit Limit (LL)	-	51	31	33	43	45	32	28	30	53	55	40
Plastik Limit (PL)	-	24	20	17	21	20	18	16	15	24	23	18
Plastisite İndisi (PI)	NP	27	11	16	22	25	14	12	15	29	32	22
Zemin Sınıfı	GM	CH	CL	SC	CL	CL	GC	CL	CL	CH	CH	CL
Permeabilite (cm/s) (*10 ⁻⁵)	77,2	0,0392	1,92	3,33	0,0572	0,0358	22,3	6,33	4,21	0,0225	0,0742	5,23
Standart Proktor												
K. B. Hacim Ağırlık	1,815	1,590	1,820	1,741	1,522	1,533	1,930	1,861	1,869	1,738	1,745	1,940
Opt. Su İçeriği (W _{opt}) (%)	9,20	15,10	10,10	11,40	19,20	16,90	5,30	7,15	8,00	11,60	12,80	11,00

A Geçirimsiz Malzeme Alanı'nda 0,20 cm sıyırma kazısı yapıldıktan sonra ortalama 1,50 m işletme derinliğinde yaklaşık 90 030 m³ malzeme temin edilebilecektir.

Tablo 3.18: Geçirimsiz malzeme için standartlara uygun aralık değerleri
(Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005)

Deney Türü	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit
Bağıl Yoğunluk	2,5	2,8
Doğal su muhtevası (%w)	İnşa aşamasında optimum -2	İnşa aşamasında optimum +2
Standart proktor (optimum su muhtevası) (%w)	15	25
Standart proktor (maksimum kuru birim ağırlık) gr/cm ³	1,43	1,87
Plastisite indisi (%)	14	20
Atterberg limitleri (likit limit) (%)	40	50
Şişme potansiyeli (%)		20
Atterberg limitleri (büzülme limiti) (%)	15	25
Elek analizi	İçinde en az %12 kil özelliği gösteren plastik ince malzeme bulunur	
Üç eksenli basınç deneyleri (kil)	$\phi = 15^\circ$	$\phi = 22^\circ$
Üç eksenli basınç deneyleri (kaya)	$c = 40 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 37^\circ$	$c = 60 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 45^\circ$
Üç eksenli basınç değerleri (kum)	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 35^\circ$
Geçirgenlik	10^{-5} (cm/s)	10^{-8} (cm/s)

B-Geçirimsiz Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan göletin aks yerine yaklaşık 1,13 km güneyinde kalmaktadır (Şekil 3.30). Malzeme alanından aks yerine ulaşım sağlanması için 920 m'lik yolun, 470 metresi mevcut yol olup, kalan yolun 450 m'lik kısmına yeni yol yapılması gerekmektedir.

Malzeme alanında planlama aşamasında 1,75-4,00 m arasında değişen derinliklerde 10 adet araştırma çukuru açılmıştır (şekil 3.34, şekil 3.35, şekil 3.36).



şekil 3.34: B-201 Araştırma ukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. şti, 2015).



şekil 3.35: B-206 Araştırma ukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. şti, 2015).



Şekil 3.36: B-207 Araştırma çukuru (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Açılan araştırma çukurlarından tüm düzeyleri temsil edecek şekilde back-hoe ters kepçe ile 5 adet torba numune alınmış ve değerlendirilmelerinin yapılabilmesi için kaya ve zemin mekaniği laboratuvarına gönderilmiştir.

B Geçirimsiz malzeme alanındaki birim, çevrede izlenen Sındırgı Volkanitleri'nin ayrışması ile meydana gelen killi, siltli, kumlu-çakıllı seviyelerinden oluşmaktadır. Malzeme alanında alınan torba numunlerinin elek analizi sonuçlarına göre ortalama % 71,61 kil, % 21,44 kum ve % 6,95 çakıl malzemesidir.

Malzeme alanında; B-201, B-202, B-203 ve B-210 no lu örnekler CL (siltli kil, kil-silt karışımları, az miktarda kum ve ince kum, düşük-orta plastik), B-206 no lu örnek ise CH (siltli kil, kil, yüksek plastik, inorganik killer) zemin sınıfındadır. Malzeme alanı genel olarak homojen bir dağılım göstermektedir.

Plastisite İndisi değerleri B-201, B-202, B-203 ve B-210 no'lu örneklerde %16-21 arasında olup limit değerler içerisindedir. B-206 nolu örnekte ise Plastisite İndisi değeri %35 olup limit değerlerin üzerindedir.

Standart proktor deneyi maksimum kuru birim hacim ağırlık 1,52-1,78 arasında ve optimum su içeriği 12,40-19,60 olup uygun aralıktadır.

Permeabilite değerleri 4,44 -0,40 10⁻⁷ olup limit sınırlar dahilindedir.

Araştırma yapılan alandan alınan, 5 adet örselenmiş örnek üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.19: B Geçirimsiz Malzeme Alanı Planlama Aşaması Laboratuvar Deney Sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. şti, 2015).

Deney Adı	Deney Sonuçları				
	B-201	B-202	B-203	B-206	B-210
Özgöl Ağırlık (Gs)	2,70	2,70	2,70	2,71	2,70
D. B. Hacim Ağırlık (kN/m ³)	21,10	21,22	20,70	21,15	21,23
Su İçeriği (W _n) (%)	12,24	9,44	15,38	28,04	14,84
Elek Analizi					
#10 Kalan (%)	0,00	17,22	5,59	6,88	5,08
Kum (%)	31,63	20,00	18,89	14,81	21,87
#200 Geçen (%)	68,37	62,78	75,52	78,31	73,05
Hidrometrik Analiz					
#kil Geçen (%)	41,40	-	59,90	55,40	-
#silt Geçen (%)	26,97	-	15,62	22,91	-
Çifte Hidrometre					
Kil (%)	31,10	-	-	24,80	-
Kıvam Limitleri (%)					
Likit Limit (LL)	35	30	39	59	37
Plastik Limit (PL)	16	14	23	24	16
Plastisite İndisi (PI)	19	16	16	35	21
Zemin Sınıfı	CL	CL	CL	CH	CL
Permeabilite (cm/s) (*10 ⁻⁷)	-	4,44	-	0,402	-
Standart Proktor					
K. B. Hacim Ağırlık	1,78	1,773	1,62	1,52	1,55
Opt. Su İçeriği (W _{opt}) (%)	12,40	14,50	16,30	19,60	13,40

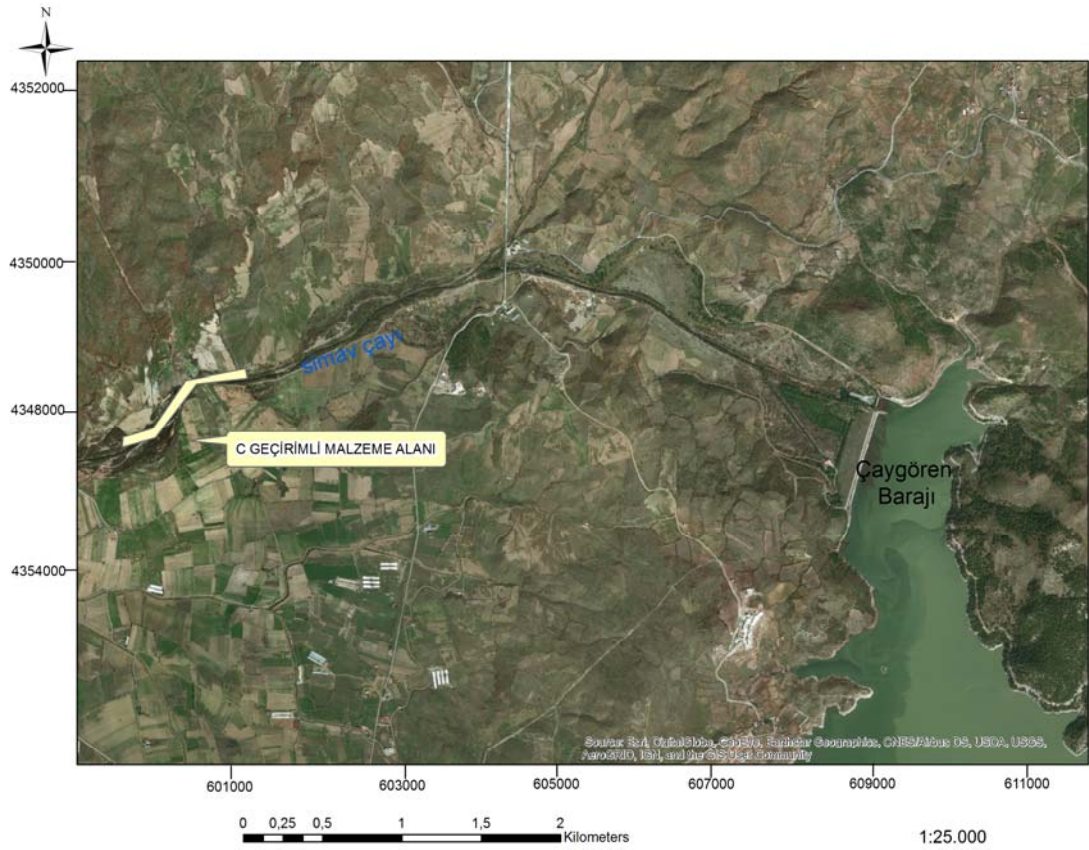
B Geçirimsiz Malzeme Alanı’nda 0,20 cm sıyırma kazısı yapıldıktan sonra ortalama 1,00 m işletme derinliğinde yaklaşık 20 050 m³ malzeme temin edilebilecektir.

3.4.2.2 Geçirimli Malzeme Alanları

C-Geçirimli Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Yusufçam Göleti'ne yaklaşık 11,45 km yol mesafesinde bulunan malzeme alanı; aks yerinin güneybatısında, Simav Çayı yatağındaki alüvyon birikinti alanlarıdır (Şekil 3.37).

Arazi çalışmaları kapsamında derinlikleri ortalama 3 metre olan 9 adet araştırma çukuru açılmış ve bu çukurlardan 6 adet örselenmiş numune alınmıştır (Şekil 3.38, Şekil 3.39, Şekil 3.40).



Şekil 3.37: C Geçirimli Malzeme Sahaları yerbulduru haritası.



Şekil 3.38: C-303 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).



Şekil 3.39: C-305 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Araştırma yapılan alandan alınan 9 adet (C-301, C-303, C-305, C-306, C-307, C-309) örnek numune üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.40: C-307 Araştırma çukurları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

C Geçirimli malzeme sahasından alınan numunelerin tamamı “İri Taneli Zeminler” grubunda olup, numuneler GW “İyi Dereceli Çakıl, Kum-Çakıl Karışımları” karakterindedir Ancak C-305 ve C-306 no’ lu numunelerde kil+silt oranı yüksek olduğundan bu kısım malzeme alanından çıkarılmıştır. Böylece sahanın ortalama granülometrisi % 2,58 kil+silt, % 18,59 kum, % 78,82 çakıl olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.21).

Tablo 3.20: C Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin fiziksel deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Deney Adı	Deney Sonuçları					
	C-301	C-303	C-305	C-306	C-307	C-309
Özgül Ağırlık (Gs)	2,45	2,46	2,43	2,43	2,45	2,46
D. B. Hacim Ağırlık (kN/m ³)	18,23	18,57	19,31	19,44	18,88	18,11
Doğal Su İçeriği (W _n) (%)	0,78	1,44	1,64	1,36	1,63	1,16
Elek Analizi						
Çakıl (%)	84,42	76,41	58,75	60,14	77,19	77,30
Kum (%)	13,50	20,40	26,74	26,62	19,93	20,54
Kil+Silt (%)	2,08	3,19	14,51	13,23	2,88	2,16
Zemin Sınıfı	GW	GW	GW	GW	GW	GW

Tablo 3.21: C Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin mekanik deney sonuçları devamı (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Deney Adı		Deney Sonuçları					
		C-301	C-303	C-305	C-306	C-307	C-309
Los Angeles Aşındırma	100 Devir	4,46	3,29	2,40	3,80	3,20	2,76
Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)	500 Devir	12,89	8,16	7,54	7,50	7,94	8,24
Kil Topakları (%)		1,62	2,28	2,82	2,85	1,46	1,58
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Proktor	Max kuru birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,128	2,143	2,082	2,089	2,091	2,067
	Optimum su muhtevası (%)	5,35	6,40	6,00	6,30	5,80	5,55
Permeabilite		5,91*10 ⁻¹	7,72*10 ⁻¹	3,36*10 ⁻²	4,44*10 ⁻²	8,41*10 ⁻¹	4,29*10 ⁻¹
Organik Madde Tayini		Hiç yok veya çok az var	Hiç yok veya çok az var	Hiç yok veya çok az var	Hiç yok veya çok az var	Hiç yok veya çok az var	Hiç yok veya çok az var
Su Emme (%)	İnce Agregada	0,12	0,19	0,26	0,28	0,17	0,15
	İri Agregada	0,16	0,23	0,31	0,30	0,21	0,19
Alkali Reaktivite Deneyi (mmol/L)	Alkali Azalması (Rc)	182,5	247,5	232,5	282,3	270,0	210,0
	Çözünen Silika (Sc)	43,2	29,9	56,6	106,5	146,5	29,9

6 adet örnek numunenin tamamında "Permeabilite" değerleri 10⁻⁴ den büyük, uygun aralıktadır.

C-305 ve C-306 numunelerinin alındığı kısımlar çıkarıldığında 200 No'lu elek altına geçen ortalama malzeme miktarı uygun (kil+silt)<%5 aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında; "Su Emme" değerleri (S.E.<%1) ince ve iri agregada, "Kil Topakları Tayini" değerleri iri agregada (<% 0,25) ve ince agregada (<% 1,0) ve "Los Angeles Aşınma Kaybı" 500 devir için (<% 40) uygun aralıktadır.

Malzeme alanı laboratuvar deneyleri ve yüzey gözlemlere göre gövde dolgusunda filtre malzemesi olarak kullanılabilir.

C Geçirimli Malzeme Alanı 35 000 m² olup, ortalama 2,00 m işletme derinliğinde toplam 70 000 m³ malzeme temin edilebilecektir.

Geçirimli malzeme için aralık değer Tablo 3.22’te verilmiştir

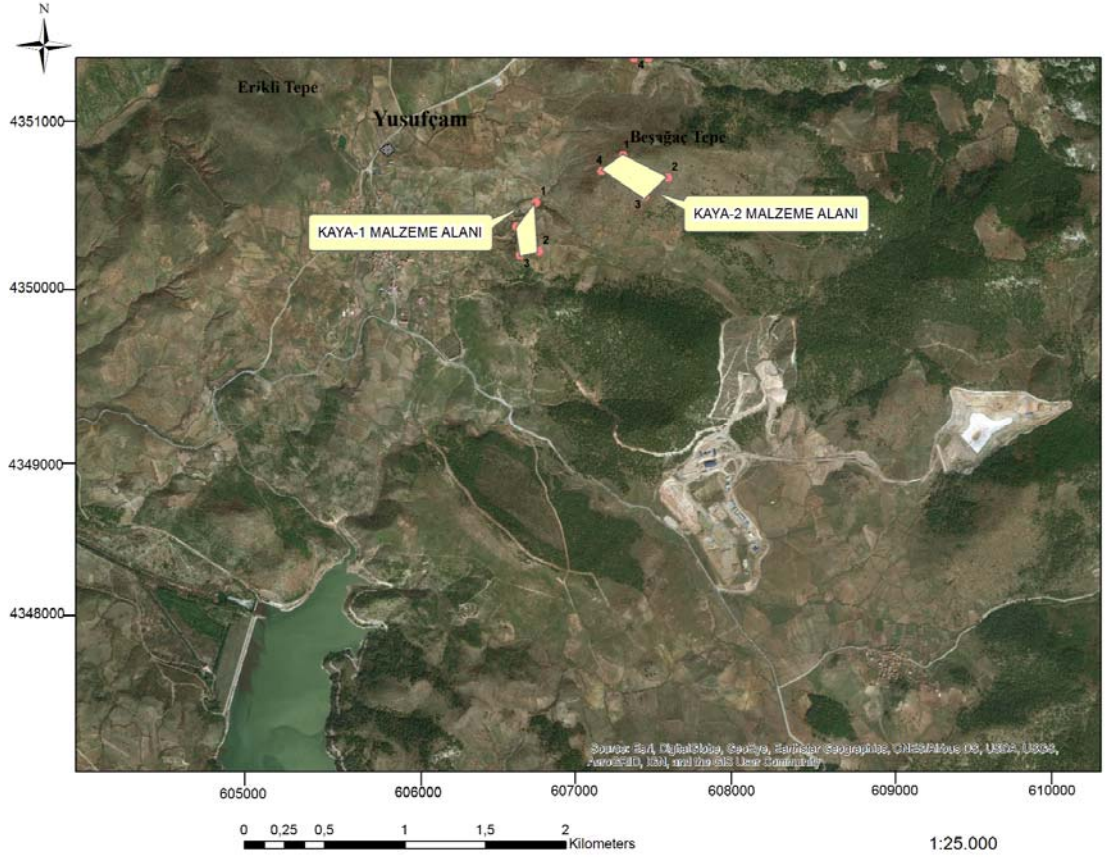
Tablo 3.22: Filtre ve geçirimli malzeme için uygun aralık değerleri (Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005).

Deney türü	Kullanılmış veya tavsiye edilen alt limit	Kullanılmış veya tavsiye edilen üst limit
Bağlı Yoğunluk	>2,60	
Örneğin elek analizi	İçinde %5 ten az ince tane (kil ve silt) kapsayan kum, çakıl ve bloğun değişik oranlardaki karşılımlarından oluşan geçirimli malzeme	
D15 Filtre / D15 korunan	4	40
D15 Filtre / D85 korunan	<5	
D50 Filtre / D50 korunan	5	58
D85 Filtre / Maksimum dren aralığı	>2	
İzafi sıklık, birim ağırlık ve/veya modifiye proktor	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıl a göre) 65-75	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıl a göre) 80-90
Geçirgenlik	10 ⁻⁴ (cm/s)	

3.4.2.3 Kaya Malzeme Alanları

K-1 Kaya Malzeme Alanı

K-1 kaya malzeme araştırması yapılan alan; Yusufçam Göleti'ne yaklaşık 2,37 km uzaklıkta, aks yerinin güneybatısında, hazineye ait alan olarak belirlenmiş kayalıklardır. Malzeme alanından aks yerine ulaşım sağlanması için 3 000 m lik yolun, 1 780 m si mevcut yol olup, kalan yolun 220 m’lik kısmına yeni yol yapılması gerekmektedir (Şekil 3.41).



Malzeme alanında, nitelik ve niceliği belirlemek amacı 3 adet blok kaya numunesi alınmıştır (Şekil 3.42).

Araştırma yapılan alandan alınan kaya malzeme numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları Tablo 3.23'de verilmiştir.

Göletin gövde dolgusunda kullanılacak olan kaya malzeme için; 3 adet örnek numunenin “Su Emme” (<%1,8) “Özgül Ağırlık” (>2,6), “Los Angeles” (100 Devir için <%10, 500 Devir için < % 40), ” Na₂SO₄ Don Kaybı” (<%10),“Don Sonu Basınç Kaybı Tayini” (<%10), “Tek Eksenli Basınç Deneyi” (>500 kgf/cm²) değerleri uygun aralıktadır.

Alandaki malzeme kaya ve riprap olarak kullanılabilir özelliktedir.

Tablo 3.23: K-1 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Deney Adı		Deney Sonuçları			Limit Değerler
		K-1/1	K-1/2	K-1/3	
Los Angeles	100 Devir	5,50	3,76	4,22	<%10
Aşındırma Direnci (%)	500 Devir	10,84	7,78	8,10	<% 40
Özgül Ağırlık (Gs)		2,74	2,73	2,75	>2,6
Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)		3,26	3,76	4,68	<%10
Kil Topakları (%)		0,00	-	-	
Basınç Dayanımı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	631,55	617,44	606,08	>500 kgf/cm ²
	Don Sonu Basınç	590,30	576,00	565,30	
Porozite (%)		0,21	0,23	0,23	
Su Emme (%)		0,13	0,16	0,15	<%1,8
Organik Madde Tayini		Hiç yok veya çok az var	-	-	

Kaya-1 Malzeme Alanından 30 010 m²'lik alanda, ortalama 10,00 m işletme derinliğinde 300 100 m³ civarında malzeme temin edilebilecektir.

Kaya malzemesi için aralık değer Tablo 3.24'te verilmiştir

Tablo 3.24: Kaya malzeme seçimi için aralık değerler (Baykan, 2004 ve Akçalı, 2005).

Deney Türü	Kullanılmış veya tavsiye edilen alt limit	Kullanılmış veya tavsiye edilen üst limit
Su emme		%1,8
Bağıl yoğunluk	2,6	
Basınç dayanımı	500 kgf/ cm ²	
Los Angeles aşınma kaybı		100 devirde %10 500 devirde %40
Na ₂ SO ₄ don kaybı		%10
Petrografik analizi	Kaçınılacak kayalar: Çamurtaşı, şeyl, silttaşı, kiltası, topraksi kireçtaşı ve diğer düşük çimentolu sedimanter kayalar	Dikkatle kullanılacak kayalar: Tabakalı kayalar, killi mermer, tuf, senozoyik kumtaşı, gnays, şist

K-2 Kaya Malzeme Alanı

K-2 kaya malzeme araştırması yapılan alan; Yusufçam Göleti'ne yaklaşık 2,68 km uzaklıkta, aks yerinin güneybatısında, hazineye ait alan olarak belirlenmiş kayalıklardır (Şekil 3.41). Malzeme alanından aks yerine ulaşım sağlanması için 3 000 m lik yolun, 2600 m si mevcut yol olup, kalan yolun 500 m'lik kısmına yeni yol yapılması gerekmektedir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43: Kaya malzeme sahasından dasit-riyodasit blokları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Malzeme alanında, nitelik ve niceliği belirlemek amacı 3 adet blok kaya numunesi alınmıştır. Araştırma yapılan alandan alınan kaya malzeme numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları Tablo 3.25’te verilmiştir.

Tablo 3.25: K-2 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

Deney Adı		Deney Sonuçları			Limit Değerler
		K-2/1	K-2/2	K-2/3	
Los Angeles	100 Devir	5,80	3,54	3,36	<%10
Aşındırma Direnci (%)	500 Devir	9,54	8,36	8,00	<% 40
Özgül Ağırlık (Gs)		2,75	2,75	2,74	>2,6
Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)		4,14	4,47	3,60	<%10
Kil Topakları (%)		0,00	0,00	0,00	
Basınç Dayanımı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	634,60	626,96	681,97	>500 kgf/cm ²
	Don Sonu Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	578,1	569,9	625,9	
Porozite (%)		0,18	0,22	0,26	
Su Emme (%)		0,10	0,17	0,14	<%1,8

3 adet örnek numunenin “Su Emme” (<%1,8) “Özgül Ağırlık” (>2,6), “Los Angeles” (100 Devir için <%10, 500 Devir için < % 40), ” Na₂SO₄ Don Kaybı” (<%10), “Don Sonu Basınç Kaybı Tayini” (<%10), “Tek Eksenli Basınç Deneyi” (>500 kgf/cm²) değerleri uygun aralıktadır. Alandaki malzeme kaya ve riprap olarak kullanılabilir özelliktedir.

Kaya-2 Malzeme Alanı’ndan 50 010 m²’lik alanda, ortalama 10,00 m işletme derinliğinde 5001000 m³ civarında malzeme temin edilebilecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Yusufçam Göleti aks yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi yönünden araştırılması amaçlanmıştır. Açılan sondajlardan yararlanarak gölet aks yeri ve rezervuar alanındaki birimleri yorumlamak amacıyla farklı özellikleri yansıtan kesitler alınmış olup, lugeon değerleri, RQD değerleri ve ayrışma dereceleri de göz önünde bulundurularak göl alanının geçirimsizliği ve duraylılığı ortaya çıkarılmıştır.

Gölet yerinde yapılan sondaj loglarından alınan verilere ve tanımlanan jeoteknik birimlerin özelliklerine göre, ayrışmamış kaya kütlelerinde RQD değeri 100-85 arasında, RQD değeri az ayrılmış kaya kütlelerinde 95-80, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 80-60 ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 60-20 arasında değişmektedir. GSI değerlerine göre, ayrışmamış kaya kütlelerinde GSI değeri 68-64 arasında değişmektedir. GSI değeri az ayrılmış kaya kütlelerinde 64-55, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 49-42 ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 34-29 arasında değişmektedir. RMR değerleri ise ayrışmamış kaya kütlelerinde 67-63, az ayrılmış kaya kütlelerinde 62-57, orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 50-45 ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde 45-34 arasında değişmektedir. Bu değerler ışığında Bieniawski'nin sınıflamasına göre; ayrışmamış kaya kütleleri "İyi Kaya" az ayrılmış kaya kütleleri "İyi-Orta Kaya" orta derecede ayrılmış kaya kütleleri "Orta Kaya" ve yüksek derecede ayrılmış kaya kütleleri de "Orta-Zayıf Kaya" sınıflarına düşmektedir.

Gölet yeri ve göl alanı duraylılığı konusunda, taşıma gücü hesapları değerlendirildiğinde; gövde dolgusu ana kayaya oturacağından ayrışmamış birimde emniyetli taşıma gücü $q_a = 23.33$ MPa, az ayrılmış birimde 15,68 MPa, orta derecede ayrılmış birimde 13,42 MPa, yüksek derecede ayrılmış birimde ise 4,96 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu birimlere gelecek proje yükü ise 0,36 MPa ile 0,78 MPa değer aralığındadır. Proje yükleri göz önünde bulundurulduğunda, taşıma gücü değerlerinin yüksek olması sebebiyle, taşıma gücü yönünden sorun beklenmemektedir.

Gölet yerinde açılan araştırma sondajlarında permeabilite ve basınçlı su deneyleri yapılarak zeminin yeraltısuyu durumu ve kayanın geçirimsizliği

belirlenmiştir. Bu ölçümlere göre her iki sahilde ve talvegde ana kayanın çok ayrışmış üst seviyeleri ile kırıklı çatlaklı ara seviyelerin “Geçirimli” olduğu belirlenmiştir. Sondaj çalışmaları süresince alınan ölçümlerde son ölçülen YASS değerleri baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu doğrultuda; sol yamaçta 18,75-37,80 m arasında, sağ yamaçta 13,14-13,47 m arasında değişen derinliklerde, talvegde açılan sondajda 0-0,40 m de yeraltı suyu seviyelerinin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre yeraltı suyu tablası sağ yamaçta dere içine, sol yamaçta yamaç içine doğrudur. Bu nedenle sol sahilde geçirimsiz seviyeleri belirlemek adına KG doğrultulu, GSK-1 54,5 metre ve GSK-2 52 metre derinliğinde 2 adet sondaj açılmıştır.

Gölet yerinde açılan sondajlarda yapılan geçirimsizlik deneyleri değerlendirildiğinde; sağ sahilde 28,00 m ye kadar “geçirimli-çok geçirimsiz” seviyeler, talvegde 18,00 m ye kadar “az geçirimsiz-geçirimsiz-çok geçirimsiz” seviyeler gözlenmiş olup daha sonra geçirimsiz birimler gözlenmiştir. Ancak sol sahil yamaçta 20,00 m ye kadar “az geçirimsiz-geçirimsiz” seviyeler olmasına rağmen sol sahil kret kotu civarında 46,00 m ye kadar “geçirimli-çok geçirimsiz” seviyeler gözlenmiştir. Sol sahil kret kotunda açılan sondaj kuyusu boyunca az geçirimsiz veya geçirimsiz birim tespit edilememiştir. Bu nedenle geçirimsizliği tespit etmek adına sol sahilde göl alanına doğru açılan sondaj kuyularından alınan verilere göre güneye, gölet aks yerinden rezervuar alanına doğru gidildikçe geçirimsizliğin azaldığı tespit edilmiş olup, geçirimsiz birim bulunmuştur.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda gölet alanında özellikle sol sahilde su kaçağı problemi olduğu ve yer altı su tablasının dere yatağını beslemesi gerekirken yamaca doğru eğimli olduğu tespit edilmiştir. Problemin çözümü amacıyla sızdırmazlığı sağlamak için aks yerinde geçirimsiz yada az geçirimsiz birime kadar enjeksiyon perdesi oluşturulması uygun olacaktır. Ayrıca, yeraltı suyunun sol yamaca doğru eğimli olması nedeniyle burada yamaç geçirimsizliğini sağlamak amacıyla, enjeksiyon perdesinin sol yamaçta, göl alanında açılan 2. sondaj kuyusuna doğru (GSK-2) devam ederek uzatılması gerekmektedir.

Yusufçam Göleti gövdesinde kullanılacak olan geçirimsiz kil, geçirimsiz-filtre ve kaya dolgu malzemesi için uygun sahalar önerilmiştir. Buna göre 2 adet geçirimsiz kil malzemesi (A ve B Geçirimsiz), 1 adet geçirimsiz filtre malzemesi

(C Geçirimli) ve 2 adet de kaya (Kaya-1 ve Kaya-2) malzeme sahalarından alınan örnekler üzerinde gerekli malzeme deneyleri yapılış ve deney sonuçları DSİ Doğal Yapı Gereçleri Etüt Şartnamesine uygun bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

Akçalı, E. (2005). Dolgu Barajlarda Kullanılan Doğal Malzemelerin Seçim Kriterlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Barton, N. and Choubey, V. (1977). The Shear Strength of Rock and Rock Joints. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract*, 13, 255-279.

Baykan, N.O. ve Saf, B. (2004). Barajların Yıpranma ve Elden Çıkma Nedenleri ile Güvenlik Sınamaları. *Ulusal Barajlar ve HES Sempozyumu*, Ankara, 395-401.

Ceylanoglu, A., Gul, Y., and Akin, A. (2007). Investigation of diggability and rippability classification systems and proposition of a new classification system (in Turkish). *Min. J.* 46 (2), 13-26.

Çoban, F. (2015) Danaçayır (Sındırgı-Balıkesir) Kaolin Yatağının MineralojikJeokimyasal Özellikleri: Kaolinleşme Sırasındaki Majör; Eser ve Nadir Toprak Elementlerinin Mobilizasyonu. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 311-332.

Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92.

Dirik, K., Belindir, F., Özsayın, E. ve Kutluay A. (2008). Yenice Gönen fay zonu'nun neotektonik özellikleri ve paleosismolojisi, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği. Rapor No:TUJJBUDP04-02

DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti. (2015). Balıkesir Sırdığı Yusufçam Göleti ve Sulaması Planlama Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, DSİ. Rapor No:1358.

DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti. (2017). Balıkesir Sırdığı Yusufçam Göleti ve Sulaması Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, DSİ. Rapor No:96021.

Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. ve Türkecan A. (1996). Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçlarda Yeni Yapılan Radyometrik Yaş Ölçümlerinin Yorumu. *MTA Dergisi*, 119, 103-112.

Erkül F., Erkül S. ve Helvacı C. (2010). Erken Miyosen Bigadiç bor havzasındaki volkanik birimlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri: magma karışımının kanıtları, Batı Anadolu-Türkiye. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 31 (2), 141-168.

Franklin, J.A., Broch, E. and Walton, G. (1971). Logging the mechanical character of rock. *Trans. Inst. Min. Metall.* 80, 1-9.

Googleearth.<https://earth.google.com/web/@39.23435165,28.17947046,243.27503496a,5358.61239173d,35y,1.36977174h,15.45993777t,0r>

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, 214s.

Göktan, R.M. and Ayday, C. (1993). A suggested improvement to the Schmidt rebound Hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machineability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 30, 321-322.

Göktan, R.M. ve İphar, M. (2013). Açık İşletmelerde Kayaç Sökülebilirlik Tayin Yöntemleri. *MT Bilimsel Yeraltı Kaynakları Dergisi*, 3,3.

Gurocak, Z. ve Yalcin, E. (2016). Excavatability and the effect of weathering degree on the excavatability of rock masses: an example from eastern Turkey. *J Afr Earth Sci*, 118, 1-11.

Hoek, E. and Brown, E.T. (1980). Empirical strength criterion for rock masses. *J. Geotech. Engng Div.*, 106, 1013-1035.

Hoek, E. (1970). Estimating the stability of excavates slopes in opencast mines. *Trans. Inst. of Mining and Metal*, 79, A109-32

IAEG (1995). Working Group on Rate of Movement a suggested method for describing the rate of movement of a landslide. *Bull Int Assoc Eng Geol Paris*, 47, 53-57.

ISRM (2007). The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. *Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics*, 628.

ISRM (1981). ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. *E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London*, 211.

Ketin, İ. (1968). Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. *MTA Enst. Derg.*, 71, 129-134.

McKenzie, D.P. (1978). Active tectonics of the Alpine - Himalayan belt The Aegean Sea and surrounding regions. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 55, 217-254.

MTA Genel Müdürlüğü (2016). Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü. (2016), <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>

Palmström A. (1996). RMI-a system for rock mass strength for use in rock engineering. *Journal of Rock Mechanics and Tunneling Technique, India*, 1 (2), 69-108.

Pettifer, G.S. and Fookes, P.G. (1994). A revision of the graphical method for assessing the excavability of rock. *Q. J. Eng. Geol.*, 27, 145-164

Singh, R.N. ve Gahroee, D.R. (1989). Application of rock mass weakening coefficient for stability assessment of slopes in heavily jointed rock masses. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Enviroment*, 3, 207-219.

Szlavin J. (1974). Relationships between some physical properties of rock determined by laboratory tests. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 11 (2), 57-66.

Şekercioğlu, E. (2007). *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi*. 28, Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 71-84.

Tsiambos, G. and Saroglou, H. (2010). Excavatability assessment of rock masses using the Geological Strength Index (GSI). *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 69, 13-27.

Ulusay, R. (2010). *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. 38, Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 10-458.

Ulusay, R. ve Sönmez, H. (2002). Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 60, 243.

EKLER

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																						
TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE ADI: SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ										İL: BALIKESİR												
YERİ	Sol Sahil, Kret			BAŞLANGIÇ TARİHİ	24.07.2014			Sondaj No : SK-1		Sayfa No: 3												
KONUMU	Düşey			BİTİŞ TARİHİ	19.08.2014			YASS Durumu:		Tarih	Derinlik											
DERİNİĞİ	46 m			MAKİNE TİPİ	D-500					19.08.2014	15.00 m											
KOTU	459,00			SONDÖR	Çağrı DAMDELEN			İmza		20.08.2014	14.75 m											
KOORDİNATLARI	X	607 352		LOGU HAZIRLAYANLAR	Jeo.Müh. Levent ÇEVİK					27.02.2015	35.10 m											
	Y	4 352 246		SONDAJ MÜH.	Jeo.Müh. Levent ÇEVİK					29.04.2015	38.10 m											
				PROJE MÜH.	Erman KONUKLU																	
Derinlik m.	Günlük		Kuyu çapı ve kesici uç einsi	Mühafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basınçlı Su Deneyi				Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama	
	İlerleme m.	YASS				Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugeon	Su kaybı lt	K cm/s	1. 15 cm	2. 15 cm	30 cm	50 darbedeki	Karot %	RQD %	Çatlak Sıklığı			Ayrışma
26	6.08.2014		HQ Emp. Elmas Kesici		Gri renkli: beyaz renkli su devirdaimi %45	2														0,00-46,00 m. Dasit-Riyodasit Gri, açık gri renkli, oldukça çatlak ve kırık, kırıklar arası genellikle hematit ve limonit boyanmalı, yer yer çatlaklar arası kalsit dolgululu, riyodasit-dasit.		
28						4																
						6																
						8																
						6																
						4																
						2																
30						2	100	102														
						4	111	119														
						6	120	123														
						8	138	138														
						6	124	123														
						4	120	115														
						2	104	102														
32						2																
						4																
			6																			
			8																			
			10																			
			8																			
			6																			
			4																			
			2																			
34			2																			
			4																			
			6																			
			8																			
			10																			
			8																			
			6																			
			4																			
			2																			
36			2	56	84																	
			4	90	175																	
			6																			
			8																			
			10																			
			8																			
			6																			
			4																			
			2																			

Şekil A.3: SK-1 sondaj kuyusu 24-36 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																						
TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE ADI: SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ												İL : BALIKESİR										
YERİ	: Sol Sahil, Yamaç Ortası			BAŞLANGIÇ TARİHİ	: 24.07.2014			Sondaj No : SK-2		Sayfa No: 1												
KONUMU	: Düşey			BİTİŞ TARİHİ	: 13.08.2014			YASS Durumu:		Tarih	Derinlik											
DERİNİĞİ	: 38 m			MAKİNE TİPİ	: D-500					14.08.2014	19.70 m											
KOTU	: 434,00			SONDÖR	: Alişan EROĞLU			İmza		16.08.2014	19.70 m											
KOORDİNATLARI	X	: 607 390			LOGU HAZIRLAYANLAR			Manometre Yüksekliği: 40 cm.		27.02.2015	18.18 m											
	Y	: 4 352 268			SONDAJ MÜH.	: Jeo.Müh. Levent ÇEVİK				29.04.2015	18.88 m											
Manometre Yüksekliği: 40 cm.				PROJE MÜH.	: Erman KONUKLU																	
Derinlik m.	Günlük		Kuyu çapı ve kesici uç enası	Muhafaza Borusu	Sondaj sayısı	renk ve %	Basıncılı Su Deneyi				Basıncısız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama
	İlerleme m.	YASS					Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lüğeön	Su kaybı lt	K cm/s	1.15 cm için	2.15 cm için	30 cm için toplam	50 darbedeki ilerleme (cm)	Karot %	RQD %	Çatlak Sıklığı		
2	24.07.2014		19,45 m.	HQ Emp. Elmas Kesici	Gri % 100 su devirdaimi						5 lt.						W3 Orta Derecede Ayrışmış				0,00-1,00 m. Altere Zon Ana kayanın ayrışması sonucu oluşmuş, killi, çaklı seviyeler.	
4											4,70 lt.						W3 Orta Derecede Ayrışmış					
6											13,78						W2 Az Ayrışmış					
8											15,96						W2 Az Ayrışmış					
10	25.07.2014										6,15						W2 Az Ayrışmış					
12											0,00						W1 Taze (Ayrışmamış)					

Şekil A.5: SK-2 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																						
TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE ADI:SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ										İL :BALIKESİR												
YERİ	: Sol Sahil,Yamaç Ortası			BASLANGIÇ TARİHİ	: 24.07.2014			Sondaj No : SK-2		Sayfa No: 4												
KONUMU	: Düşey			BİTİŞ TARİHİ	: 13.08.2014			YASS Durumu:		Tarih	Derinlik											
DERİNİĞİ	: 38 m			MAKİNE TİPİ	: D-500			YASS Durumu:		14.08.2014	19.70 m.											
KOTU	: 434,00			SONDÖR	: Alişan EROĞLU			YASS Durumu:		16.08.2014	19.70 m.											
KOORDİNATLARI	X	: 607 390			LOGU HAZIRLAYANLAR				İmza													
	Y	: 4 352 268			SONDAJ MÜH	: Jeo.Müh. Levent ÇEVİK			YASS Durumu:		27.02.2015	18.18 m										
				PROJE MÜH	: Erman KONUKLU			YASS Durumu:		29.04.2015	18.88 m											
Derinlik m.	Günlük		Kuyu eği ve kesici ayarını	Muhafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basınçlı Su Deneyi				Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kest	Tanımlama	
	İlerleme m.	YASS				Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugson	Su kaybı lt	K cm/s	Darbe Sayısı				Kanot %	RQD %	Çatlak Sıklığı			Ayrışma
38	13.08.2014				Gri renkli su devirdaimi % 70	2	42	48														1,00-38,00 m. Dasit-Riyodasit Gri,açık gri renkli,oldukça çatlak ve kırıklı,kırıklar arası genellikle hematit ve limonit boyanmalı,yer yer çatlaklar arası kalsit dolgululu,riyodasit-dasit.
28																						Kuyu Sonu: 38 m.
30																						
32																						
34																						
36																						

Şekil A.8: SK-2 sondaj kuyusu 36-38 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																			
TEMEL SONDAJ LOGU																			
PROJE ADI: SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ											İL : BALIKESİR								
YERİ	: Sağ Sahil Yamaç Ortası			BAŞLANGIÇ TARİHİ	: 17.07.2014			Sondaj No : SK-4	Sayfa No: 1										
KONUMU	: Düşey			BİTİŞ TARİHİ	: 23.07.2014			YASS Durumu:	Tarih	Derinlik									
DERİNİĞİ	: 35 m			MAKİNE TİPİ	: D-500				14.08.2014	15,90 m									
KOTU	: 439,00 m			SONDÖR	: Alişan EROĞLU			16.08.2014	15,10 m										
KOORDİNATLARI	X	: 607 457		LOGU HAZIRLAYANLAR	: İmza			27.02.2015	11,10 m										
	Y	: 4 352 307		SONDAJ MÜH	: Jeo.Müh. Levent ÇEVİK			29.04.2015	13,14 m										
Manometre Yüksekliği: 40 cm.				PROJEMÜH	: Erman KONUKLU														
Derinlik m.	Günlük		Kuyu çapı ve kesici uç çirisi	Muhafaza Bonusu	Sondaj suyu renk ve %	Basıncılı Su Deneyi			Basıncısız Su Deneyi		SPT			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama
	İlerleme m.	YASS				Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lageon	Sıkıyılı lt	K cm's	1. 15 cm için	2. 15 cm için	30 cm için toplam	50 dâhbedeki ilerleme (cm)	Karot %		
2					Gri renkli su devirdaimi %100				4 lt.	4,54*10 ⁻⁴				%100	%65	3-10	W1	<p>0,00-35,00 m. Riyodasit-Dasit Açık gri renkli,yer yer sağlam yer yer çatlaklı,çatlakları genellikle kalsit dolgululu,bazı çatlak ve kırıklar arası kahverenkli demiroksit(hematit) dolgululu,dasit-riyodasit.</p>	
4								5 lt.	2,55*10 ⁻⁴					%100	%78	3-10	W1		
6					Gri renkli su devirdaimi %90	2 40 41			8,93					%100	%60	3-10	W1		
8						4 49 50			8,75					%100	%72	3-10	W1-W2		
10						2 41 41			8,75					%100	%92	3-10	W1 Taze (Ayrışmamış)		
12					Su devirdaimi %100	2 1 1			0,45					%100	%95	1-3	W1 Taze (Ayrışmamış)		
						4 2 3													
						6 3 2													
						4 1 1													
						2 0 1													

Şekil A.12: SK-4 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																						
TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE ADI:SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ										İL :BALIKESİR												
YERİ	: Sağ Sahil Yamaç Ortası	BAŞLANGIÇ TARİHİ	: 17.07.2014	Sondaj No : SK-4		Sayfa No: 2																
KONUMU	: Düşey	BİTİŞ TARİHİ	: 23.07.2014	YASS Durumu:		Tarih	Derinlik															
DERİNİĞİ	: 35 m	MAKİNE TİPİ	: D-500			14.08.2014	15,90 m															
KOTU	: 439,00 m	SONDÖR	: Alişan EROĞLU			16.08.2014	15,10 m															
KOORDİNATLARI	X : 607 457	LOGU HAZIRLAYANLAR			İmza																	
	Y : 4 352 307	SONDAJ MÜH.	: Jeo.Müh. Levent ÇEVİK			27.02.2015	11,10 m															
Manometre Yüksekliği: 40 cm.			PROJE MÜH.	: Erman KONUKLU			29.04.2015	13,14 m														
Derinlik m.	Günlük		Basınçlı Su Deneyi	Basıncsız Su Deneyi	SPT	Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama											
	İlterleme m.	YASS				Sondaj sayı	renk ve %	Bar	1. 5 dk.			2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugason	Su kaybı lt	K cm/s	Darbe Sayısı	50 darbedeki ilerleme (cm)	Karot %	RQD %	Çatlak Sıklığı	Ayrışma
14	19.07.2014	15,05 m.																				
16																						
18																						
20	20.07.2014																					
22																						
24																						


Şekil A.13: SK-4 sondaj kuyusu 12-24 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																								
TEMEL SONDAJ LOGU																								
PROJE ADI:SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ											İL :BALIKESİR													
YERİ	: Sağ Sahil Kret			BAŞLANGIÇ TARİHİ	: 16.07.2014			Sondaj No : SK-5		Sayfa No: 1														
KONUMU	: Düşey			BİTİŞ TARİHİ	: 23.07.2014			YASS Durumu:		Tarih	Derinlik													
DERİNİĞİ	: 40 m			MAKİNE TİPİ	: D-500					14.08.2014	19,70 m													
KOTU	: 456,00 m.			SONDÖR	: Çağrı DAMDELEN					16.08.2014	20,80 m													
KOORDİNATLARI	X	: 607 489		LOGU HAZIRLAYANLAR	: Jeo.Müh. Levent ÇEVİK			İmza		27.02.2015	13,35 m													
	Y	: 4 352 325		SONDAJ MÜH.	: Erman KONUKLU					29.04.2015	13,47 m													
Manometre Yüksekliği : 40 cm.				PROJEMÜH.	: Erman KONUKLU																			
Derinlik m.	Günlük		Kuyu çapı ve kesici uç einsi	Muhafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basınçlı Su Deneyi				Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama			
	İletim m.	YASS				Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugon	Su kaybı lt	K cm/s	1. 15 c	2. 15 c	30 cm	50 darbedeki	Karot %	RQD %	Çatlak Sıklığı			Ayrışma		
2	16.07.2014		HQ Emp. Elmas Kesici	20,30 m.	Gri renkli su devirdaimi %100															0,00-40,00 m. Riyodasit-Dasit Açık gri renkli,yer yer sağlam,yer yer çatlaklı,çatlakları genellikle kalsit dolgululu,bazı çatlak ve kırklar arası kahverenkli demiroksit(hematit) dolgululu,dasit-riyodasit.1,00-1,50 m. lerde ayrışma zonu olan kahverenkli killi zon geçmiştir.				
4																								
6									2	1	3													
8									4	4	5													
10									2	3	2													
12												0,61												
14																								
16																								
18																								
20																								
22																								
24																								
26																								
28																								
30																								
32																								
34																								
36																								
38																								
40																								
42																								
44																								
46																								
48																								
50																								
52																								
54																								
56																								
58																								
60																								
62																								
64																								
66																								
68																								
70																								
72																								
74																								
76																								
78																								
80																								
82																								
84																								
86																								
88																								
90																								
92																								
94																								
96																								
98																								
100																								

Şekil A.15: SK-5 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

DSİ 25. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ-BALIKESİR																				
TEMEL SONDAJ LOGU																				
PROJE ADI: SINDIRGI YUSUFÇAM SULAMA GÖLETİ										İL : BALIKESİR										
YERİ	:	Dolusavak Enerji Kırıcı Havuzu	BAŞLANGIÇ TARİHİ	:	13.07.2014	Sondaj No : DSK-1	Sayfa No : 1													
KONUMU	:	Düşey	BİTİŞ TARİHİ	:	14.07.2014															
DERİNLİĞİ	:	15 m	MAKİNE TİPİ	:	D-500	YASS Durumu:	Tarih	Derinlik												
KOTU	:	427,00 m	SONDÖR	:	Çağrı DAMDELEN		19.07.2014	6,30 m.												
KOORDİNATLARI	X	: 607 363	LOGU HAZIRLAYANLAR			İmza	14.08.2014	6,25 m.												
	Y	: 4 352 348	SONDAJ MÜH.				Jeo.Müh. Levent ÇEVİK	27.02.2015	5,75 m.											
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 40 cm			PROJE MÜH.			Erman KONUKLU														
Derinlik m.	Günlük	İlerleme m.	YASS	Kuyu çapı ve kesici uç emsi	Mühürüz Bonusu	Sondaj suyu renk ve %	Basıncılı Su Deneyi			Basıncısız Su Deneyi		SPT			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama	
							Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugson	Su kaybı lt	K em/s	Darbe Sayısı			Karot %			RQD %
2																				
4			6,20 m.																	
6		13.07.2014																		
8																				
10																				
12																				


Şekil A.19: DSK-1 sondaj kuyusu 0-12 m (DSİ ve Sepa Müh. Müş. İnş. Tic. Ltd. Şti, 2015).

TEMEL SONDAJ LOGU																					
PROJE ADI: SINDIRGI-YUSUFÇAMI GÖLETİ											İL: BALIKESİR										
Yeri	Sol Sahil Göç Alanı			Başlangıç Tarihi	1.08.2016			Sondaj No: GSK-1		Sayfa No: 1/3											
Konumu	Düşey			Bitiş Tarihi	9.08.2015																
Derinlik	54.50 m			Makine Tipi	TSM-750																
Kotu	463.5			Sondör	Salih TOPGÜL																
Koordinat	X:	607 377			Logu Hazırlayan	Jeo. Müh. Savaş GÜL			YASS Durumu:		2.08.2016		4,30								
	Y:	4 350 653				Jeo.Müh. Deniz SOYSAL		3.08.2016			8,00										
				Kontrol Mühendisi	Jeo.Müh. Deniz SOYSAL					4.08.2016		16,00									
				Sorumlu Mühendis	Jeo.Müh. Serkan AYDIN					5.08.2016		24,50									
Derinlik m.	Günlük İlerleme m.	YASS	Kuyu çapı ve kesici uç çinsi	Muhafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basıncı Su Denevi				Basıncı Su Denevi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama
						D-ç	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugeon	Su Kaybı lt	K cm ³ /s	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	Tajma göce kg/cm ²	Karat %	RQD %	Çatlak Sıklığı		
1	1.08.2016		89 HQ Wire - Line		Girişimli, %90 sirkülasyonlu.	LASTİK TUTMADI				13dk:0.75	5,98 x 10 ⁻⁴					80	15	10-50	W3	0.00-54.50 m pembesli, açık gri renkli, kırıklı çatlaklı, kırık ve çatlaklarda yer yer kalsit dolgululu dasit-riyodasit	
2										15dk:0.75											
3						2	0	0	0	0,00											
4						4	0	0	0							100	60	10-50	W3		
5	2	43	35	78	19,17																
6	4	118	98	216						95	55	10-50	W3								
7	2	47	40	87																	
8	2.08.2016				Girişimli, %90 sirkülasyonlu.	LASTİK TUTMADI				13dk:22	3,69 x 10 ⁻⁴					95	65	10-50	W3		
9						2	80	100	180												
10						4	120	125	245	25,36											
11						2	100	105	205							80	75	3-10	W2		
12	2	769	374	1143	25,35																
13	4	246	264	510						95	62	3-10	W2								
14	6	-	-	-																	
15	4	-	-	-																	
16	2	162	146	308																	
17	2	55	18	73	4,83																
18	4	7	14	21						100	85	3-10	W2								
19	6	12	11	23																	
20	4	16	16	32																	
21	2	22	20	42																	
22	2	34	69	103	47,28																
23	4	140	160	300						82	67	3-10	W2								
24	6	460	280	740																	
25	4	205	210	415																	
26	2	170	160	330																	
27	2	1	1	2	0,18																
28	4	1	1	2																	
29	6	1	1	2					100	95	1-3	W2									
30	4	1	1	2																	
31	2	1	1	2																	
32	2	5	5	10	1,35																
33	4	8	7	15																	
34	6	13	11	24					100	98	1-3	W2									
35	4	8	6	14																	
36	2	6	5	11																	
Geçirimsiz (Lugeon)						Kaya Niteliği % RQD				Çatlak Sıklığı				Ayrışma Derecesi (W)							
c 1 Geçirimsiz						0-25 Çok Zayıf				< 1 Masif				W1 Taze (Ayrışmamış)							
1-5 Az Geçirimli						25-50 Zayıf				1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı				W2 Az Ayrışmış							
5-25 Geçirimli						50-75 Orta				3-10 Kırıklı				W3 Orta Derecede Ayrışmış							
> 25 Çok Geçirimli						75-90 İyi				10-50 Çok Çatlaklı Kırıklı				W4 Çok Ayrışmış							
						90-100 Çok İyi				> 50 Parçalanmış				W5 Tamamen Ayrışmış							

Şekil A.21: GSK-1 sondaj kuyusu 1-20 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).

TEME L SONDAJ LOGU																								
PROJE ADI: DAZKIRI-ÇİFTLİK GÖLETİ												İL: BALIKESİR												
Yeri	: Sol Sahil Göl Alanı				Başlangıç Tarihi	: 1.08.2016				Sondaj No: GSK-1		Sayfa No: 3/3												
Konumu	: Düşey				Bitiş Tarihi	: 9.08.2016				YASS Durumu:		10.08.2016	40,5											
Derinlik	: 54,50 m				Makine Tipi	: TSM-750				11.08.2016		40,65												
Kotu	: 463,5				Sondör	: SALIH TOPGÜL																		
Derinlik m.	Günlük İlerleme m.	YASS	Kuyu çapı ve kesitliç cinsi	Mühafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basınçlı Su Denciyi			Basınçlı Su Denciyi		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama				
						Bar	1. 5 dk.	2. 5 dk.	Toplam kaygı	Lugeon	Su kaybı lt	K cm/s	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	Toplama gacı kg/cm ²	Karat %	RQD %			Çatlak sıklığı	Ayrışma		
41	7.08.2016				0	120	11	11	120	0,00														
42					0	100	11	11	100															
43						0	179	15	195	0,83														
44						0	16	11	11															
45						0	35	28	63															
46	9.08.2016				0	220	536	626	12,57															
47					0	230	230	633																
48						163	126	209																
49						116	120	236																
50						65	67	132																
51					0	86	4	90																
52					0	27	17	44																
53					0	20	18	28																
54					0	23	17	40																
54,50					0	11	10	21																
					0	55	39	94																
					0	52	43	95																
					0	35	54	112																
					0	60	57	117																
					0	83	47	99																
					0	41	39	82																
					0	39	32	71																
					0	76	54	130																
					0	32	36	72																
					0	36	31	67																
					0	38	30	71																
					0	41	36	77																
					0	37	35	71																
					0	30	28	68																
					0	22	16	38																
					0	18	17	35																
					0	112	63	175																
					0	65	56	120																
					0	70	35	145																
					0	72	50	122																
					0	43	27	70																
					0	65	44	109																
					0	44	42	86																
					0	30	37	69																
					0	27	20	47																
Geçirimsizlik (Lugeon)						Kaya Niteliği % RQD						Çatlak Sıklığı				Ayrışma Derecesi (W)								
< 1 Geçirimsiz						0-25 Çok Zayıf						< 1 Masif				W1 Taze (Ayrışmamış)								
1-5 Az Geçirimli						25-50 Zayıf						1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı				W2 Az Ayrışmış								
5-25 Geçirimli						50-75 Orta						3-10 Kırıklı				W3 Orta Derecede Ayrışmış								
> 25 Çok Geçirimli						75-90 İyi						10-50 Çok Çatlaklı Kırıklı				W4 Çok Ayrışmış								
						90-100 Çok İyi						> 50 Parçalanmış				W5 Tamamen Ayrışmış								

Şekil A.23: GSK-1 sondaj kuyusu 40-54,5 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).

TEMEL SONDAJ LOGU																								
PROJE ADI : SINDIRGI-YUSUFÇAMI GÖLETİ										İL: BALIKESİR														
Yeri		: Göl Alanı Sol Sahil			Başlangıç Tarihi		: 4.08.2016			Sondaj No : GSK-2		Sayfa No: 1/3												
Konumu		: Düşey			Bitiş Tarihi		: 11.08.2015			YASS Durumu:		5.08.2016 11,5												
Derinlik		: 52 m			Makine Tipi		: TSM-750			6.08.2016		10,50												
Kotu		: 455 m			Sondaj		: Cumali AKTAŞ																	
Koordinat		X: 607 350			Logu Hazırlayan		: Ieo. M.Ş. Savaş GÜL																	
Y: 4 350 564					Kontrol Mühendisi		: Ieo.Müh. Deniz SOYSAL																	
					Sorumlu Mühendis		: Ieo.Müh. Serkan AYDIN																	
																								
Derinlik m.	Günlük İlerleme m.		YASS	Kuyu Çapı ve Kesici uç kısmı	Muhafaza Borusu	Sondaj suyu renk ve %	Basınçlı Su Denevi				Basınçsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama			
	Bar	1. 5 dk.					2. 5 dk.	Toplam kuyu	Lugeon	Su kaybı lt	K cm/s	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	Toplam 150x150 cm	Karot %	RQD %	Çatlak Sıklığı	Ayrışma					
1	4.08.2016			89 HQ Wire - Line		Gri renkli, %90 sirküsyonlu.	LASTİK TUTMADI				15dk:0.5	3,99 x 10 ⁻¹					15	0	>50	W5	0.00-52.00 m pembemsi, açık gri renkli, kırıklı çatlaklı, kırık ve çatlaklarda yer yer kalsit dolgulı dasit-riyodasit			
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10	5.08.2016																							
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16	6.08.2016																							
17																								
18																								
19																								
20																								
Geçirimsizlik (Lugeon)							Kaya Niteliği % RQD				Çatlak Sıklığı			Ayrışma Derecesi (W)										
< 1 Geçirimsiz							0-25 Çok Zayıf				< 1 Masif			W1 Taze (Ayrışmamış)										
1-5 Az Geçirimli							25-50 Zayıf				1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı			W2 Az Ayrışmış										
5-25 Geçirimli							50-75 Orta				3-10 Kırıklı			W3 Orta Derecede Ayrışmış										
> 25 Çok Geçirimli							75-90 İyi				10-50 Çok Çatlaklı Kırıklı			W4 Çok Ayrışmış										
							90-100 Çok İyi				> 50 Parçalanmış			W5 Tamamen Ayrışmış										

Şekil A.24: GSK-2 sondaj kuyusu 0-20 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).

TEMEL SONDAJ LOGU																				
PROJE ADI: SINDIRGI-YUSUFÇAMI GOLETİ										İL: BALIKESİR										
Yeri	: Göl Alanı Sol Sahil			Başlangıç Tarihi	: 4.08.2016			Sondaj No: GSK-2		Sayfa No: 1/3										
Konumu	: Düşey			Bitiş Tarihi	: 11.08.2015			YASS Durumu:		10.08.2016	21,40									
Derinlik	: 52 m			Makine Tipi	: TSM-750					11.08.2016	22,00									
Kotu	: 455 m			Sondör	: Cumali AKTAŞ															
Derinlik m.	Günlük İlerleme m.		YASS	Kuyu çapı ve kesici uç çinsi	Muhafaza Borusu	Sondaj sıvı renk ve %	Basınçlı Su Demeyi		Basınçlı Su Demeyi		SPT			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama	
	Bar	1. 5 dk.					2. 5 dk.	Toplam kayıp	Lugeon	Su kaybı lt	K cm ³ /s	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	Tezgaire göçü kg/cm ²	Karat %	RQD %			Çatlak sıklığı
41	10.08.2016			89 HQL Wire - Line		Gri renkli, %90 sirkülasyonlu.	2	2	3	4	5	0							0.00-52.00 m pembeşil, açık gri renkli, kırıklı çatlaklı, kırık ve çatlaklarda yer yer kalsit dolgulu dastiriyodasit	
42							4	4	4	4	4	4	4	4	100	88	3-10	W2		
43							4	4	4	4	4	4	4	4	100	92	3-10	W3		
44							4	4	4	4	4	4	4	4	100	85	3-10	W3		
45							4	4	4	4	4	4	4	4	100	90	3-10	W2		
46							4	4	4	4	4	4	4	4	100	65	10-50	W3		
47							4	4	4	4	4	4	4	4	100	83	3-10	W3		
48							4	4	4	4	4	4	4	4						
49							4	4	4	4	4	4	4	4						
50							4	4	4	4	4	4	4	4						
51	11.08.2016						4	4	4	4	4	4	4	4						
52							4	4	4	4	4	4	4	4						
Geçirimsizlik (Lugeon)							Kaya Niteliği % RQD					Çatlak Sıklığı			Ayrışma Derecesi (W)					
< 1 Geçirimsiz							0-25 Çok Zayıf					< 1 Masif			W1 Taze (Ayrışmamış)					
1-5 Az Geçirimli							25-50 Zayıf					1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı			W2 Az Ayrışmış					
5-25 Geçirimli							50-75 Orta					3-10 Kırıklı			W3 Orta Derecede Ayrışmış					
> 25 Çok Geçirimli							75-90 İyi					10-50 Çok Çatlaklı Kırıklı			W4 Çok Ayrışmış					
							90-100 Çok İyi					> 50 Parçalanmış			W5 Tamamen Ayrışmış					

Şekil A.26: GSK-2 sondaj kuyusu 40-52 m (DSİ ve Setsu Müh. İnş. Ltd. Şti., 2017).