ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÖPRÜBAŞI BARAJI (MENGEN-BOLU)VE HES İNŞAATI MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ İNCELEMESİ

Zafer PAMUKSUZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Ali Rıza SÖĞÜT

2007, 163 Sayfa

Jüri: Dr.Ali Rıza SÖĞÜT

Yrd. Doç.Dr. Güler GÖÇMEZ

Yrd. Doç.Dr. Adnan DÖYEN

Bolu ili Mengen ilçesinde, Bolu çayı üzerinde yapımı devam etmekte olan Köprübaşı Barajı ve HES projesi, Alt-Orta Jura yaşlı, Bolu Granitoyiti formasyonuna ait Granodiyoritler üzerinde yapılmaktadır.

Baraj göl alanı ve tünel güzergahları boyunca DSİ tarafından önceden açılmış 15 adet sondaj kuyusu kayıtları incelenmiştir. Bu sondaj karotlarından alınan örnekler, kaya dayanım deneylerine tabii tutularak Terzaghi (1946) ve Bieniawski' ye (1988) göre kaya sınıflamaları yapılmıştır. Bu sınıflamalara göre 5–12 m genişlikteki tüneller için kazı ve destek sistemleri hakkında öneriler elde edilmiştir.

Baraj gövdesi kil çekirdekli dolgu niteliğindedir. Dolgu için gerekli geçirimsiz, yarı geçirimli, geçirimli ve kaya dolgu malzeme alanlarından alınan örnekler üzerinde mühendislik sınıflama deneyleri yapılmış, dolgu malzemesi için uygunluğu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bolu Çayı, Kaya dayanım deneyi, destek sistemi, kil çekirdekli dolgu

ABSTRACT

High Licence Thesis

GEOLOGY ENGINEERING EXAMINATION OF KÖPRÜBAŞI BARRAGE (MENGEN-BOLU) AND HES BUILDING

Zafer PAMUKSUZ

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geology

Supervisor: Dr.Ali Rıza SÖĞÜT

2007, 163 Page

Jury: Dr. Ali Rıza SÖĞÜT

Assistant Prof. Güler GÖÇMEZ

Assistant Prof. Adnan DÖYEN

Koprubasi Dam building and HES project, on Bolu river in Mengen district of Bolu province, is being conducted on the granodiorite of bolu granitoid formation of early and middle jura.

Records of 15 holes previously drilled by DSI along the power plant tunnel routes and on the dam lake field have been analyzed. The samples taken from the drilling cores from these holes were classified according to Terzaghi(1946) and Bieniawski(1988) by performing rock strength test. Suggestions about excavation and support systems of 5-12m wide tunnels were given according to these classifications.

Impervious Core of the dam is clay filled. Engineering classification analyses were performed on impervious, pervious, semi pervious and rock filling materials, which will be used for filling.

Key Words: Bolu River, rock strength test, support system, impervious zone.

ÖNSÖZ

"KÖPRÜBAŞI BARAJI (MENGEN-BOLU) VE HES İNŞAATI MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ İNCELEMESİ" konulu bu tez 2006–2007 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı' nda hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Ali Rıza SÖĞÜT' e özellikle teşekkür ederim.

Çalışmalarıma imkan sağlayan AKELİ-NVS-ŞAL ORTAK GİRİŞİMİ Müteahhitlik Firması Proje Müdürü Nevzat YALÇIN' a, Şantiye Şefi Hikmet GÖKOĞLU' na ve Şantiye Şef Yardımcısı Mustafa ELLİDOKUZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımla yakinen ilgilenen, yerinde açıklayıcı bilgilerinden faydalandığım DSİ Kontrol Mühendisi Jeoloji Müh. Hakan SAĞLAM' a, laboratuar çalışmalarında bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Laborant Nejdet ÇELİKTEN ve Laborant Mustafa GÜNDÜZ ve laboratuar sorumlusu Gürcan GÖZLÜ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Bu güne kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1
1.1. Coğrafi konum, Yerleşim ve Ulaşım.....1
1.2. Morfoloji.....2
1.3. Deprem Durumu 2
1.4. İklim ve Hidroloji.....5
1.5. Akım.....8
1.6. Bitki Örtüsü 11
1.7. Önceki Çalışmalar.....11
1.8. Materyal ve Metot.....16
2. GENEL JEOLOJİ 17
2.1 Stratigrafi.....18
2.1.1 Bolu Granitoyidi (Bg).....19
2.1.2 Aksudere Formasyonu (Dsa) 25
2.1.3 Kırık Formasyonu (TRpk) 26
2.1.4 Buldandere Formasyonu (TKb) 28
2.1.5 Sazlar Formasyonu (Ts).....31
2.1.6 Tokmaklar Formasyonu (Tt).....32
2.1.7 Mengen Formasyonu (Tm) 33
2.1.8 Kuvaterner Çökelleri 34
2.2 Yapısal Jeoloji.....35
2.2.1 Kıvrımlar.....36
2.2.2 Kırık ve Çatlaklar 36
2.2.3 Faylar.....36
2.2.4 Uyumsuzluklar 38
3. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ.....39
3.1 Baraj Aks Yeri Çalışmaları.....43
3.1.1 Göl Alanının Geçirimliliği.....59
3.1.2 Diğer Yapı Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi.....59
3.2 HES TÜNELLERİ 72
3.2.1 Enerji Tüneli 72
3.2.2 Kuyruksuyu Yaklaşım Tüneli 75
3.2.3 Kuyruk Suyu Tüneli 75
3.2.4 Yeraltı Kazıları İçin Kaya Sınıflamaları.....78
3.3 Köprübaşı Barajı Doğal Yapı Malzeme Sahaları.....86
3.3.1 Geçirimsiz Malzeme Alanları 86
3.3.2 Yarı Geçirimli Malzeme Alanları 124
3.3.3 Geçirimli Malzeme Alanları 129
3.3.4 Kaya Malzeme Alanları.....136
SONUÇ VE ÖNERİLER 143
KAYNAKLAR……..146

ŞEKİL, TABLO, FOTO VE EKLER LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası……..... 3
Şekil 1.2 Türkiye Diri Fay Haritası' na göre barajın yeri (MTA–1992)…… 4
Şekil 1.3 Bolu iline ait deprem bölgesi haritasına göre Köprübaşı barajının yeri……. 4
Şekil 1.4 1960–2000 yılları arasında aylık ortalama yağış değerleri……. 5
Şekil 1.5 İnceleme alanının Yağış - Buharlaşma ve Terlemenin Değişim Grafiği(40 yıllık ortalama 1960–2000 Thornthwait' e göre)…… 7
Şekil 2.1 İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)……. 21
Şekil 2.2 İnceleme alanında mostra veren Granodiyorit biriminden alınan 68 adet çatlak ölçümlerine ait gül diyagramı……. 36
Şekil 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde tip kesiti…….. 39
Şekil 3.1.1 SK–1 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 43
Şekil 3.1.2 SK–2 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 45
Şekil 3.1.3 SK–3 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 47
Şekil 3.1.4 SK–4 no' lu sondaja ait kuyu logu……. 48
Şekil 3.1.5 SK–5 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 51
Şekil 3.1.6 SK–6 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 53
Şekil 3.1.7 TSK–3 no' lu sondaja ait kuyu logu…….. 55
Şekil 3.1.8 Köprübaşı barajı alternatif gövde tipleri…….. 58
Şekil 3.1.9 Dolu savak yerinde açılan DSK–1 ve DSK–2 no' lu sondaj kuyularına ait kuyu logları…….. 61
Şekil 3.1.10 Derivasyon tüneli metrajı ve tipi kesiti……. 62
Şekil 3.1.11 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–1 no' lu sondaj ve kuyu logu…... 64
Şekil 3.1.12 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–2 no' lu sondaj ve kuyu logu…... 65
Şekil 3.1.13 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–3 no' lu sondaj ve kuyu logu…... 66
Şekil 3.1.14 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–4 no' lu sondaj ve kuyu logu…... 66
Şekil 3.1.15 Derivasyon tüneli sondaj noktaları ve jeolojik kesit…….. 67
Şekil 3.1.16 Memba batardosu yerinde açılan SK–7 no' lu sondaj ve kuyu logu……. 69
Şekil 3.1.17 Memba batardosu yerinde açılan SK–8 no' lu sondaj ve kuyu logu……. 70
Şekil 3.2.1 Köprübaşı Barajı enerji tüneli boy kesiti……. 71
Şekil 3.2.2 Enerji Tüneli metraj ve tipi…….. 72
Şekil 3.2.3 Enerji tüneli ve kuyruksuyu tüneli güzergahında açılan KSK–102 no' lu sondaj ve kuyu logu……. 73
Şekil 3.2.4 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–103 no' lu sondaj ve kuyu logu…… 75
Şekil 3.2.5 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–104 no' lu sondaj ve kuyu logu…… 76
Şekil 3.2.6 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–106 no' lu sondaj ve kuyu logu…… 76
Şekil 3.2.7 Kuyruksuyu tüneli başlangıcı civarında açılan DDV–1 sondaj ve kuyu logu. 77
Şekil 3.2.8 RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde Kullanılan Parametreler…… 80
Şekil 3.3.1 (A-1) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita…… 86
Şekil 3.3.2 (A-1) Geçirimsiz malzeme alanına ait araştırma sondajları…… 87
Şeki1 3.3.3 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 88
Şekil 3.3.4 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 89
Şekil 3.3.5 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…….. 90
Şekil 3.3.6 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan 92

araştırma çukuru yerlerini gösterir harita……
Şekil 3.3.7 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanına ait araştırma sondajları…… 93
Şekil 3.3.8 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 94
Şekil 3.3.9 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 95
Şekil 3.3.10 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…….. 97
Şekil 3.3.11 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita…… 98
Şekil 3.3.12 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 100
Şekil 3.3.13 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…… 101
Şekil 3.3.14 (I) Geçirimsiz malzeme alanı araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita…… 104
Şekil 3.3.15: (I) Geçirimsiz malzeme alanı araştırma sondajı…… 105
Şekil 3.3.16: (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 106
Şekil 3.3.17 (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 107
Şekil 3.3.18 (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…….. 108
Şekil 3.3.19 (L) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma çukuru ve örnek alınan yerlerini gösterir harita…… 111
Şekil 3.3.20 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 112
Şekil 3.3.21 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 113
Şekil 3.3.22 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 114
Şekil 3.3.23 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…….. 115
Şekil 3.3.24 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan araştırma çukuru örneği yerlerini gösterir harita…… 118
Şekil 3.3.25 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 119
Şekil 3.3.26 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları……... 120
Şekil 3.3.27 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları…….. 121
Şekil 3.3.28 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanı örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita…… 124
Şekil 3.3.29 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 125
Şekil 3.3.30 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları……. 126
Şekil 3.3.31 (G) Geçirimli malzeme alanı örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita…… 128
Şekil 3.3.32 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 130
Şekil 3.3.33 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 131

Şekil 3.3.34 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları…….. 132
Şekil 3.3.35 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeks sonuçları…….. 133
Şekil 3.3.36 (K–1) Kaya Malzeme Alanı örnek alınan araştırma sondajı yerini gösterir harita…… 135
Şekil 3.3.37 Kaya malzeme alanı araştırma sondajları…….. 136
Şekil 3.3.38 (K–2, K–3,K-5a, K-5b) Kaya Malzeme alanlarını gösterir harita……. 137

TABLOLAR

Tablo 1.1 İnceleme alanında Yağış - Buharlaşma ve Terlemenin Deneştirmeli nem Bilançosu (40 yıllık ortalama 1960–2000 Thornthwait' e göre)……. 6
Tablo 1.2 Bolu Çayı mevsimsel ortalama debi değerleri…….. 8
Tablo 1.3 Bolu Çayı, baraj yeri hidroloji karakteristikleri……. 8
Tablo 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde karakteristikleri ……. 38
Tablo 3.1.1 SK–1 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları…….. 42
Tablo 3.1.2 SK–2 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları ……. 44
Tablo 3.1.3 SK–3 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları ……. 46
Tablo 3.1.4 SK–4 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları…….. 48
Tablo 3.1.5 SK–5 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları…….. 50
Tablo 3.1.6 SK–6 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları…….. 52
Tablo 3.1.7 TSK–3 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları……... 54
Tablo 3.1.8 "Bureau of Reclamation" tarafından permeabilite değerlerine göre sınıflama……. 56
Tablo 3.2.1 Nokta yükü dayanımı indeksi deney sonuçları…….. 71
Tablo 3.2.2 Terzaghi' ye (1946) göre Kaya Yükü Sınıflama Sistemi……. 78
Tablo 3.2.3 Köprübaşı Barajı ve HES İnşaatı tünellerinin Terzaghi' ye (1946) göre sınıflaması……... 79
Tablo 3.2.4 Beniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi…… 80
Tablo 3.2.5 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde Tünelde süreksizlik eğim ve eğim yönünün etkisi Parametresi…….. 81
Tablo 3.2.6 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde süreksizlik yönelimine göre düzeltme parametresi……. 81
Tablo 3.2.7 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde kaya sınıflaması ve puanlama parametresi……. 81
Tablo 3.2.8 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde kaya sınıflarının anlamı……... 82
Tablo 3.2.9 Bieniawski (1988) Kaya sınıflaması (RMR)' na göre Köprübaşı Barajı ve Hes Projesinin 5–12 m genişlikteki tünelleri için kazı ve iksa sistemleri….. 82
Tablo 3.2.10 Köprübaşı Barajı yeraltı kazılarının Bieniawski' ye (1988) göre RMR sınıflaması…….. 83
Tablo 3.3.1 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……... 91
Tablo 3.3.2 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları …….. 97
Tablo 3.3.3 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları…….. 102
Tablo 3.3.4 (I) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……. 109
Tablo 3.3.5 (L) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları…… 116
Tablo 3.3.6 (M) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……... 122
Tablo 3.3.7 (F) Yarı geçirimli malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……... 127
Tablo 3.3.8 (G) Geçirimli malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……. 134
Tablo 3.3.9 Kaya malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları……... 140
Tablo 3.3.10 Sınıflandırılmış Toprak Zeminlerin Kullanılabilme Özelliklerini gösterir tablo…….. 141

Tablo 3.3.11 Köprübaşı barajı doğal malzeme alanlarının karşılaştırılması……. 142

FOTOĞRAFLAR

Foto 1.1 Bolu Çayı normal yağışlardaki akış görünümü (Ocak–2006)…… 9
Foto 1.2 Bolu Çayı'nın yoğun yağışlardaki akış görünümü (Şubat–2004)…….. 9
Foto 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde yeri……. 39
Foto 3.2 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde dolgusu…… 40
Foto 3.3 Köprübaşı barajı göl alanının memba tarafından görünümü……... 40
Foto 3.4 Köprübaşı Barajı-Gökçesu yolu yol yarmasında gözlenen aplit daykından bir görünüm……. 41
Foto 3.5 Dolusavak 1. kademe kazısının tamamlanmış görünümü (Ekim–2007)……. 60
Foto 3.6 Derivasyon tüneli Girişinden bir görüntü…… 63
Foto 3.7 Derivasyon tüneli çıkışından bir görüntü……..... 63

EKLER

EK–1:İnceleme alanının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası
EK–2:Baraj yeri 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası
EK–3:Baraj yeri 1/25.000 ölçekli jeolojik kesitleri
EK–4: Baraj gölalanı 1/5.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası
EK–5: Baraj dolgu malzeme alanları 1/50.000 ölçekli haritası
EK–6: Köprübaşı barajı aks yeri sondaj noktaları
EK–7: Köprübaşı barajı genel yerleşim planı

DİZİN

Atm	:	Atmosfer Basıncı
b	:	Vadi Taban Genişliği (m)
B	:	Tünel Genişliği (m)
C	:	Kohezyon (kg/cm^2)
Cu	:	Konsolidasyon Katsayısı (cm^2/sn)
DSİ	:	Devlet Su İşleri
e	:	Boşluk Oranı
Etpc	:	Buharlaşma-Terleme
h	:	Baraj Gövde Yüksekliği (m)
HES	:	Hidro Elektrik Santrali
Hp	:	Kaya Yükü (m)
Ht	:	Tünel Yüksekliği (m)
Is	:	Nokta Dayanım İndeksi (MN/m^2)
k	:	Vadi Şekli Faktörü
K	:	Permeabilite (cm/sn)
KAF	:	Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	:	Kuzey Anadolu Fay Zonu
LL	:	Likit Limit
Lu	:	Lugeon (Lt/m/dak)
n	:	Porozite (%)
Φ	:	İçsel Sürtünme Açısı
P	:	Yenilme Yükü (KN)
PI	:	Plastisite İndisi
PL	:	Plastik Limit
P-mm	:	Yağış Miktarı (mm)
γ max	:	Kompaksiyon (t/m^3)
qu	:	(kg/cm^2)
RCC	:	Beton Gövde Tipi Baraj
RMR	:	Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi
RQD	:	Kaya Kalite Göstergesi
SPT	:	Standart Penetrasyon Testi
TCR	:	Toplam Karot Verimi
U1,U2	:	Vadi Yamaçlarının Düşey Ile Yaptığı Açı (°)
W opt.	:	Optimum Su Muhtevası (%)
YAS	:	Yer Altı Su Seviyesi

1 GİRİŞ

Bu çalışmada yapımı devam eden Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı sahasının jeolojisinin aydınlatılması, baraj aks yerinin ve göl alanının mühendislik jeolojisi özellikleri, gövde dolgu yapımında kullanılan malzemelerin (kil, kum-çakıl, kaya) laboratuvar deneyleri sonucunda fiziksel özelliklerinin saptanması ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Enerji üretimi amacıyla açılan ve açılacak tüneller, Derivasyon Tüneli (410 m.), Enerji Tüneli (243.50 m), Yaklaşım Tüneli (1134 m), Kuyruksuyu Tüneli (4717 m) olmak üzere toplam 6504,5 m' dir. Tünel inşaatı 2002 yılında başlamış olup, tez çalışması başlamadan tünelin bir kısmı açılmış durumdadır. Bu çalışmada amaç, tünelin geçtiği kayaçların; jeoteknik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Bu işlemlerden yola çıkılarak Terzaghi (1946) ve Bieniawski' ye (1988) göre kaya sınıflaması ve birincil destek (iksa) önerilerinin, bu sınıflamaya uygun olarak verilmesidir. Bu nedenle tez çalışması arazi ve laboratuvar incelemeleri şeklinde yürütülmüştür.

Arazi çalışmaları, baraj yeri ve enerji tüneli güzergahlarında genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritalarının yapılması, gövde dolgusu için kullanılacak malzemelerin alındığı malzeme ocaklarından numuneler alınması ve tünel istikametinde izlenen kayaçların yapısal ve jeoteknik özelliklerinin yerinde belirlenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar çalışmaları ise, dolgu malzeme ocaklarından ve tünel güzergahından alınan numuneler deneylere tabi tutularak, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

1.1 Coğrafi konum, Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanı, 40°-42° Kuzey enlemleri 32°-33° Doğu boylamları arasında kalmaktadır. Köprübaşı barajı, Bolu ili Mengen ilçesi sınırları içerisinde yer

almaktadır. Mengen ilçesinin 18 km kuzeybatısında, Devrek ilçesinin ise 25 km güneybatısında yer alan Köprübaşı köyü içinden geçen Bolu Çayı üzerine kurulmuştur (Şekil 1.1). Baraj yerine Mengen-Gökçesu ve Devrek vadisini takip eden yol ile ulaşılmaktadır. Baraj yerine diğer bir ulaşım yolu ise Mengen ilçesinden Yazıcık (Dirgine) Köyü-Yedigöller yoluyla sağlanabilir. Bu yol Yazıcık Köyü' nden sonra Köprübaşı Köyü' ne kadar stabilize yoldur. Köprübaşı baraj alanında Yazıcık (Dirgine), Köprübaşı ve Kayabükü köyleri ve Öteyaka, Okyay, Yellicedemirciler ve Kesebükü mahalleleri bulunmaktadır (EK–2).

1.2 Morfoloji

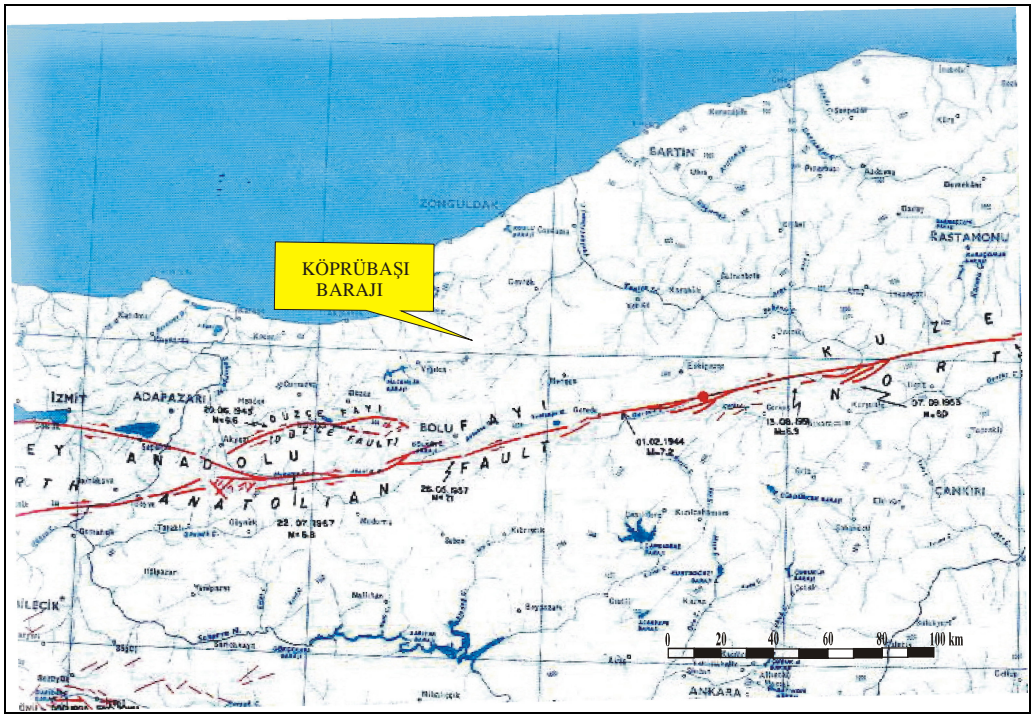
Baraj alanı ve çevresinde yükseltiler güneyden kuzeye doğru gidildikçe azalmaktadır. Alanın güneybatısında kuzey-güney uzanımlı KESEDAĞ bulunmaktadır. Kuzeye doğru gidildikçe Kırıl Tepe (510 m.), Kese Tepe (556 m), Kahramandede Tepe (497 m) yükseltileri bulunmaktadır (EK–1).

1.3 Deprem Durumu

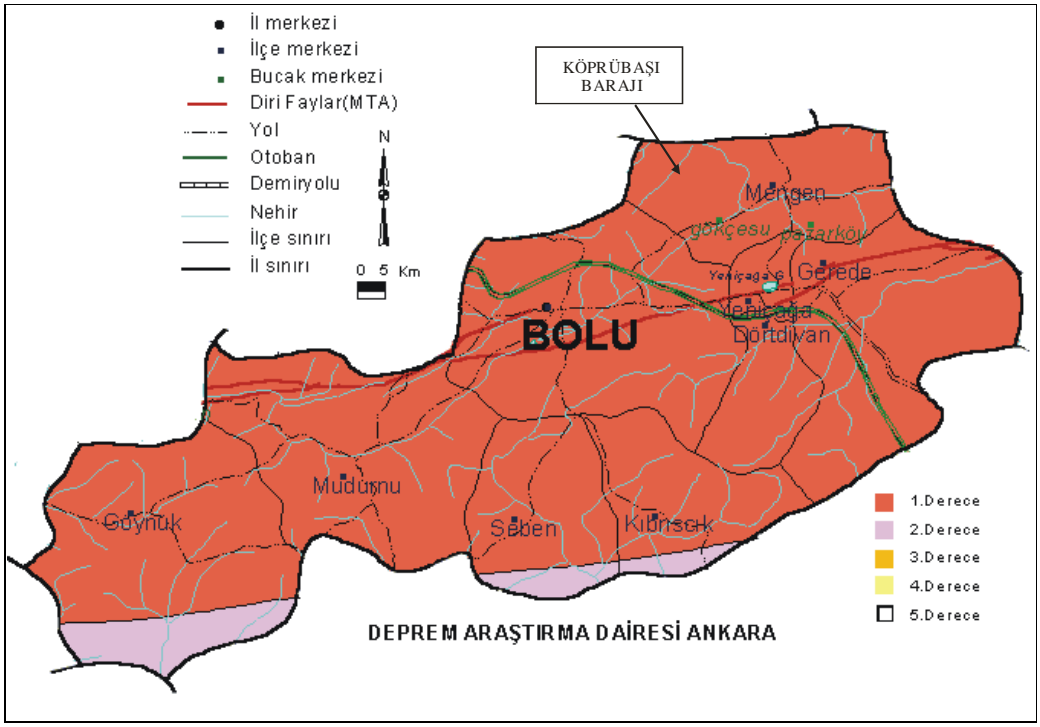
Barajlar, depremlere karşı dayanıklı mühendislik yapıları olarak projelendirilmektedir. Yine de emniyeti tam anlamı ile sağlamak açısından baraj sahasının depremselliği önem arz etmektedir. Köprübaşı Barajı yeri Kuzey Anadolu Fay Zonu' na (KAFZ) 25 km, Kuzey Anadolu Fayı' nın ikincil kolu olan ve 12 Kasım 1999 Düzce depreminde aktif olduğu anlaşılan Mengen Fayı' na 12 km kadar uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 1.2).

Köprübaşı Barajı İmar ve İskan Bakanlığının Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesinin hazırladığı "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" verilerine göre 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1.3).

Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası



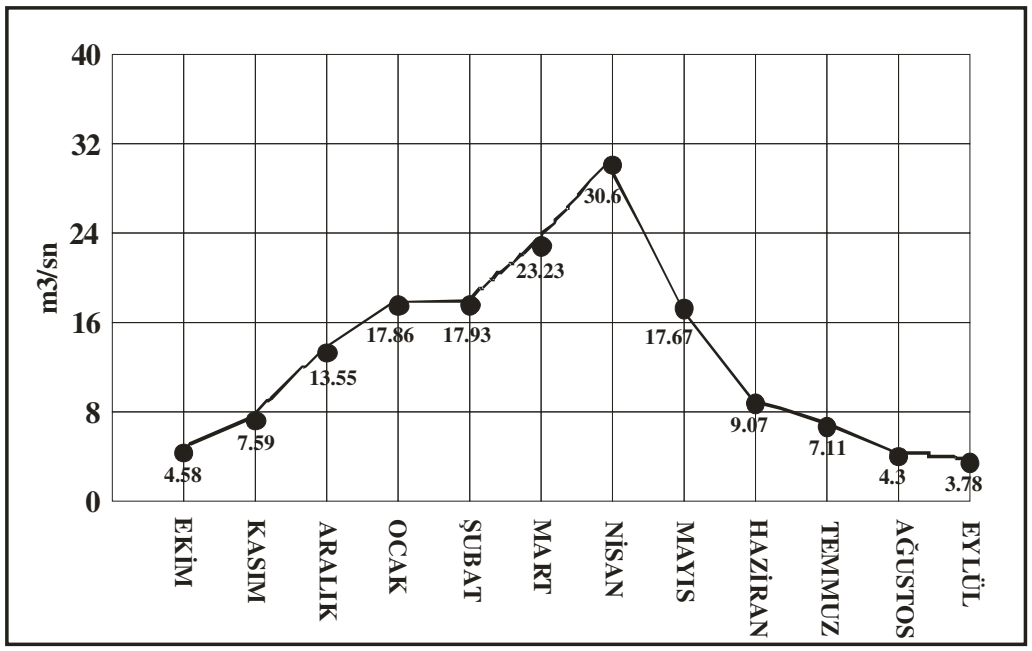
Şekil 1.2 Türkiye Diri Fay Haritası' na göre barajın yeri (MTA–1992)



Şekil 1.3 Bolu İline ait deprem bölgesi haritasına göre Köprübaşı barajının yeri

1.4 İklim ve Hidroloji

Çalışma alanının iklimi tipik Karadeniz ikliminin özelliklerini taşımaktadır. Bölgede kış ayları soğuk ve kar yağışlı, yaz ayları sıcak olmakla birlikte yağış görülmektedir. İnceleme alanının yakınında bulunan Devrek-Akçabey yağış ölçüm istasyonu verilerine göre bölgede en fazla yağış Mart ve Nisan aylarında görülmekte iken en az yağış miktarı ise Ağustos ve Eylül aylarında ölçülmüştür (Şekil 1.4).



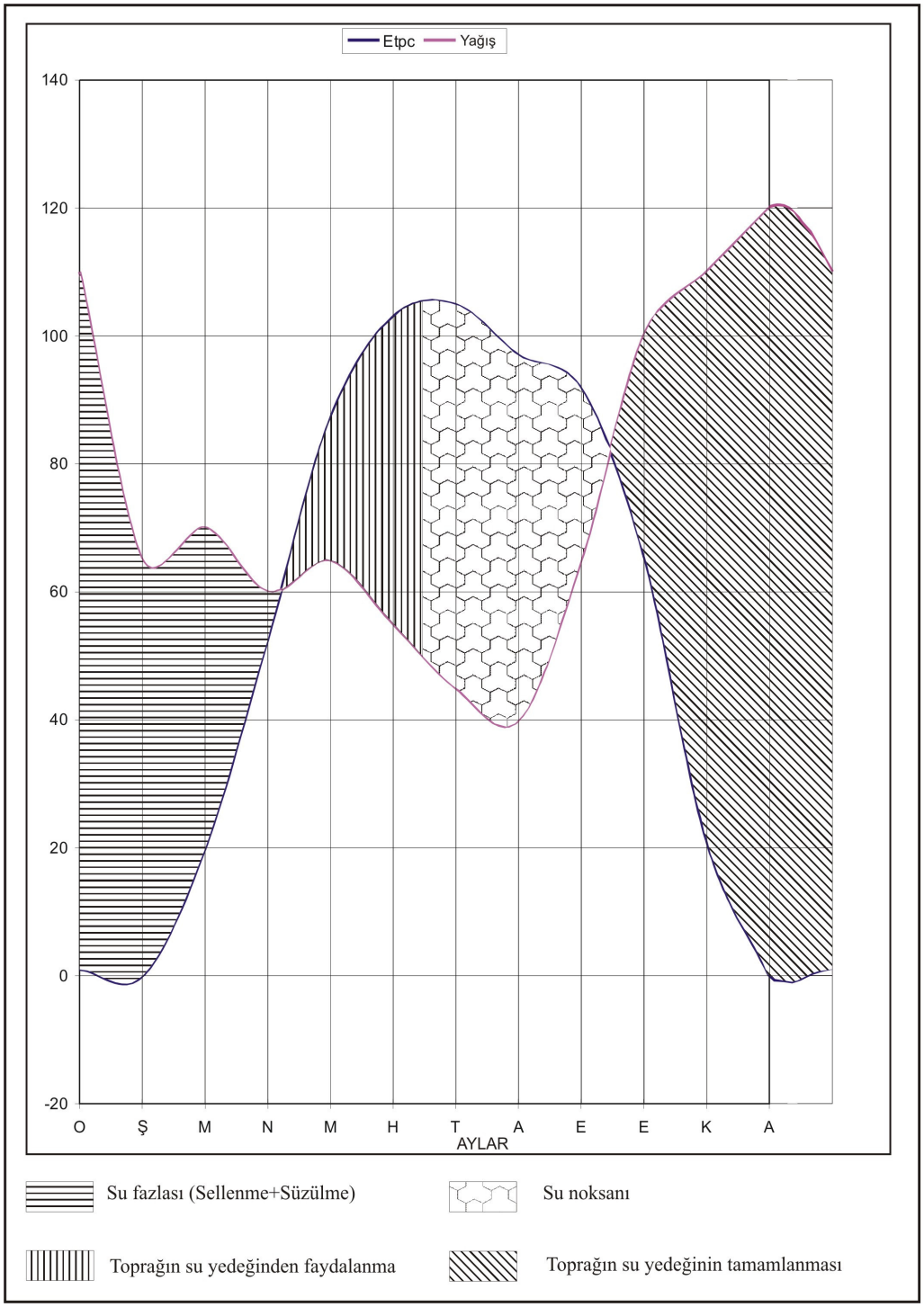
Şekil 1.4 1960–2000 yılları arasında aylık ortalama yağış değerleri

İnceleme alanında yağış, sıcaklık ve bunlara bağlı olarak buharlaşma olayları Thorntwaite (1948) tarafından verilen bağıntılar yardımıyla incelenmiştir.

Thorntwaite (1948) yöntemine göre aylık buharlaşma-terleme ilişkisi incelenmiş, havzanın nem bilanço tablosu ve değişim grafiği çizilmiştir (Tablo 1.1, Şekil 1.5). Bilanço hazırlanırken faydalı su yedeği ocak ayında 100 mm, enlem düzeltme katsayısı ise inceleme alanının enlemi olan 41° 'ye göre alınmıştır. Hazırlanan nem bilançosu tablo ve grafiğine göre Ocak ayından Nisan ayına kadar buharlaşmadan fazla olan yağışın toprakta su fazlası oluşturduğu, Nisan ayından Temmuz ayına kadar buharlaşmanın yağıştan fazla olması sebebiyle faydalı su

Tablo 1.1 İnceleme alanında Yağış - Buharlaşma ve Terlemenin Deneştirmeli nem Bilançosu (40 yıllık ortalama 1960–2000 Thornthwait' e göre)

AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	TOPLAM
Aylık sıcaklık ortalaması (°C)	0,5	-0,24	5,1	10,9	15,1	17,3	17,45	17,25	18,45	14,9	6,5	-1,25	
Sıcaklık İndisi (I)	0,031	0	1,03	3,254	5,33	6,549	6,635	6,52	7,219	5,224	1,488	0	43,28
Potansiyel Buharlaşma – Terleme - Etp (mm)	1,262	0	19,41	47,45	69,64	81,73	82,57	81,46	88,17	68,56	25,82	0	
Enlem Düzeltme Katsayısı	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Düzeltilmiş Buharlaşma – Terleme - Etpc (mm)	1,047	0	19,99	52,67	87,05	103	104,9	96,93	91,69	65,82	21,18	0	644,23
Yağış (mm)	110	65	70	60	65	55	45	40	65	100	110	120	905,00
Faydalı Su Yedeği	100	100	100	100	77,95	29,95	0	0	0	62,2	99,1	100	
Gerçek Buharlaşma – Terleme - Etr (mm)	1,047	0	19,99	52,67	87,05	103	45	40	65	65,82	21,18	0	
Su Fazlası (mm)	109	65	50,01	7,33	0	0	0	0	0	0	0	0	231,34
Su Noksanı (mm)	0	0	0	0	0	41,63	28,46	56,93	26,69	-34,2	0	0	119,53
Not: Faydalı su yedeği Ocak ayında 100 mm alınmıştır.													



Şekil 1.5 İnceleme alanının Yağış - Buharlaşma ve Terlemenin Değişim Grafiği (40 yıllık ortalama 1960–2000 Thornthwait' e göre)

yedeğinin kullanıldığı, Temmuz ayından Ekim ayına kadar su noksanı oluştuğu, Ekim ayından itibaren Aralık ayına kadar ise yağışların artması ve sıcaklıkların düşmesi sonucunda faydalı su rezervinin tamamlanmaya başladığı tespit edilmiştir.

1.5 Akım

İnceleme alanı içerisinden geçen Bolu çayı ve diğer akarsular genelde Filyos havzasında olup Kuzeye doğru akışlıdırlar. Sahanın güneyindeki Cam Dere ve Cüce Dere, Bolu Çayı' nı baraj göl alanı içerisinde beslemektedir. Kozdere, Çaldere, Uludere ve Kocalar Dere ise Bolu Çayı' nı daha kuzeyde beslemektedirler.

Üzerine baraj inşa edilen Bolu Çayı' nın yağış alanı 1994,00 km^2 dir. Bolu çayının ortalama debisi 26,325 m^3/sn dir. Yıllık Toplam Akımı ise 871,700 hm^3/yıl olarak ölçülmüştür. Ortalama debisi yağışlara bağlı olarak ilkbahar ve kış aylarında atmakta, sonbahar ve yaz aylarında ise azalmaktadır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2 Bolu Çayı mevsimsel ortalama debi değerleri

AKARSU ADI	Ortalama Debisi (m^3/sn)	Yıllık Toplam Akım (hm^3/yıl)	Mevsimlere Göre Ortalama Debiler (m^3/sn)			
			İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Bolu Çayı	26,325	871,700	33,300	7,190	11,490	29,060

Baraj yerinde ölçülen değerler ise; yıllık ortalama akım 446,42x10^6 hm^3/yıl, Kadastrofal feyezan piki 2463 m^3/sn, Derivasyon feyezan piki Q_{25} = 371 m^3/sn, Çekilen su miktarı 338,0x10^6 m^3 ve Regülasyon oranı % 70 olarak bulunmuştur (Tablo 1.3).

İklim ve yağış durumuna bağlı olarak Bolu çayı akış hızı bahar aylarında artmakta ve yağışların bol olduğu dönemlerde taşkınlara sebep olabilmektedir (Foto 1.1 ve Foto 1.2).

Tablo1.3 Bolu Çayı, baraj yeri hidroloji karakteristikleri

Yağış Alanı	1994.00 km^2
Yıllık Ortalama Akım	446.42x10^6 hm^3/yıl
Kadastrofal Feyezan Piki	2463 m^3/sn
Derivasyon Feyezan Piki	Q_{25}= 371 m^3/sn
Çekilen su	338.0x10^6 m^3
Regülasyon Oranı	%70

Foto 1.1 Bolu Çayı normal yağışlardaki akış görünümü (Ocak–2006)

Foto 1.2 Bolu Çayı'nın yoğun yağışlardaki akış görünümü (Şubat–2004)

1.6 Bitki Örtüsü

İnceleme alanında yoğun bitki örtüsüyle karşılaşılmaktadır. Özellikle yüksek tepelerde çam, meşe ve kayın gibi orman ağaçları ile kaplı alanlar bulunmaktadır. Kuzeye doğru gidildikçe ormanlar yerini ekili-dikili arazilere bırakmaktadır. Toprak örtü kalınlığının fazla olması sahada jeolojik araştırmaları zorlaştırmaktadır.

1.7 Önceki Çalışmalar

Bölgede değişik alanlarda yapılmış çok sayıda çalışmalar vardır. Bu çalışmalar içinde yalnızca Blumenthal' de (1948) bölgesel anlamda ayrıntılı jeolojik bilgiler yer almakta, diğer çalışmalar genellikle 1/25.000 ölçekli paftalarla belirlenen sınırlı alanlara ait bilgiler içermektedir.

İnceleme alanı ve çevresinde yapılan başlıca çalışmaları şöyle sıralayabiliriz;

Blumenthal (1948), Bolu bölgesinin stratigrafik ve tektonik genel durumunu özetlemiş ve bölge jeolojisini bölümler halinde ele alarak açıklamıştır. Sonraki araştırmalar için tam anlamıyla bir temel inceleme özelliği taşıyan bu çalışma "Bolu Masifi", "Mesozoyik-Tersiyer flişi", "Karışık Tektonik Fasiyesli Seri" diye adlanan üniteler halinde bölgede yüzeyleyen kayaçları ve istifleri tanımlandırmaktadır. Ünitelerin bu şekilde anlamlı olarak ayırt edilmesi ve başlıca özellikleriyle tanımlanması, çalışmanın bütünüyle değerini ortaya koymaktadır. Bu incelemede, Bolu Masifinin çekirdeğinde farklı yaşta iki ayrı asidik magma sokulumunu temsil eden granitik kayaçların varlığının tespit edilmesi önemli bir sonuçtur.

Tokay (1973), Kuzey Anadolu Fay zonunun Gerede-Ilgaz arasındaki 150 km lik bölümünün 10–17 km genişliğindeki şerit içerisinde jeolojik haritalamasını yaparak sismoteknik yorumlara gitmiştir. Araştırıcı KAF' ın geçtiği zonu bir rift yapısı olarak tanımlamaktadır. Fay zonunun riftine karşılık gelen, Ulusu Fayı ve bazı Gerede fayları ile sınırlanmış bir merkez kuşağı, güneyde Çerkeş ve benzeri fayların katıldığı bir güney as kuşağı, kuzeyde bazı Gerede fayları ile başka fayların yer aldığı kuzey as kuşağının varlığını savunmaktadır. Tokay bu çalışmasında riftin kuzeyinde kuzeye eğik, güneyinde ise güneye eğik bindirme faylarının bulunduğunu, bu bindirmelerin yer yer normal fay karakterine dönüştüğünü belirtmektedir. Araştırmacıya göre bölgede renkli melanj olarak ayırtlabilen bir birim bulunmaktadır. Bu birimin halen işgal ettiği yerin Jura ortasından itibaren iki blok arasında bir derin deniz çukurluğu şeklinde olduğu, kuzey ve güneydeki blokların birbirine yaklaşması sonucunda olistolit ve olistostromal yapıların meydana geldiğini ileri sürmektedir. Karadeniz açılmasının bu olaylara bağlı olduğunu belirten Tokay, Arkotdağı Melanjı olarak adlandırdığı birimde blokların bulunduğunu ve yaşının Turoniyen-Paleosen olduğunu söylemektedir. Bölgede, Üst Kretase' den sonra Eosen' de ve daha sonra Alt-Orta Pliyosen' de şiddetli sıkışmaların meydana geldiğini belirten Tokay (1973), KAF' ın bu olaylardan sonra ortaya çıktığını ileri sürmektedir. Bu çalışmada KAF için toplam atım 60–80 km olarak verilmiştir.

Canik (1980), Bolu kuzeyinde yaptığı çalışmasında, inceleme alanında temeli oluşturan metamorfik şistler ile mermerlerin Prekambriyen yaşta olabileceğini belirtmiş; Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer istiflerini litostratigrafik birimler olarak ayırtlamıştır.

Görmüş (1982), Bolu kuzeybatısında, Yığılca çevresinde 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alımı ve stratigrafik inceleme ağırlıklı yaptığı doktora çalışmasında, Bolu masifinin temel metamorfik ve magmatik kayaçlar üzerinde yer alan tortul-volkanik istifleri, litostratigrafik birimler halinde ayrıntılı olarak tanımlamıştır.

Kaya ve Dizer (1982a), Mengen Eosen kömür havzasının stratigrafisini oluşturmuş, Eosen tortul istifini formasyonlara bölerek stratigrafik ve tektonik özellikleriyle tanımlamıştır.

Serdar ve Demir (1983), Bolu, Mengen, Devrek dolaylarının jeolojisini ve petrol olanaklarını araştırmış ve Prekambriyen' den Tersiyer' e kadar ayırdıkları birimleri tanımlamışlardır.

Aktimur ve diğ. 'nin (1983) "Bolu ve yakın çevresinin yerbilim sorunları ve muhtemel çözümleri" adlı çalışmalarında, Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaç türlerini ayırtlayarak haritalamış ve tanımlamıştır.

Öztürk ve diğ. (1984), Abant-Yeniçağa yöresinin stratigrafisini, KAF' ın kuzey ve güneyinde yer alan bölgelerin ayrı ayrı özelliklerini ortaya çıkararak çalışmışlardır. Araştırıcılar makalelerinde KAF' ın kuzey ve güneyinde yer alan otokton birimleri anlatmalarına karşılık allokton olarak düşündükleri Arkotdağı karmaşığını tek bir birim halinde değerlendirmişlerdir. Bu araştırmaya göre KAF' ın kuzey kesiminde tabanı metamorfik olup üste doğru metamorfizması azalan Alt Paleozoyik paketi bulunmaktadır. Uyumsuz olarak yer alan Kretase-Eosen yaşlı birimler aynı şekilde açısal uyumsuzlukla Pliyosen yaşlı karasal kırıntılılar tarafından örtülmektedir. Öztür ve diğ. ' nin (1984) araştırmalarında vurguladıkları önemli bir

nokta, Arkotdağı karmaşığının değişik ortam ve çökelde oluşmuş, farklı yaş ve litofasiyes özelliğine sahip kayaçlardan meydana geldiğidir. Arkotdağı karmaşığının içinde ofiyolitik türde kayaçlarında olduğunu, tüm bu kayaların birbirleriyle tektonik olarak karışması ile meydana geldiğini ve Paleosen yaşlı formasyonlar tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü açıklamışlardır

Cerit (1984; 1985) KAF' ın kuzeyine yer alan Mengen yöresinde incelemeler yapmıştır. İki makale halinde yayınladığı bu çalışmasında yörenin stratigrafisini ortaya koymuştur. Devoniyen öncesinde, metamorfik ve plütonik kayaçların var olduğunu ve bu kayaçların kataklastik deformasyon özellikleri taşıdığını belirtmiştir. Ağalar kataklastikleri adı altında topladığı Paleozoyik yaşlı birimlerde izlediği Kataklastik deformasyon evrelerini Maastrihtiyen ve Preaboniyen olarak yaşlandırmıştır.

Aydın ve diğ. (1987), Çamdağ-Sünnicedağ arasındaki geniş bir alanın jeolojisini incelemişlerdir. Çalışma alanında Prekambriyen' den Senozoyik sonuna kadar yaşları olan stratigrafik dizilimi ortaya koymuşlardır. Bu araştırmacılara göre yörede Paleozoyik' te iki çökelme dönemi bulunmaktadır. Birincisi Kambriyen' den başlayıp Siluriyen başındaki regresyonla bitmekte, diğeri ise Siluriyen' de transgresyon ile başlayıp Karbonifer sonunda regresyonla bitmektedir.

Yergök ve diğ. (1987), Bolu Masifinin bir bölümünü de içine alan, masifin kuzeyindeki bir alanda yaptıkları çalışmalarda 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alımıyla ayrıntılı stratigrafik incelemeler sonucu, ayırt edilen litostratigrafik birimlerin ayrıntılı tanımlarını ve bölgesel korelasyonlarını ortaya koymuşlardır.

Erendil ve diğ. (1991), çalışma alanında içine alan bölgeyi incelemişlerdir. Bolu Masifi ve çevresinin jeolojisini ortaya koymak amacıyla yapılan bu çalışmada, bölgede mostra veren kaya topluluklarını mağmatik çekirdek kayaları, Paleozoyik çökel istif ve Örtü kayaları olarak ayırmışlardır. Masifin çekirdeğini oluşturan granitik kayaçlar Ordovisiyen öncesi ve Devoniyen sonrası olmak üzere iki

evrelidirler. Erendil ve diğ. ' ne (1991) göre, Bolu Masifi çevresinde en yaşlı çökeller karasal fasiyeste başlayıp denizel fasiyese dönüşen Üst Ordovisiyen-Üst Devoniyen yaşlı olanlardır. Bölgede, Permo-Triyas yaşlı karasal özellikte kırıntılıların varlığını belirten araştırıcılar yörenin hakim tektonik yapılarının Üst Kretase-Eosen zaman aralığında oluştuğunu belirtmektedirler. Bolu masifinde, Paleozoyik yaşlı birimlerden olan Kocadere formasyonu, çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşur, morumsu gri renkli ve genellikle masif görünüşlüdür. 500–600 m kalınlığında olan bu birim alüvyon yelpazesi çökelleridir. Aksudere formasyonu ise fillit, şeyl, rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Aksudere formasyonu 1500–2000 m kalınlıkta olup, platform-lagün-resif, resif yamacında gelişmiş sığ denizel fasiyestedir. Bölgede mostra veren Kırkdoruk formasyonu ise siyahımsı-gri renkli dolomitik kireçtaşları ve dolomitlerden oluşmaktadır. Resif ve resif gerisi platform ürünü olan Kırkdoruk formasyonu fosillidir ve olasılıkla yaşı Orta-Üst Devoniyen' dir. Bu çalışmada, Permo-Triyas yaşlı karasal ve kırmızı renkli kırıntılılar Kınık formasyonu olarak haritalanmıştır.

Demirtaş (2000), "Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Abant-Gerede Arasında Kalan Bölümünün Neotektonik Özellikleri Ve Paleosismisitesi" adlı doktora çalışmasında KAFZ' nun her iki tarafında mostra veren birimlerin birbirinin karşılığı olabileceğini düşünerek dokanakları karşılaştırmış ve KAFZ' nun toplam atım miktarı ile yaşını ortaya çıkarmıştır. Bolu civarında, Pliyo-Kuvaterner yaşlı (?) alt-seki çökelleri 8,5 km ve Arkotdağı Karmaşığı' na ait birimler ise 25–30 km sağ yönde ötelendiğini hesaplamıştır. Gerede segmentinin ortalama yılık kayma hızı 1.27 cm olarak öngörüldüğünde; alt seki çökellerindeki 8.5 km' lik sağ yanal atım, 670.000 yılda (Alt Pleyistosen) gelişebileceğini belirtmiştir. Ayrıca, bu kayma hızıyla Arkotdağı Karmaşığı' na ait birimlerinin dokanakları arasındaki 25–30 km' lik sağ yanal yer değiştirmenin ise 1.97 – 2.36 milyon yıllık (Geç Pliyosen) bir sürede meydana gelebileceği saptamıştır. Bu durumda, bölgede KAFZ' nun başlangıç yaşı, Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen olarak kabul edilebileceğini ileri sürmüştür.

Bu çalışmada Bolu havzasının son iki tektonik evrede (Alt-Orta Eosen ve Neotektonik dönem) bir hybrid (melez) havza olarak oluştuğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, Abant Gölü-Gölköy batısı-Mengen-Eskipazar arasında uzanan Bolu Mengen

Fayı, KAFZ' nun oluşumundan sonra 25–30 km' lik yatay atım sonucu Bolu doğusu, Çaydurt-Mengen arasında bir yere, yer değiştirdiği düşünülmektedir. Bolu-Mengen Fayı ile KAFZ' nun ana fay izi sıkışma kesişmesi yapacak şekilde birleşmişlerdir. Neotektonik dönemde, Bolu-Mengen fayının ana fay ile birlikte hareket etmesi ile Bolu havzasının açılması tamamlanmıştır. Bolu-Mengen Fayı' nda 9 km, ana faydaki 25–30 km' lik sağ yönlü yatay atım Bolu Havzası' nın şekillenmesinde ve Yeniçağa gölünün açılmasında önemli rol oynamışlardır.

Diğer yandan, Bolu-Mengen Fayı GD' su ile Yeniçağa Gölü arasında kalan bölgenin gerilme ve Bolu-Mengen Fayı ve KB' sındaki bölgenin ise sıkışma etkisi altında kaldığı gözlenmiştir. Buna karşılık Bolu Havzası kuzeyindeki fay düzlemi yönelimleri, KAFZ' ndan farklı bir sistem yani Alt-Orta Eosen döneminde, saf makaslama hareketi sonucu geliştiklerini ortaya koymuştur.

1.8 Materyal ve Metot

Bu çalışmanın amacını gerçekleştirmek için aşağıdaki materyallerden faydalanılmıştır;

Genel Jeoloji kısmının hazırlanması sırasında, Erendil ve diğ. (1991) tarafından hazırlanmış bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından faydalanılmıştır.

İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasının çıkartılması sırasında bölgeye ait 1/25.000 ölçekli topografik harita kullanılmıştır.

Mühendislik Jeolojisi kısmının hazırlanması sırasında, DSİ V. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ tarafından geçmiş yıllarda baraj aks yeri, göl alanı ve tünel güzergahları boyunca açılmış 15 adet sondaj verilerinden ve baraj alanına ait yerleşim planından faydalanılmıştır.

Malzeme alanları kısmının hazırlanması sırasında ise DSİ tarafından önceden belirlenmiş alanlardan alınan örnekler yine DSİ V. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ' ne bağlı Köprübaşı Barajı Şantiyesinde kurulu zemin ve beton laboratuarında bulunan aletlerden faydalanılmıştır. Burada, elek analizi, atterberg limit deneyleri ve su içeriği deneyleri yapılarak sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Tünel güzergahı boyunca DSİ tarafından önceden açılmış olan sondajlara ait karot sandıklarından alınan karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç deneyleri uygulanmış ve sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

2 GENEL JEOLOJİ

Köprübaşı Barajının beslenme alanı ile çevresinin jeolojisinin aydınlatılması için yaklaşık 325 km^2 lik bir sahanın 1/100.000 ölçekli haritasından faydalanılmıştır. Bu çalışmada litodem ve litostratigrafi birim ayırtlama yöntemi kullanılmış, ayırtlanan birimlerin sınıflama ve adlamasında "Stratigrafi Sınıflama ve Adlama İlkeleri (1986)" ne bağlı kalınmıştır. Bu ilkelere uygun daha önceden verilen adlamalar aynen alınmıştır.

Çok büyük kısmında magmatik çekirdek kayalarıyla Paleozoyik çökellerinden oluşan istiflerin mostra verdiği çalışma bölgesi, Bolu masifi içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı Bolu ve Zonguldak illeri sınırları içerisine düşmekte ve yaklaşık olarak Yığılca, Yeniçağa, Devrek ve Pazarköy arasında kalan ve Mengen, Gökçesu yerleşim merkezlerini içine alan bölgede yer almaktadır (Şekil 1.1).

2.1 Stratigrafi

Çalışma alanında mostra veren kayaç toplulukları Paleozoyik' ten (belki Paleozoyik öncesinden) Kuvaterner' e kadar değişen zaman aralığını temsil etmektedir. Ayırtlanan litostratigrafik birimler (Şekil 2.1), Bolu Masifi ve çevresinin stratigrafik gelişimini daha anlaşılabilir kılmak amacıyla üç ana grupta toplanmıştır. Bunlar, ele alınma sırasına göre, magmatik çekirdek kayaları, Paleozoyik çökel istifleri ve örtü kayalarıdır.

Magmatik çekirdek kayaları, diğer iki kaya grubunun içinde, Masifin orta kesimlerini oluşturan bir pencere halinde yüzeylemektedirler. Bu gruptaki kayalar iki birim olarak (Bolu granitoyidi, Yellice üyesi) ele alınmıştır. İnceleme alanının güney-güneydoğu kenarlarında mostra veren Paleozoyik çökel istifleri iki birim

(Aksudere ve Kırık formasyonları) halinde incelenmiştir. Örtü kayaları ise, inceleme alanının güneyinde yer yer Eosen sonrası tektonik hareketlere bağlı olarak daha yaşlı birimlerin altında kalmış durumdadır. Paleozoyik yaşta çökellerin ve diğer granitik-metamorfik kayaların göreceli olarak post-tektonik örtüsünü oluşturan bu gruptaki kayalar Mesozoyik ve Tersiyer yaşta değişik litostratigrafik birimler halinde incelenmiştir (Şekil 2.1).

Bolu masifinin esas yapısını oluşturan ve onu ilginç kılan kayaçlar granitik bir magmadan oluşan sokulum kayaçlarıyla, bunlarla yakından ilişkili volkanik/volkanoklastik kayaçlardır. Bu gruptaki kayaçlar, Masifin orta kesimlerini oluşturur ve batı-doğu/güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı yükseltilerde yaygın mostra alanlarıyla dikkati çekmektedir. Önceki çalışmalarda, Dirgine Granitoyidleri ve Yedigöller formasyonu (Aydın ve diğ., 1987) ile Karadere Metamorfitleri ve Yellice formasyonu (Cerit, 1990) olarak adlanan kayalar bu gruptaki birimler kapsamında düşünülmüştür.

2.1.1 Bolu Granitoyidi (Bg)

İnceleme alanının orta ve kuzey kesimlerinde çok geniş alanlarda gözlenen ve Bolu Masifinin çekirdeğini oluşturan magmatik derinlik kayaçları bu ad altında toplanmıştır. Bolu kuzeybatısı, kuzeyi ve kuzeydoğusunda da geniş mostraları bulunan birim, Mengen-Devrek-Yenice arasında da yaygın mostra vermektedir (EK-1).

Birimi oluşturan magmatik derinlik kayaçları, iri taneli, hipidiyorfik dokulu, bileşimleri granitten diyorite kadar değişen, masif kayalardır. Masifin genellikle granodiyorit bileşimi yaygındır. Daha sonra sırasıyla diyorit, kuvars diyorit, kuvars monzonit ve granitler görülmektedir.

Bolu granitoyidini oluşturan kayalar genel olarak inceleme alanının güney kesimlerinde Paleozoyik yaşlı istifler ile sınırlanmaktadır. Bu kesimlerdeki dokanaklar, ilksel ilişkileri izlenemeyecek şekilde tektonik etkinlik yansıtır özelliktedir. Ancak, Bolu Masifi içinde yer alan ve inceleme alanı içinde bulunmayan Üst Ordovisiyen-Alt Siluriyen yaşlı Kocadere formasyonu içinde, alt düzeylerde görülen granit ve volkanik kayaç çakılları, hemen dokanak boyunca izlenen magmatik kayaçlarla aynı mineralojik bileşim ve dokudadır (Erendil ve diğ., 1991). Yine aynı formasyona ait kumtaşları, yoğun olarak magmatik ve metamorfik izler taşımaktadır. Dolayısıyla magmatik derinlik kayaçlarının en azından Üst Ordovisiyen öncesi yaşta olması gerekmektedir. Buna karşılık, Masifin güney etekleri boyunca görülen ve Siluriyen–Devoniyen yaşta olmaları muhtemel mermerler ve rekristalize kireçtaşları, magmatik derinlik kayaçlarıyla kesilmektedirler. Böylece birimin Devoniyen sonrası gelişmiş sokulumları da temsil ettiği düşünülmektedir.

Masifin güney kesimlerinde yer alan metamorfik istifler içinde daha iyi gözlenebilen, göreceli olarak daha felsik bileşimli sokulumlar bulunmaktadır. Bu tür sokulumlar, magmatik çekirdek kayaçlarının metamorfizmadan etkilenmemiş kesimlerinde gözlenmemiştir. Masifin, daha felsik bileşimli granitik kesimlerinin sınırları, daha mafik bileşimli kayaçlarla geçişli ve belirsizdir (Erendil ve diğ., 1991).

Bu verilere dayanılarak Bolu Granitoyidi' nin esas olarak Üst Ordovisiyen öncesinde geliştiği, ancak Devoniyen sonrasında bu kütlenin içine yeni sokulumların olduğu ve Bolu Granitoyidi' nin iki farklı evrede gelişmiş kompozit bir kütle özelliği taşıdığı düşünülmektedir. Bileşimleri farklı iki ayrı sokulum kütlesinin Bolu Masifi' nde yer aldığı Blumenthal (1948) tarafından da fark edilmiş, ortaya konulan haritada bu iki kütlenin kabaca ayrımı gösterilmiştir. Bu çalışmada ise bu ayrımı haritalamak mümkün olmamıştır.

Bolu Granitoyidi' ni oluşturan, göreceli olarak genç sokulumlar Devoniyen yaşlı istifleri Stok, Lakolit ya da Dayk ve Apofizler şeklinde kesmektedirler. Bunlar, arazide genellikle pembemsi renkleriyle ve uzaktan bakıldığında kırmızımsı

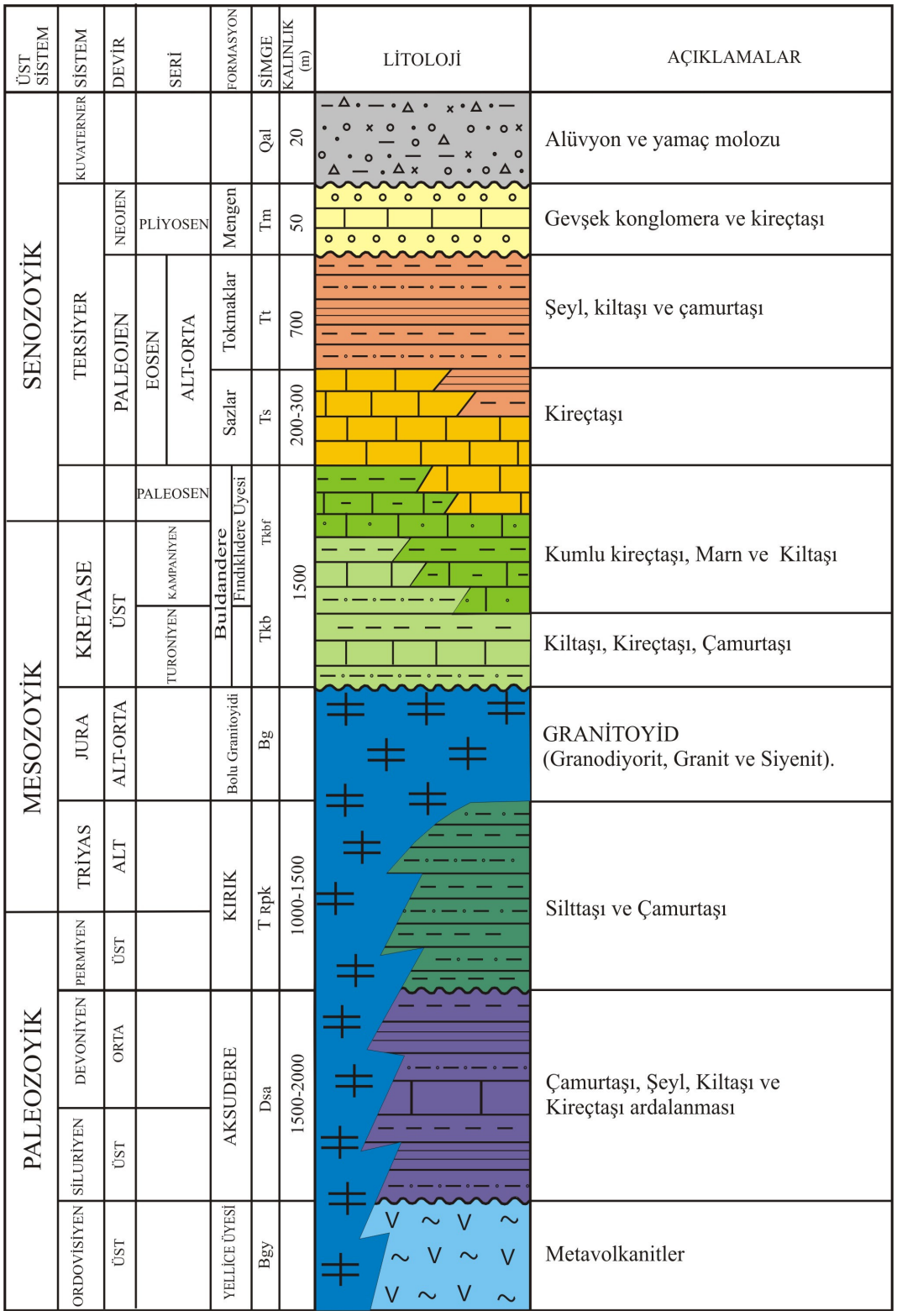
tonlarıyla ayırt edilebilmektedirler. Bu kayaçlar orta ve iri taneli masif ve pembe potasyum feldispatça zengin granitlerdir. Genellikle yeşilimsi-gri renkteki, breşleşme ve ayrışmanın yaygınca gözlendiği diğer granitik kayaçlardan pembe renkleri, daha sert oluşları, masif yapıları ve daha felsik bileşimleriyle ayırt edilmektedirler. El örneğinde pembe feldispatlar, beyaz plajioklaslar ve siyah biyotitler, birimin göze çarpan tanıtman özellikleridir.

Granitik kayaçların yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türleri yaygın mostralar vermektedir. Bu tür granitik kayaçlardan metabiyotit granit, amfibolitleşmiş granit ve gnaysik granit yaygınca gözlenen kayaç türü örneklerindendir.

Birimin yaşı Aydın ve diğ.‘ ne (1987) göre, (Dirgine Granitoyidleri), Karbonifer sonu ile Üst Jura öncesi arasındadır. Canik (1980), Bolu kuzeyindeki granit ve diğer magmatik derinlik kayalarını (gabro, diyorit) Prekambriyen yaşlı “Ayırtlanmamış Temel Karmaşığı” içinde ele almıştır. Cerit’ e (1990) göre, Bolu kuzeyi çevresindeki granitik kayaçlar (Dirgine granitioyidleri), metavolkanik kayaçlarla (Yellice formasyonu) aynı genel bir magmatik faaliyetin ürünüdür (fakat metavolkanitleri keser durumdadır) ve Alt Paleozoyik (Ordovisiyen) yaşlıdırlar.

Bolu granitioyidi, Erendil ve diğ.’ ne (1991) göre başlıca iki farklı zaman aralığında gelişmiş olabilen sokulum kütlelerinden oluşmaktadır. Birisi muhtemelen Üst Ordovisiyen öncesi, diğeri ise Devoniyen sonrası-Valanjiniyen (Alt Kretase) öncesi dönemlere ait olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada da birimin yaşı, önceki çalışmalara dayanılarak Alt-Orta Jura olarak alınmıştır.



Şekil 2.1 İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)

2.1.1.1 Yellice Üyesi (Bgy)

Bolu Masifinin orta ve kuzey kesimleriyle doğu kesiminin güneyinde, granitik kayaçlarla her zaman yakın ilişkili olarak, volkanik/volkanoklastik bir istif görülmektedir. Çalışma alanının orta kesimlerinde mostra veren istif, tipik olarak Bolu-Yedigöller yolu üzerinde Yellice sırtı dolayında iyi gözlendiği için birim Erendil ve diğ., (1991) tarafından Yellice Üyesi olarak adlandırılmıştır (EK-1). Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

KESEDAĞ ve Sarmaşık Tepe dolaylarında mostra veren birim (EK 1), çoğunlukla koyu yeşil ve gri renkte subvolkanik, volkanik ve piroklastik kayaçlardan oluşmaktadır. Seyrekçe görülen çökel kayaçları ise metakuvarsit, metaçamurtaşı, metakumtaşı ve metasilttaşı dır. İnceleme alanı yakınlarında Dirgine–Yedigöller yolu üzerinde, Karadere vadisinde görülen kesiminde ince taneli ve camsı lav akıntıları ile açık yeşil, piritli, silisleşmiş tüfler, ardalanmalı ya da düzensiz ilişkili bir şekilde görülmektedir. Çalışma alanı içinde yer alan istiflerde ise volkanik kayaçlar koyu yeşil ve gri renklerde, kalın lav akıntıları şeklindedir. Bu akıntılar proklastik düzeyler (silişleşmiş tüfler) ile ardalanmaktadırlar. İstifin tümü, göreceli olarak daha sonraki bir evreye ait dayklar ile kesilmektedirler. İstifte, özellikleri bakımından proklastik kesimlerin üst düzeylerde yer aldığı, volkanik ve subvolkanik lavların alt düzeylerde yer aldığı söylenebilmektedir (Erendil ve diğ.,1991). Ancak bu dizilim, birimin karmaşık yapısı ve yoğun bitki örtüsü nedeniyle açık ve kolay bir şekilde izlenemektedir. Gökçesu-Dirgine yolu boyunca izlenen kesimde ise gri-yeşil volkanik kayaçlar genellikle masif ve piritlidir ve kimi zamanda akıntı tabakalanması göstermektedirler. Bu güzergahtaki mostralarında, birime ait kayalar güneye doğru iri taneli diyorit ve granodiyorit bileşimli derinlik kayalarına ilginç şekilde, tedricen geçmektedirler. Birçok yerde bu volkanik-subvolkanik istif içine kısmen de olsa sokulmuş küçük konolitler görülmektedir. Ancak batolitin ana gövdesi içinde de bu volkanik kayalara ait ortalama 75 cm kalınlıkta dayklara rastlanılmaktadır. Bolu Granitoyidi' ni örten formasyonlara ait olan andezitik dayklardan çok farklı olan bu dayklar, mineralojik bileşim açısından, Yellice üyesi volkanik kayalarıyla tam bir

uyum içindedir. Bu nedenle Yellice üyesi ve ana granitoyid kütlesi birbirlerini keser konumda ve iç içe bir yapı göstermektedir(Erendil ve diğ.,1991). Bu birim, Erendil ve diğ., 1991 tarafından, granitoyidin sokulum sürecinde aynı magmatik olaya bağlı olarak gelişmiş bir subvolkanik- volkanik cephe olarak düşünülmektedir.

Yellice üyesine ait kayaç türleri genellikle milonitize ve kristalize özellik göstermektedirler; değişik aşamalarda deformasyon geçirmişlerdir. Birimin yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş bölümleri arazide yaygın mostralar vermektedir. Bu tür kayaçlarda epidot, klorit, aktinolit, plajioklas, pirit gibi minerallere rastlanmaktadır. Yeşilşist veya meta-tüf denilebilecek örneklerde kloritleşme, epidotlaşma yaygınolarak gözlenmekte ancak rekristalizasyon ve yapraklanma fazla gözlenememektedir. Birim içerisinde, Porfiritik volkanik kayaçlarla amfibolitleşmiş volkaniklere de rastlanılmaktadır. Camsı volkanik kayaçlar yaygındır. Birime ait bazı kayaç türlerinin dokuları volkanik matriks (fonolitik) ile volkanik, metamorfik, sedimanter kaya kırıntılarından oluşmaktadır (Erendil ve diğ.,1991).

Yellice üyesinin deneştirilebileceği birimler arasında Yedigöller formasyonu (Serdar ve Demir, 1983; Aydın ve diğ., 1987) ve Fındıklı metavolkanitleri (Kaya, 1978) sayılabilmektedir.

Birime ait kaya türleri içinde fosile rastlanmamıştır. Erendil ve diğ. (1991) tarafından Kocadere formasyonu olarak tanımlanan ve Bolu masifi içinde yer alan fakat çalışma alanında mostra vermeyen Üst Ordovisiyen-Alt Siluriyen yaşlı konglomera ve kumtaşları, en yaşlı çökel istif olarak, birimi uyumsuz olarak örtmekte ve birime ait kayaçların tanelerini içerdiği gözlenmektedir. Böylece birimin yaşının muhtemelen Üst Ordovisiyen olması gerekmektedir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Üst Ordovisiyen olarak alınmıştır.

2.1.2 Aksudere Formasyonu (Dsa)

Çalışma alanında, Asar tepe, Tınaz tepe, Mengen' in kuzeyi ve Göcükler köyü civarında gözlenen birime (EK–1), inceleme alanı dışında Kaynaşlı, Aksudere çevresinde en iyi temsil edildiği için Erendil ve diğ. (1991) tarafından bu ad verilmiştir. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

Birim, inceleme alanında birbirinden ayrı ve tektonik etkilere bağlı olarak düzensiz mostralar vermektedir. Kolay aşınabilen litolojilerden oluştuğu için tepeler halinde, az engebeli bir arazi görünümü ortaya çıkaran birim, koyu gri, boz, mavimsi-yeşilimsi gri ve kahverengi renklerle temsil olunmaktadır.

Aksudere formasyonu, fillit, şeyl, rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kumtaşı, kiltaşı ve marn türlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Grimsi-siyah renkli olan ve belirgin şistozite özelliği gösteren fillitler, kuvars, serisit-muskovit, klorit, epidot, feldispat ve opak mineral (pirit) tanelerinden oluşmaktadır. Çok ince, kum boyutunda tanelerin hakim olduğu fillitler, açık-koyu renk farklılaşmasıyla kendini gösteren bantlı ve merceksel yapılarla mikro kıvrımların gözlendiği kayaçlardır. Fillitler içinde, masif düzeyler halinde ve ardalanmalı, yanal-düşey geçişli olarak bulunan rekristalize kireçtaşları mavimsi-koyu renkte, kalın tabakalı ve piritlidir. Fillitler ve rekristalize kireçtaşlarıyla ardalanmalı, yanal ve düşey geçişli olarak gözlenen şeyl, silttaşı, kumtaşı, dolomitik kireçtaşı, marn gibi litolojiler, ince-orta tabakalı düzeyler halinde istif içerisinde gözlenebilmektedir. Birim, Mengen kuzeyinde mostra veren kesimlerinde tektonik etkiler sonucunda düzensiz ve karmaşık bir dağılım göstermekte ve istif, yörede, daha çok rekristalize kireçtaşlarının hakim olduğu üst bölümüyle temsil edilmektedir. Genellikle mavimsi-gri, yer yer kahverengi gözüken bu rekristalize kireçtaşları, bol ekinoid-krinoid malzemesi, kuvars taneleri ve pirit içermekte; dolomitik, breşleşmiş, stilotit demirin oksidasyonuna bağlı kırmızı lekeli bölümler içermektedir (Erendil ve diğ., 1991). Bu kireçtaşlarıyla aratababakalı, ardalanmalı ve yanal-düşey geçişli olarak karbonat

kırıntılı ve çimentolu kuvars kumtaşı, siltaşı ve çamurtaşı litolojileri bulunmaktadır. Bu kayaç türlerinin bazı düzeylerinde derecelenme, laminalanma gözlenmektedir.

1500-2000 m görünür kalınlığı olduğu tahmin edilen (Erendil ve diğ.,1991) Aksudere formasyonu, inceleme alanında bulunmayan Üst Ordovisiyen-Alt Siluriyen yaşlı Kocadere formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Üstte ise Üst Permiyen-Alt Triyas yaşlı Kırık formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Görmüş (1982), Aksu formasyonu' nun alt bölümüne karşılık gelen Kocadere formasyonu' nun yaşını Alt Devoniyen olarak belirtmiştir. Aksu formasyonu' nun üst bölümüne eşdeğer sayılan birimin yaşı ise Orta Devoniyen olarak belirlenmiştir. Önalan (1981) ise, Aksudere formasyonu' nun alt seviyelerine karşılık gelen Gözdağ formasyonu' na Siluriyen, Dolayoba formasyonu'na ise Üst Siluriyen yaşını vermiştir. Erendil ve diğ.,(1991) ise birimin yaşını Üst Siluriyen-Orta Devoniyen olarak değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Üst Siluriyen-Orta Devoniyen olarak benimsenmiştir.

2.1.3 Kırık Formasyonu (TRpk)

Hersiniyen evresi sonrasını temsil ettiği düşünülen ve önceki birimlerin üzerinde açısal uyumsuzlukla yer alan, Permiyen-Triyas yaşlı, kırmızı karasal kırıntılardan oluşan bu birim, ilk kez Kaya (1982) tarafından en iyi mostra verdiği yer olan Yığılca kuzeybatısındaki Kırık köyüne izafeten Kırık Formasyonu olarak adlanmıştır. Akyol ve diğ. (1974) ise birime, yaygın mostra alanlarının bulunduğu Kurucaşile-Cide çevresinden "Çakraz Kumtaşı" adını vermişlerdir. Bu çalışmada da Kaya (1982) tarafından verilen Kırık formasyonu adı kullanılmıştır.

Bu birim, inceleme alanı içerisinde Gökçesu kuzeyi, Göcükler köyü güneydoğusu ile Gökgözler tepe batısı arasında bir alanda mostra vermektedir (EK–1). Birimi oluşturan litolojiler yaygınlık sırasına göre kumtaşı, silttaşı ve konglomeradır. Kırmızı-mor renkli, orta kalın masif tabakalı, ince taneli, yer yer şistozite gösteren kumtaşı, genel olarak sedimanter yapılardan yoksun tek düze bir görünüm belirtmektedir. Yer yer derecelenme, düzgün ve hafif bükümlü laminalanma gözlenmekle birlikte boylanması kötüdür. Başlıca bileşenleri kuvars, feldispat ve kayaç kırıntılarıdır; ayrıca serisit, klorit, muskovit, epidot ve bol olarak opak mineral içermektedir. Yine kırmızı-mor renkte olan silttaşı, içerdiği mineraller ve kayaç kırıntıları, derecelenme ve laminalanma şekline göre kumtaşına benzer özellik göstermektedir. silttaşında gözlenen şistozite, kumtaşına göre daha belirgindir. Şistozite düzlemlerinde serisit bol bulunmaktadır. Kumtaşı ve silttaşı önemli oranda karbonat kayaç kırıntısı içermekte ve karbonat çimentolanma yaygındır (Erendil ve diğ., 1991). Konglomera ise gri renkli ve düzensiz tabakalanmalıdır. Kötü boylanmalı ve daha çok köşeli çakıllar içermektedir.

Çalışma alanı içinde 1000–1500 m görünür kalınlığa sahip Kırık formasyonu, karasal bir çökel istifi özelliği taşımaktadır. Denizel fosillerin yokluğu, kırmızı renk, tabakalanma ve diğer sedimanter yapıların denizel istiflerdeki gibi gelişmeyişi birimin karasal bir çökelme ortamının ürünü olduğunu düşündürmektedir (Erendil ve diğ.,1991). Birçok eski alüvyon yelpazesinin normal faylarla grabenlerin/yarı grabenlerin gelişimine bağlı ya da yükselime uğramış kaynak alanlarına bitişik havza dolguları olduğu ve bunların bir bölümünün post-orojenik özellik taşıdığı bilinmektedir (Reading, 1979). Hersiniyen orojenezi sonrası bir çökel istifi olduğu düşünülen birim, özellikleriyle alüvyon yelpazesine ait sel ve çamur akmalarının ürünlerine (Reading, 1979) benzerlik göstermektedir.

Kırık formasyonu içinde fosile rastlanılmamıştır. Bu birime ait konglomeranın içinde rekristalize ve dolomitize kireçtaşı çakıllarının bulunması, bunların Devoniyen yaşlı karbonat kayaçlarından (Aksudere formasyonu) türediğini göstermektedir. Alttaki Üst Siluriyen-Orta Devoniyen yaşlı Aksudere formasyonunu uyumsuz olarak örten birim, üstte ise Turoniyen (Üst Kretase)-Paleosen yaşlı Buldandere formasyonu

tarafından da uyumsuz olarak örtülmektedir. Bu stratigrafik konumuyla ve Batı Pontidlerdeki benzer istifler ile karşılaştırılması sonucunda birimin yaşı Permiyen-Triyas olduğu belirlenmiştir (Erendil ve diğ., 1991). Kaya (1982), aynı adı taşıyan birim için Triyas başı bir yaş öngörmüş, diğer bir çalışmasında (Kaya ve diğ., 1986) ise birimin Permiyen yaşta olabileceğini belirtmiştir. Akyol ve Diğ.,(1974) ise birimin eşdeğeri sayılabilecek benzer litolojik ve stratigrafik konumdaki bir istifi Kurucaşile-Cide çevresinden adlama yaparak tanımlamış (Çakraz Kumtaşı), yaşını Permiyen ve/veya Triyas kabul etmiştir. Birimin yaşı için yaygın olarak benimsenen bu görüşten farklı olarak, Görmüş (1982), Yığılca güneybatısından adladığı ve tanımladığı, birime eşdeğer özellikteki Değirmendere formasyonunun Üst Devoniyen yaşta olabileceği kanısına varmıştır.

Bu çalışmada ise birimin yaşı Üst Permiyen- Alt Triyas olarak benimsenmiştir.

2.1.4 Buldandere Formasyonu (TKb)

Genel olarak Bolu Masifine ait magmatik kayaçlarla Paleozoyik istiflerini örten Üst Kretase-Paleosen örtü kayaçlarının oluşturduğu bu istifler, Devrek ilçesi güneydoğusundaki Buldandere vadisi boyunca tüm üyeleriyle birlikte mostra verdiğinden, Erendil ve diğ. (1991) tarafından Buldandere formasyonu adı altında toplanmıştır.

Erendil ve diğ. (1991) tarafından birim içinde litoloji ve fasiyes yönünden çeşitlilik görüldüğü için ayrıca üyeler ayırt edilmiştir (İspahlar üyesi, Fındıklıdere üyesi, Devretkaya üyesi). İnceleme alanında bu üyelerden sadece Fındıklıdere üyesi mostra vermiştir. Çalışma alanında Bolu granitoidi ve Paleozoyik birimleri üzerinde Buldandere formasyonu ve Fındıklıdere üyesi istifleri uyumsuz olarak yer almakta, birimin kendi içinde ise farklı kesimler (Buldandere formasyonu ve üyeleri) arasında yanal ve düşey geçişler izlenmektedir.

İnceleme alanının güney kesimlerinde bulunan Buldandere formasyonu Gücükler köyü güneyinde, Fındıklıdere üyesi ise Yumak tepe, Karayol tepe, Gökgözler tepe, Subaşı tepe ve Demirciler köyü kuzeyinde mostra vermektedir (EK-1).

Buldandere formasyonu, üyeleriyle birlikte, denizel ve daha çokta derin denizel çökeller ile volkanik/volkanoklastik kayaçlardan oluşmaktadır. Yarı pelajik çökeller ve/veya bunların volkanojik türbiditlerle aratabakalı olarak değiştiği istifler Buldandere formasyonu ile kireçtaşı türbiditleri, kumtaşı, marn, konglomera gibi kayaç türlerinden oluşan fliş türü istifler, Fındıklıdere üyesiyle temsil olunmaktadırlar (Şekil 2.1).

Birim, pelajik kireçtaşı-çamurtaşı ile volkanik kırıntılı türbiditik silttaşı, kumtaşı ve tüf gibi kaya türlerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Genel olarak yeşilimsi-gri, kırmızımsı-mor, gri renkler göze çarpmaktadır. Derecelenme ve laminalanma yaygın olarak gözlenmektedir. Planktonik foraminiferler ve radyolarya en yaygın fosil bileşenleridir. Kireç-vaketaşı en yaygın kireçtaşı türüdür. Terrijen malzeme, özellikle kumtaşları ve silttaşlarında bol bulunmaktadır. Derin denizel fosil bileşenleri ile sığ denizel fosil bileşenleri birlikte bulunmaktadırlar (Planktonik foraminiferle alg, byrozoa kırıntıları) (Erendil ve diğ., 1991).

Erendil ve diğ.,(1991) birimden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda birimin yaşını Turoniyen-Paleosen olarak bulmuşlardır. Ayrıca birimin kalınlığını tahmini 1500 m olarak hesaplamışlardır.

Bu çalışmada da birimin yaşı Turoniyen-Paleosen olarak benimsenmiştir.

2.2.4.1 Fındıklıdere Üyesi (TKbf)

Buldandere formasyonu ile yanal-düşey geçişli olan bu birimler en iyi Buldandere' nin bir kolu olan Fındıklıdere (Devrek ilçesi güneydoğusu) civarında gözlendiği için Erendil ve diğ. (1991) tarafından bu ad verilmiştir. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

Birim, inceleme alanı içerisinde Yumak Tepe, Karayol Tepe, Gökgözler Tepe, Subaşı Tepe ve Demirciler köyü kuzeyinde mostra vermektedir (EK–1).

Birimi oluşturan kayaç türleri kireçtaşı, kumtaşı, marn, çamurtaşı, tüf ve konglomeradır. Çökeller türbiditik özelliktedir, belirgin ve devamlı tabakalanma göstermektedirler. İstif, kireçtaşlarının hakim olduğu fliş karakterinde bir gelişmeyi yansıtmaktadır.

Fosil bileşenleri, özellikle kireçtaşlarından oluşan istif bölümlerinde yaygındır. Kireçtaşları genellikle bej, beyaz ve açık gri renklerde, türbiditik özelliktedir. Grimsi-yeşil ve gri renkte kumtaşı, silttaşı ve marn aratabakalı kireçtaşı istifleri en yaygın mostraları oluşturmaktadır. Yeşilimsi-morumsu gri renkli konglomera, çamurtaşı ve tüf ara tabakaları istifte gözlenmektedir. İstifin gelişiminde türbidit akıntılarının yanında diğer sediment gravite akmaları etkili olmuştur (Erendil ve diğ., 1991).

Erendil ve diğ., 1991 bu birimden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları paleontolojik çalışmalar sonucunda birimin yaşını Kampaniyen-İlerdiyen olarak bulmuşlardır. Ayrıca birimin ortalama görünür kalınlığını da 600 m olarak hesaplamışlardır. Buldandere formasyonu ile yanal-düşey geçişli olan Fındıklıdere üyesi Alt-Orta Eosen yaşlı Sazlar formasyonuyla uyumlu ve geçişli olarak örtülmektedir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Kampaniyen-İlerdiyen olarak alınmıştır.

2.1.5 Sazlar Formasyonu (Ts)

İnceleme alanı içerisinde, Sazlar köyü, Gökçesu kuzeyi ve Şahbazlar batısında mostra veren bu birim (EK–1), ilk kez Cerit (1983) tarafından Mengen' e bağlı Sazlar köyü dolayındaki tipik mostralar vermesinden dolayı Sazlar Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

Sazlar formasyonu kireçtaşlarından oluşan bir birimdir. Bol nümmülit içeren bu kireçtaşları, taban seviyelerinde Fındıklıdere üyesi çökellerinin devamı olarak, daha az sığ kesimlerin çökelleriyle (litoklastik kireç, istiftaşı-tanetaşı) temsil olunmaktadır. Üstte doğru nümmilitler giderek bollaşır ve kireçtaşları platform kenarının yüksek enerjili çökelme ortamını temsil eder hale gelmektedir (Erendil ve diğ.,1991). Birimin üstünde, uyumlu ve geçişli olarak yer alan Tokmaklar formasyonu ile yanal geçişler de üst seviyelere doğru görülmektedir. Cerit' in (1983) belirttiği gibi, Sazlar formasyonu kireçtaşları batıdan doğuya doğru gidildikçe daha kumlu bir karakter kazanmaktadır. Dolayısıyla daha sığ ve karasal çökelleri temsil eden Tokmaklar formasyonu mostralarının yaygın olduğu batı kesimlere doğru çökel ortamında sığlaşma ve karasallaşma söz konusudur.

Sazlar formasyonunu oluşturan kireçtaşı türleri genellikle bej-sarımsı gri kireç istiftaşı-tanetaşıdır. Erendil ve diğ., 1991 bu birimden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları paleontolojik çalışmalar sonucunda birimin yaşını Alt-Orta Eosen olarak bulmuşlardır. Ayrıca birimin ortalama görünür kalınlığını da 200–300 m olarak hesaplamışlardır. Sazlar formasyonu altta uyumlu ve geçişli olarak Kampaniyen-İlerdiyen yaşlı Fındıklıdere üyesini örterken, üstten ise yanal geçişli ve uyumlu olarak Alt-Orta Eosen yaşlı Tokmaklar formasyonu tarafından örtülmektedir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak benimsenmiştir.

2.1.6 Tokmaklar Formasyonu (Tt)

İnceleme alanının güneyinde Gökçesu ve Mengen civarında, güneybatı-kuzeydoğu istikametinde tektonik hatlarla gözlenen bu birim (EK–1), ilk kez Aydın ve diğ. (1987) tarafından en iyi Bolu kuzeydoğusundaki Tokmaklar köyü civarında mostra verdiği için bu ad verilmiştir. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

Yanal ve düşey fasiyes değişiklerini gösteren birim, sığ denizel ve sığ denizel-karasal geçiş ortamlarına ait kireçtaşlarıyla kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. İşletilen kömür (Linyit) yataklarını da içeren (özellikle Mengen-Merkeşler sahası) bu birim, Sazlar formasyonunun üst seviyelerinden itibaren, bu birimle yanal-düşey yönde geçişler göstermektedir (Erendil ve diğ.,1991).

Birimi oluşturan kayaç türleri kireçtaşı, marn, kiltaşı, çamurtaşı, silttaşı, killi-kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve konglomeradır. Bitümlü şeyl, bitümlü kireçtaşı düzeyleri ve kömür yatakları içeren kesimler de mevcuttur.

Mengen-Gökçesu arasındaki Mengen çayı vadisi ile Çukurca dolayından geçen bindirme fayı arasındaki alanda, Tokmaklar formasyonuna ait çeşitli kayaç türleri mostra vermektedir. Kireçtaşı-marn ardalanmasının görüldüğü alt seviyelerde kömür bantları cm ölçeğinde gözlenmektedir. Bu düzeyi yine marn aratabakalı biyoklastik, masif görünüşlü bir kireçtaşı seviyesi izlemektedir. Daha sonraki orta tabakalı kireçtaşları ardında bitümlü şeyl görülmektedir. Yumrulu, marnlı kireçtaşları ile devam eden istif yeşilimsi-gri, gevşekçe tutturulmuş, kötü tabakalı kumtaşlarıyla izlenmektedir. İstifin devamında bitümlü şeyl arakatkılı marnlar ve en üstte de marn-kumtaşı ardalanması yer almaktadır.

Gökçesu kuzeyindeki mostralarında birim, laminalı kiltaşı-çamurtaşı ve bitümlü şeyl bölümü ile başlamaktadır. Grimsi-yeşil, grimsi-kahverengi görülen bu düzeylerde bitümlü şeyl dışında kömürlü şeyl arakatkılı ve bol bitki kalıntısı bulunmaktadır. Çamurtaşı (kırmızı) aratabakalı kumtaşı (grimsi-yeşil) ile devam

eden istif, resifal kireçtaşı, biyoklastik kireçtaşı ve çamurtaşı (Birbirleriyle yanal ve düşey geçişli) bölümünden sonra kireçtaşı, kumtaşı, konglomera kapsamaktadır. Daha üstte yer alan kiltaşı-çamurtaşı-şeyl düzeylerini izleyen kireçtaşlarıyla istif devam etmektedir. Kılavuz seviye özelliği taşıyan bu kireçtaşı, killi kireçtaşı, çamurtaşı ve kiltaşı aratabakalıdır. Çamurtaşı ve kil taşı bitümlü yüzeylere sahiptir. Oldukça kalın (yarım metreye varan) kömür tabakaları yanal devamlılık göstermemektedir. İstifin en üstünde ise kokulu kireçtaşı ara tabakalı çamurtaşı-kiltaşı-konglomera ardalanmasından oluşan bir bölüm yer almaktadır. Bu bölümün değişik seviyelerinde 3 m ye varan kalınlıkta linyit seviyeleri bulunmaktadır. Mengen kuzeybatısındaki Bölükveren dolayında birim kireçtaşı ile başlayıp kiltaşı, kumtaşı-kiltaşı ardalanması ile devam eden ve konglomera ile biten (burada Bolu Granitoyidi bir bindirme fayı ile birimin üzerine gelmesi ile istifin kesilmesi söz konusudur) bir çökel dizisi ile temsil edilmektedir (Erendil ve diğ.,1991).

Erendil ve diğ., 1991 bu birimden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları paleontolojik çalışmalar sonucunda birimin yaşını Alt-Orta Eosen (olasılıkla Orta Eosen) olarak bulmuşlardır. Ayrıca birimin ortalama görünür kalınlığını da 700 m olarak hesaplamışlardır. Tokmaklar formasyonu altta yanal geçişli ve uyumlu olarak Alt-Orta Eosen yaşlı Sazlar formasyonunu örterken, üstten ise uyumsuz olarak Pliyosen yaşlı Mengen formasyonu tarafından örtülmektedir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak benimsenmiştir.

2.1.7 Mengen Formasyonu (Tm)

İnceleme alanında Mengen ve çevresinde geniş bir alanda mostra veren birim Erendil ve diğ., (1991) tarafından Mengen formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Karasal ortam çökellerini içeren bu birim, yarı tutturulmuş-tutturulmamış, çakıl, taneleri orta-kötü yuvarlaklaşmış konglomera, kumtaşları, kırmızı ve

kahverengi renkli killi çamurtaşları ve breş görünümlü kayaçlardan oluşur. Gölsel kireçtaşlarına da rastlanılmaktadır.

Birimin yaşı Erendil ve diğ., (1991) tarafından Paleosen olarak belirtilmiştir. Mengen formasyonu daha yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak örtülmektedir.

2.1.8 Kuvaterner Çökelleri

Çalışma alanında Kuvaterner çökellerini, akarsu yataklarındaki çakıl, kum, silt ve kil gibi sedimentler ile Gökçesu civarındaki yamaç molozu ve heyelan malzemeleri oluşturmaktadır.

2.2 Yapısal Jeoloji

Çalışma alanındaki yapısal unsurların genel gidişatı KB-GD doğrultuludur. Bu gidiş, çalışma alanı güneybatısında, Bolu kuzeyinden itibaren DKD-BGB şeklinde, D-B doğrultusunun hakim olduğu bir yönelim kazanmaktadır. Bu genel yapı, bölgenin KKB-GGD doğrultusunda geçirdiği sıkışmayı yansıtmaktadır. Masifin tüm güney alanları boyunca gözlenen faylar, ters faylar, bindirme fayı ya da doğrultu atım karakterli oblik faylar şeklindedir. Bindirme fayları ile ters faylar D-B ve DKD-BGB doğrultusunda, oblik ve doğrultu atımlı faylar ise KD-GB ve KB-GD doğrultusunda yer almaktadırlar. Masifin güneyindeki Üst Kretase-Tersiyer havzası genel olarak bu faylar boyunca Bolu Masifi ve Paleozoyik kayaçları ile sınırlanmıştır.

Fayların etkisiyle havza çökelleri kıvrımlı ve devrik yapılar kazanmışlardır. Masifin kuzey kesimindeki (Dirgine-Devrek arası) faylarda genelde, buradaki Üst Kretase-Tersiyer yüzeylemelerinin genel gidişine paralel olarak uzanmaktadırlar. Havzayı sınırlayan blok faylar olarak yorumlanabilecek bu tektonik hatların, sıkışma döneminde oblik ve olasılıkla doğrultu atımlı hareketlenmeler gösterdikleri söylenebilmektedir.

Örtü çökellerini sınırlamayan ve masif içerisinde kalan fayların tespiti genelde güçtür. Ayrıca Masifin içyapısındaki rijitlik de, çevresine göre daha az sayıda fay gelişmesine yol açmış olabilir. Dirgine dolaylarında gözlenebilen bazı bindirme fayı, doğrultu atımlı ve oblik faylar bölgedeki hakim tektonik unsurlar içinde göz önüne alınmaktadır (Erendil ve diğ., 1991).

Alpin Orojenik sistemin etkilerini yansıtan bu yapısal unsurların, Üst Kretase-Eosen tektonik süreçlerinin (okyanus tabanı dalma-batması, çarpışma ve sonrası süreçleri) sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

2.2.1 Kıvrımlar

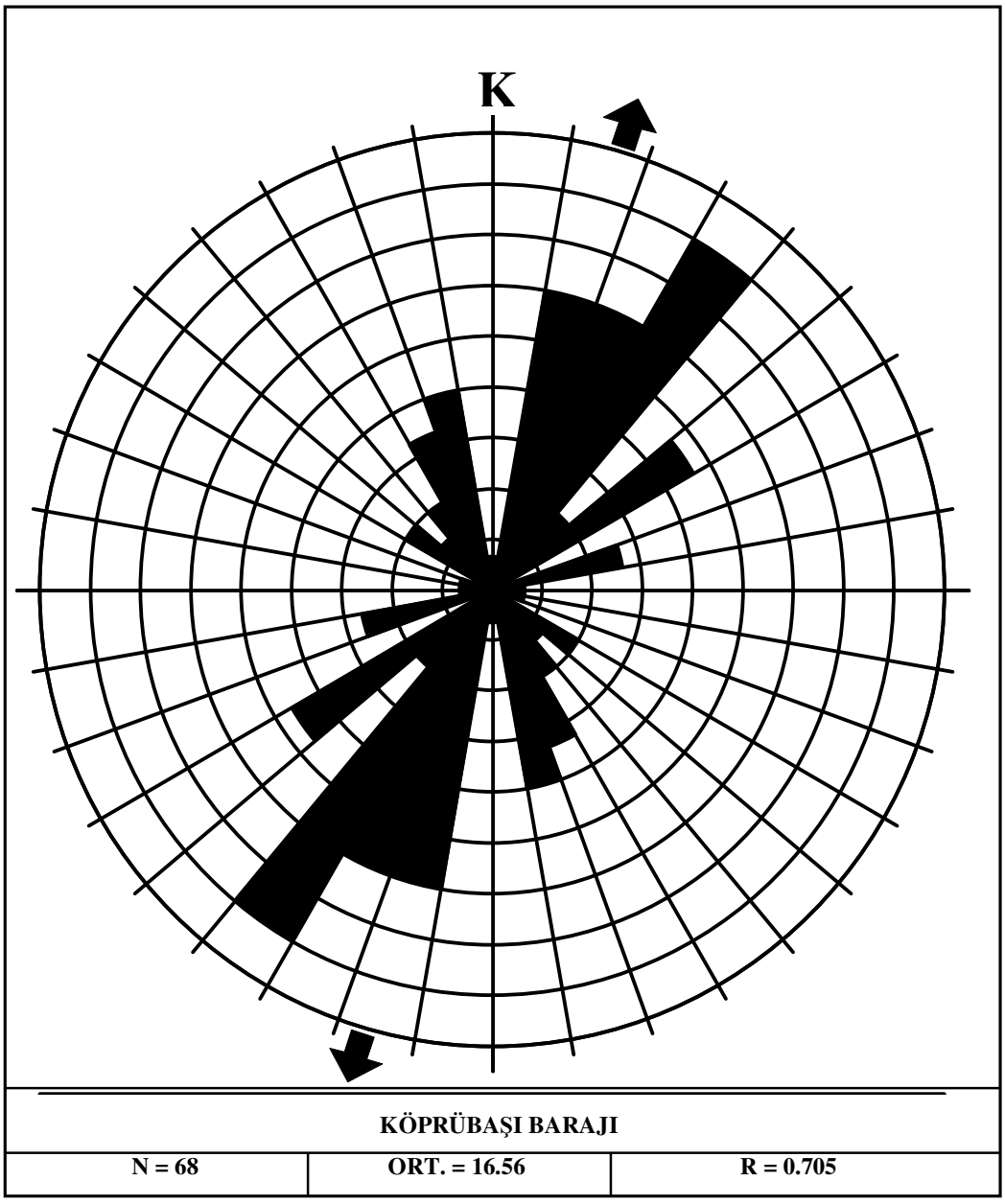
İnceleme alanında Paleozoyik yaşlı fliş ve kireçtaşlarında sık kıvrımlanmalar gözlenmekte olup, bunlar Paleozoyik sonu Hersiniyen orojenezi ile çok sık kıvrımlanma ve kırıklanmaya maruz kalmışlardır. Mesozoyik yaşlı kireçtaşı ve flişler de ise çoğunlukla geniş kıvrımlı antiklinal ve senklinaller gözlenmektedir. Senozoyik yaşlı çökel kayaçlardaki tabakalanma yataya yakın olarak gözlnmektedir.

2.2.2 Kırık ve Çatlaklar

İnceleme alanındaki Bolu Granitoyidi' ne ait granodiyoritlerde görülen eklemlenme fazlaca gelişmiştir. Eklemler açık olmayıp kuvars, feldispat, limonit, klorit ve kalsit gibi minerallerle doldurulmuştur. Granodiyoritlerden alınan 68 adet çatlak ölçümlerinden yararlanılarak yapılan gül diyagramına göre hakim eklem yönü KD-GB olup, eğimleri KB ve GD yönündedir.

2.2.3 Faylar

Köprübaşı baraj yeri KAF (Kuzey Anadolu Fay) zonuna 25 km, Kuzey Anadolu Fayı' nın ikincil kolu olan ve 1999 depreminden sonra aktif olduğu anlaşılan (Demirtaş, 2000) Bolu-Mengen Fayı' nın 12 km kadar kuzeyinde yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Köprübaşaı Barajı proje alanını KD-GB doğrultusunda 350 km boyunca kat etmektedir. KAF' ın antitetik fayları çalışma alanında etkin olarak gözlenmektedir. Özellikle proje alanında gözlenen ve uzun mesafeler kateden faylar KD-GB yönünde uzanım gösterirler. Bu faylanmalara dik gelecek şekilde KB-GD yönlü ikincil faylanmalara da rastlanılmaktadır.



Şekil 2.2 İnceleme alanında mostra veren Granodiyorit biriminden alınan 68 adet çatlak ölçümlerine ait gül diyagramı

İnceleme alanının oluşmasında KB-GD yönlü bir sıkışmanın izleri gözlenmektedir. MTA Genel Müdürlüğü' nün yörede yaptığı çalışmalarda KD-GB yönünde uzanımlar gösteren pek çok bindirmeler saptanmıştır. Genellikle düşük açılı olan bu bindirmelerde hareketin yönü KB' dan GD' ya doğrudur. Baraj yeri göl alanında yer alan birimlerin hemen hepsi KD-GB yönünde uzanan yüzeylemeler halinde devam etmektedir.

2.2.4 Uyumsuzluklar

İnceleme alanında Paleozoyik yaşlı birimlerin üstüne Alt-Orta Jura yaşlı Granitoyidler diskordans olarak gelmektedir. Üst Siluriyen-Orta Devoniyen yaşlı Aksudere formasyonu üzerine Permiyen-Triyas yaşlı Kırıklı formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Kırıklı formasyonu üzerine de örtü kayaçları olarak tanımlanan Turoniyen(Üst Kretase)-Paleosen yaşlı Buldandere formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir. Buldandere formasyonu, bir alt birimi olan Kampaniyen-İlerdiyen yaşlı Fındıklıdere üyesi ile yanal düşey geçişlidir. Alt-Orta Eosen yaşlı Sazlar formasyonu, alttaki örtü kayaları arasında yanal-düşey geçişler gözlenmektedir. Yine aynı yaşlı Tokmaklar formasyonu ile Sazlar formasyonu arasında da yanal-düşey geçişler gözlenmektedir. Tüm bu birimlerin üzerine Pliyosen yaşlı Mengen formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Dere yataklarındaki alüvyon malzeme ve yamaç molozundan oluşan Kuvaterner çökelleri ise alttaki tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

3 MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

İnceleme alanının güneydoğusundan gelen Mengen Çayı ile güneybatısından gelen Kocasu Çayı nın birleşmesinden oluşan Bolu Çayı üzerinde Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı, DSİ V. Bölge Müdürlüğü tarafından öngörülmüştür (EK–1). Su depolayıcı ve akım düzenleyici bu su yapısıyla, düzensiz akım rejimi gösteren Bolu Çayı ndan akan suları kontrol altına alıp, bölgede taşkın kontrolü ve enerji üretimi amaçlanmaktadır.

İnşaatı devam eden Köprübaşı Barajı ve HES projesi için kil çekirdekli kaya dolgu tipi uygun görülmüş olup (Şekil 3.1, Foto 3.1), boyutlandırma karakteristikleri Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde karakteristikleri

KÖPRÜBAŞI BARAJI GÖVDE KARAKTERİSTİKLERİ		
TİPİ	KİL ÇEKİRDEK+KAYA DOLGU	
KRET KOTU	449.00	m
KRET UZUNLUĞU	894.194	m
KRET GENİŞLİĞİ	12.00	m
TALVEGDEN YÜKSEKLİĞİ	120.00	m
TEMELDEN YÜKSEKLİĞİ	108.00	m
MEMBA BATARDOSU KOTU	379.50	m
TEMEL KOTU	13.75	m
GÖVDE HACMİ	8.444.000	m^3 (memba bat. dahil)

Bu tez çalışmasına, Köprübaşı Barajı ve HES inşaatının temeli atıldıktan sonra başlandığı için (2002 yılında), su depolama, akım düzenleme ve enerji üretimi yapılarının aks yeri ve göl alanında; temel olma, geçirgenlik ve kitle hareketleri yönünden muhtemel mühendislik jeolojisi problemleri çözümünde önceki verilerden de faydalanılmıştır. Ayrıca gövde dolgusu için kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri de bu bölümde incelenmiştir.

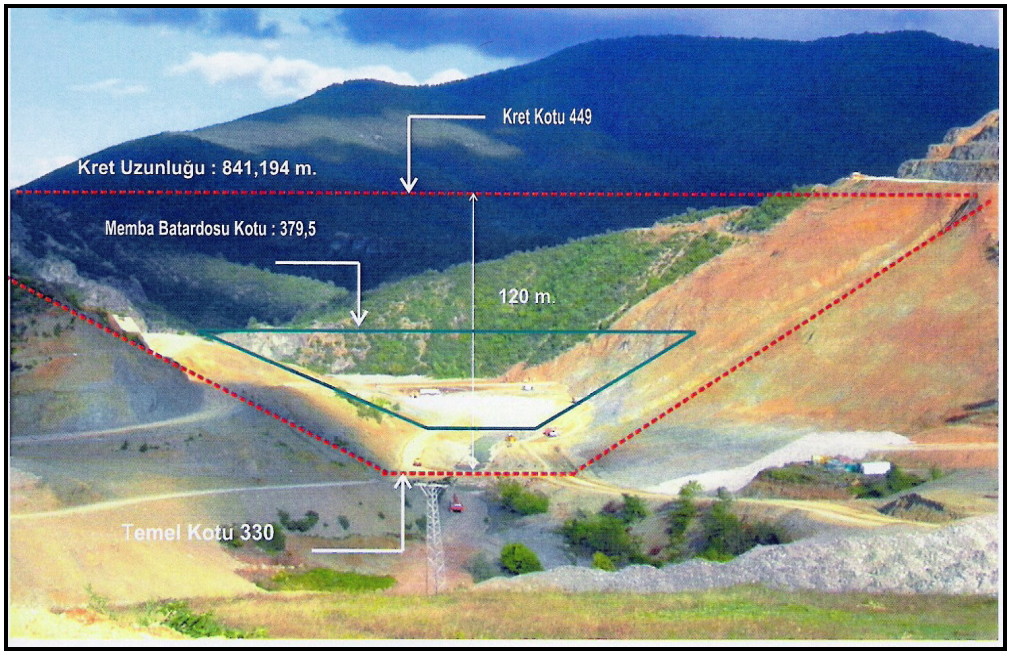
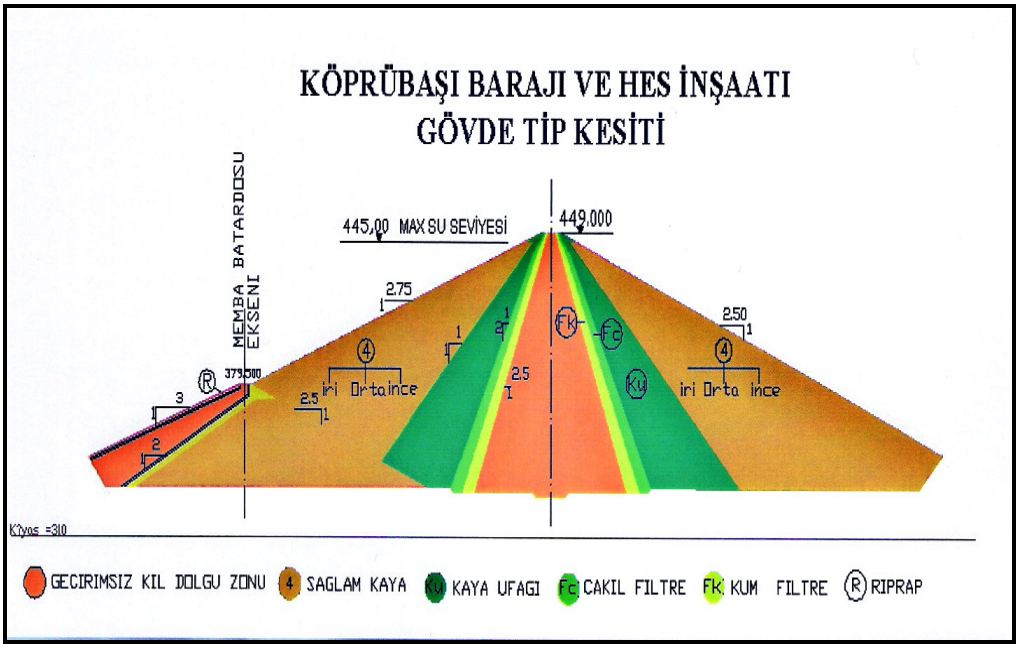


Foto 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde yeri



Şekil 3.1 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde tip kesiti

Köprübaşı Barajı aks yerinin uygunluğu açısından, Bolu Çayı üzerinde yapılan incelemelerde morfolojik olarak en uygun vadi şekli ve göl alanının genişliği ve

depolama hacmi bakımından baraj aks yerinin uygun olduğu görülmüştür (Foto 3.2, Foto 3.3).

Foto 3.2 Köprübaşı Barajı ve HES inşaatı gövde dolgusu

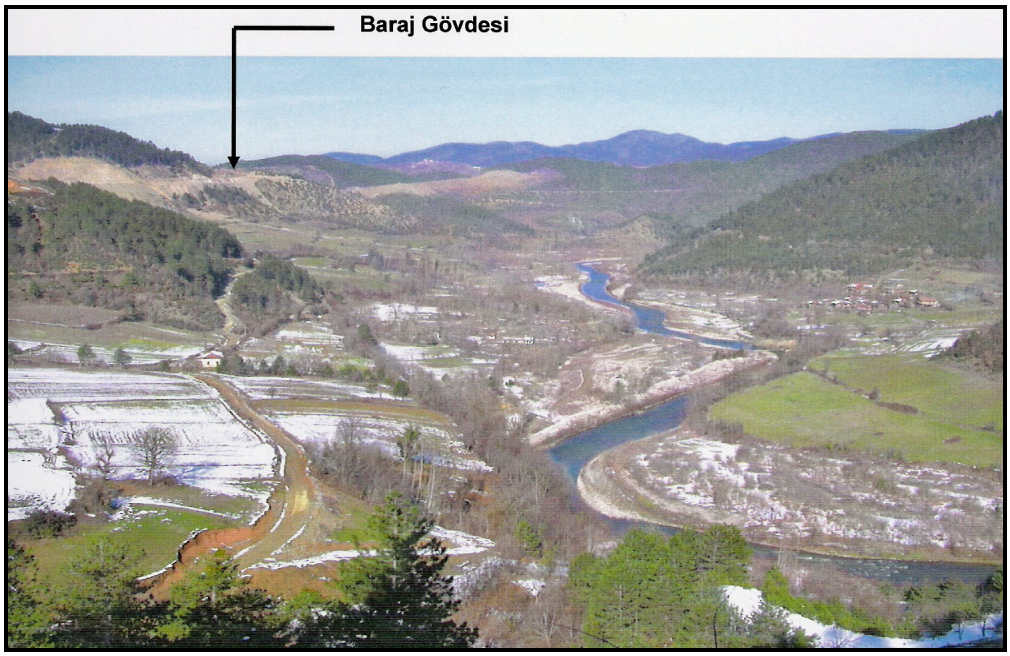


Foto 3.3 Köprübaşı barajı göl alanının memba tarafından görünümü

Köprübaşı Barajı baraj yeri ve göl alanında yapılan ayrıntılı jeoloji çalışmalarda, baraj yerinde 2-2.5 m kalınlıkta yamaç molozu, bitkisel toprak altında Bolu Granitoyidlerine ait granodiyoritler mostra vermektedir. Baraj yerinde yeşilimsi-gri renkte, genelde ince kristalli, memba batardosu ve yeraltı santral yerinde iri kristalli yapı gösteren granodiyoritler gözlenmektedir. Bu granodiyoritler özellikle yüzeye yakın kesimlerde çok çatlaklıdır. Çatlak sıklığı 1 m lik kaya kalınlığında 50 çatlağın üzerine çıkmaktadır. Çatlak genişlikleri 2 mm–1.5 cm arasında olup, seyrek olarak 7 cm ye kadar çıkmaktadır. Genellikle çatlaklar limonit, klorit, kalsit gibi ikincil minerallerle dolguludur. Alınan ölçülere göre hakim çatlak yönleri KD-GB ve KB-GD şeklindedir. Eğimleri ise 40°-50° KB ve KD' dur. Göl alanında ayrışma sonucunda aşırı bozuşma gösteren granodiyoritlerde, baraj yerinde de, sol sahilin üst kısımlarında (dolu savak civarında) yaklaşık 6 m, temelde 2 m, sağ sahilde ise 8,50 m kadar çok çatlaklı ayrışma zonu bulunmaktadır. Baraj yeri çevresinde KD-GB ve KB-GD yönlerinde 7–10 m' ye varan diyabaz, aplit ve pegmatit dayklarına rastlanılmıştır (Foto 3.4).

Foto 3.4 Köprübaşı Barajı-Gökçesu yolu yol yarmasında gözlenen aplit daykından bir görünüm

3.1 Baraj Aks Yeri Çalışmaları

Baraj aks yerinde görülen granodiyoritin kalınlık ve geçirgenliklerini tespit amacıyla 7 adet sondaj (SK–1, 2, 3, 4, 5, 6, TSK–3) çalışması yapılmıştır. Yapılan sondajlarda Karot Kurtarımı (TCR), Kaya Kalite Göstergesi (RQD), Serbest Permeabilite ve Basınçlı Su Testleri yapılmıştır. Deneylerde 0, 4, 6, 8, 10 atm basınç uygulanmış ve kaçak su miktarı tespit edilmiştir. Daha sonra Lugeon bağıntısı yardımıyla geçirimlilik katsayısı bulunmuştur (Basınçlı su deneyleri DSİ tarafından yapılmıştır). Bu sondaj kuyularının yerleri EK–6' da ve sondajlara ait kuyu logları Şekil 3.1.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ' de verilmiştir.

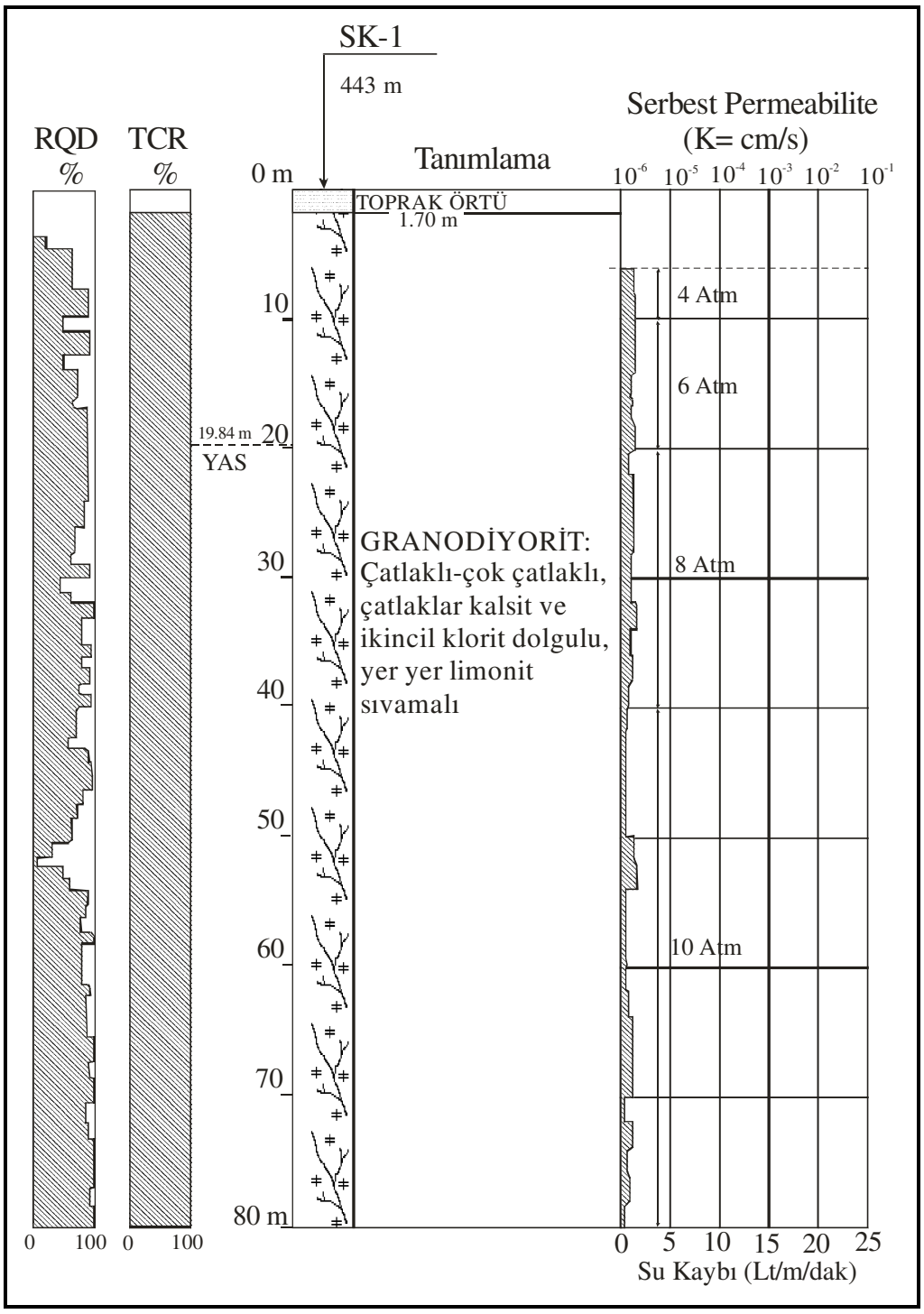
SK–1 Kuyusu eksenin sol kret ucunda, 433 kotunda, 80 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.1)

0.00-1.75 m Bitkisel toprak
1.75-80.00 m granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1.1 SK–1 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	6.00	$1x10^{-4}$	
6.00	80.00		1-2
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		20-96	
Ortalama RQD (%)		64	



Şekil 3.1.1 SK-1 no' lu sondaja ait kuyu logu

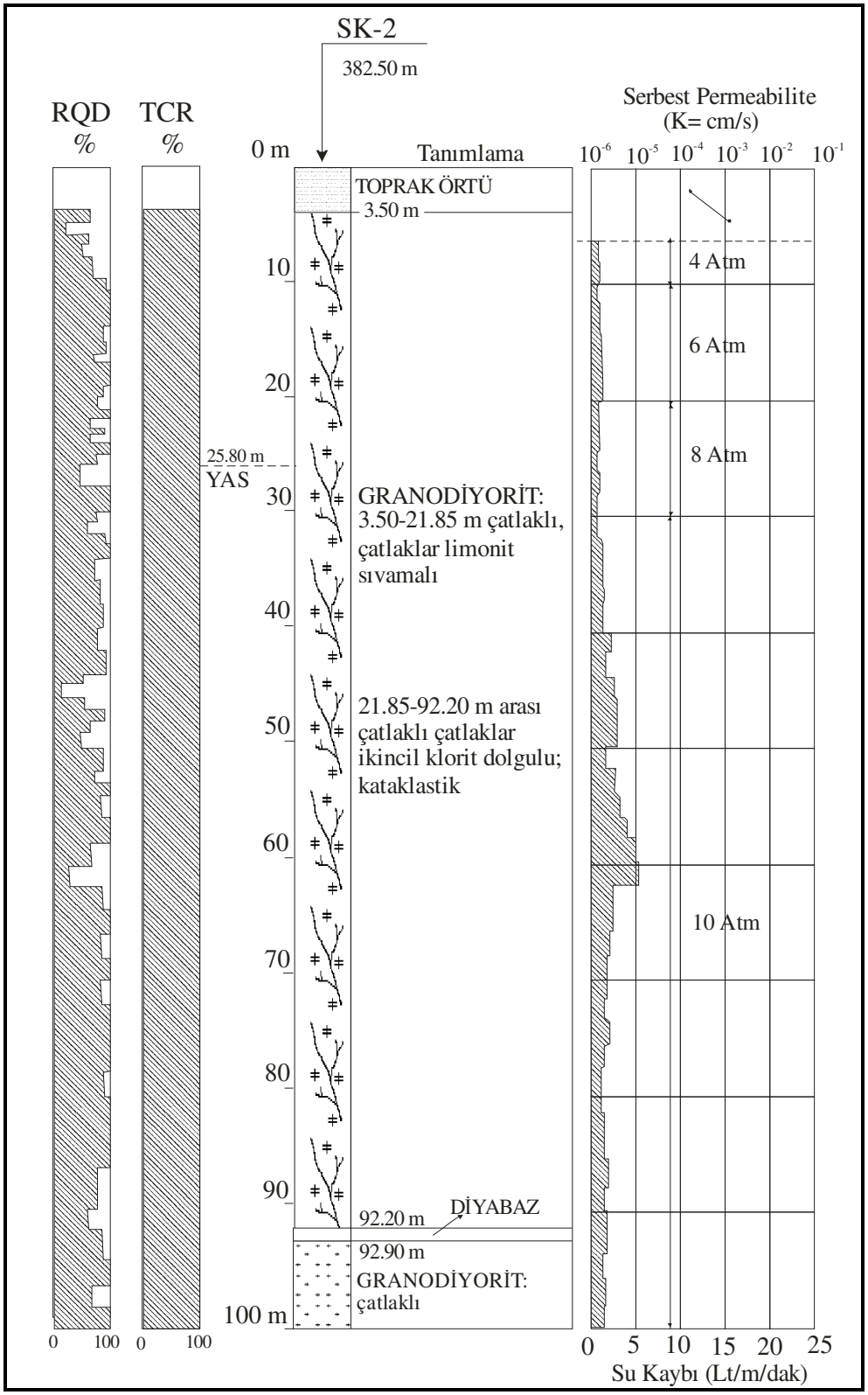
SK–2 Kuyusu eksenin sol yamacında, 382.50 kotunda, 100 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.2).

0.00-3.50 m Bitkisel toprak
3.50-92.20 m Granodiyorit
92.20-92.90 m Diyabaz
92.90-100.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.2' de verilmiştir.

Tablo 3.1.2 SK–2 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	6.00	$1x10^{-3}$ -$9x10^{-3}$	
6.00	40.00		2.5
40.00	42.00		2.8
44.00	52.00		1.6
52.00	54.00		2.5
54.00	56.00		3
56.00	58.00		3.8
58.00	60.00		4.5
60.00	62.00		5.6
62.00	68.00		2.5
68.00	100.00		1.2-1.8
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		10-100	
Ortalama RQD (%)		77	



Şekil 3.1.2 SK–2 no' lu sondaja ait kuyu logu

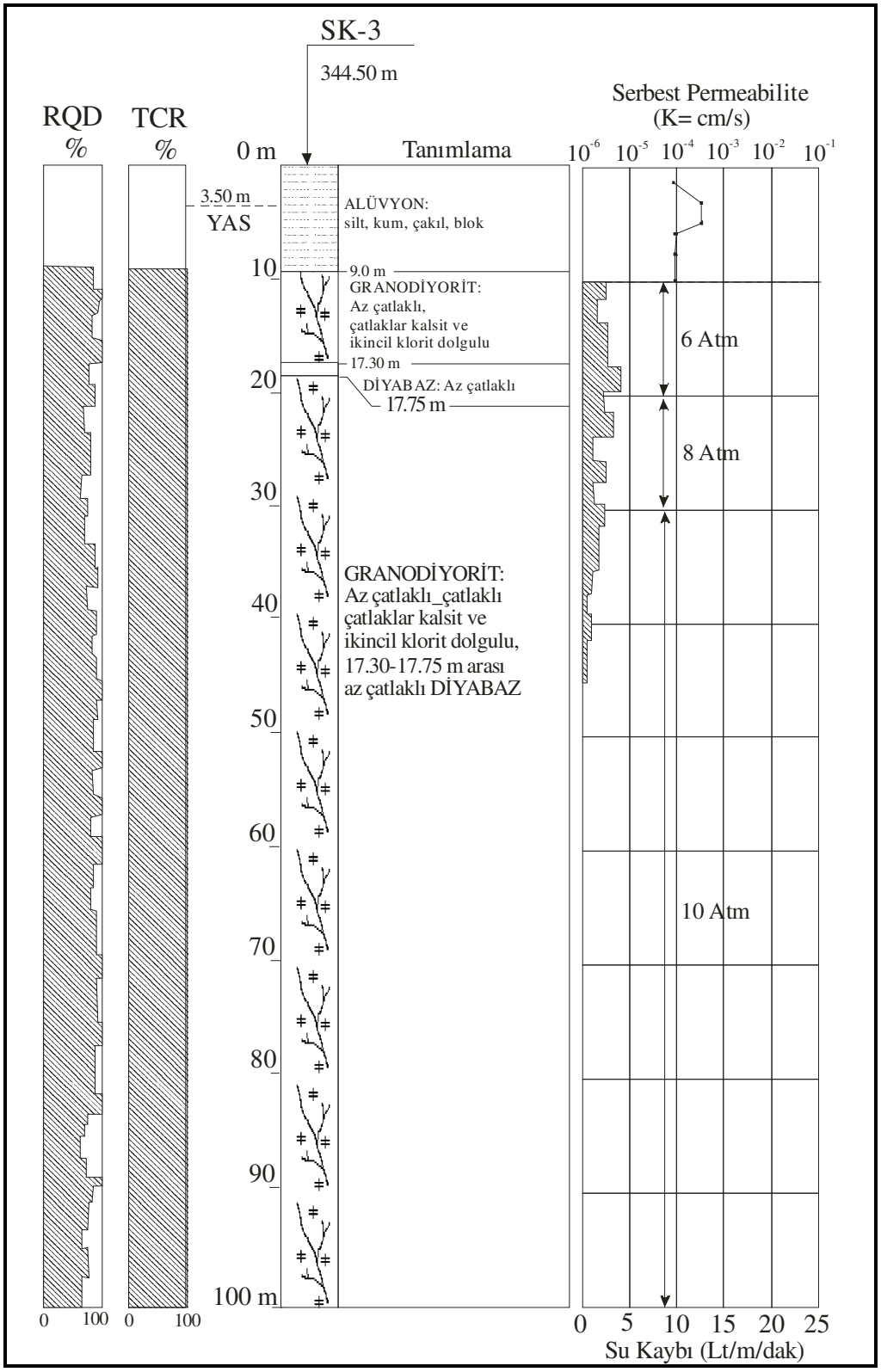
SK–3 Kuyusu talvegde, 344,50 kotunda, 100 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.3).

0.00-9.00 m Alüvyon
9.00-17.30 m Granodiyorit
17.30-17.75 m Diyabaz
17.75-100.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.3' de verilmiştir.

Tablo 3.1.3 SK–3 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	9.00	$5x10^{-3}$- $1x10^{-4}$	
10.00	12.00		2.50
12.00	14.00		1.20
14.00	18.00		2.80
18.00	20.00		4.00
20.00	22.00		2.20
22.00	24.00		3.00
24.00	26.00		1.20
26.00	28.00		2.50
28.00	30.00		1.20
30.00	32.00		2.20
32.00	36.00		1.80
36.00	42.00		1.20
42.00	46.00		0.50
46.00	100.00		0.00
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		14-100	
Ortalama RQD (%)		73	



Şekil 3.1.3 SK–3 no' lu sondaja ait kuyu logu

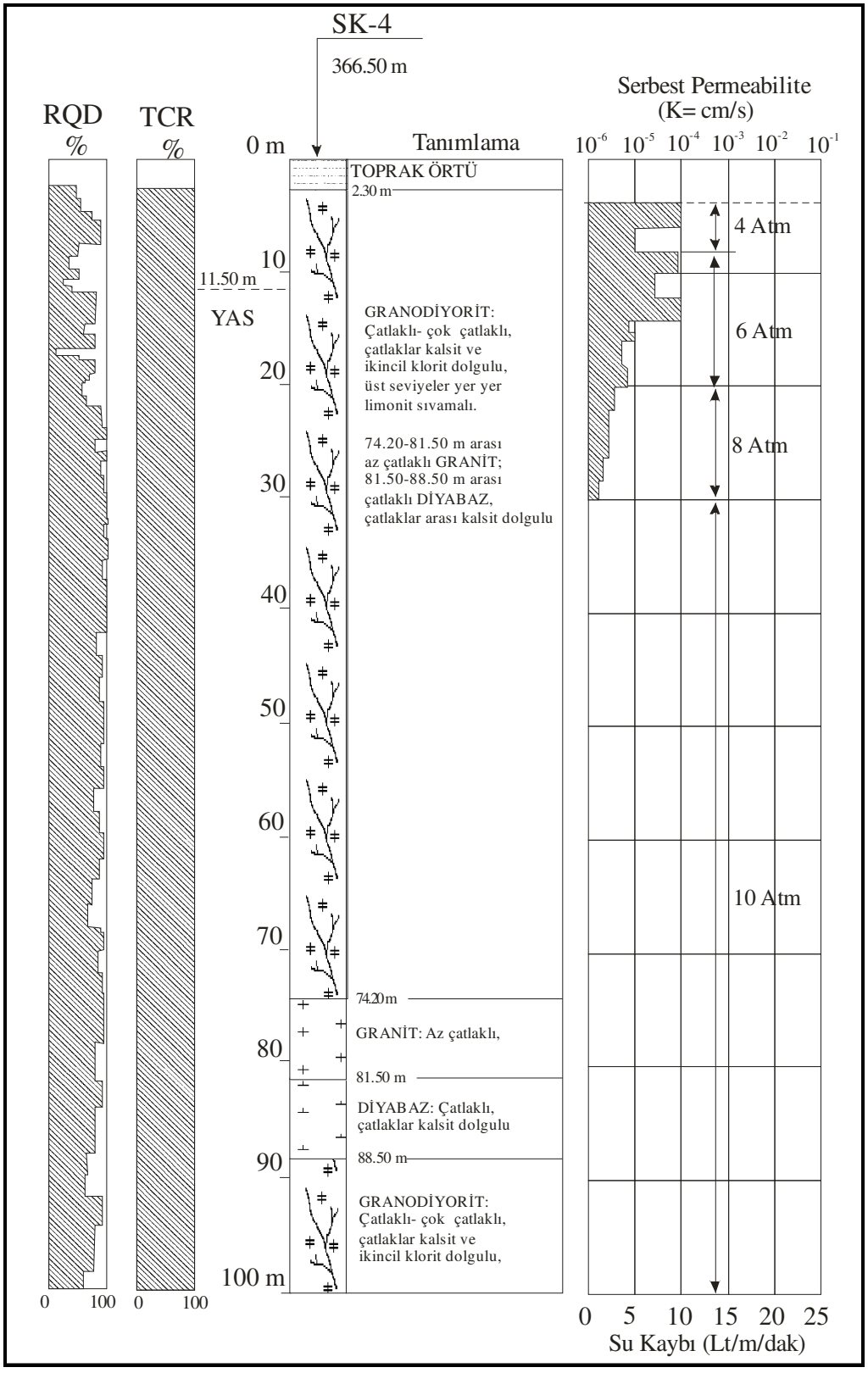
SK–4 Kuyusu sağ sahilde, 366,50 kotunda, 100 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.4).

0.00-2.30 m Bitkisel toprak
2.30-74.20 m Granodiyorit
74.20-81.50 m Granit
81.50-88.50 m Diyabaz
88.50-100.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.4' de verilmiştir.

Tablo 3.1.4 SK–4 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	4.00	$1x10^{-4}$	
4.00	6.00		10.00
6.00	8.00		4.50
8.00	10.00		9.00
10.00	12.00		7.50
12.00	14.00		9.00
14.00	16.00		4.50
16.00	18.00		3.50
18.00	20.00		4.00
20.00	22.00		2.60
22.00	26.00		2.20
26.00	28.00		1.50
28.00	30.00		1.00
30.00	100.00		0.00
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		10–100	
Ortalama RQD (%)		78	



Şekil 3.1.4 SK–4 no' lu sondaja ait kuyu logu

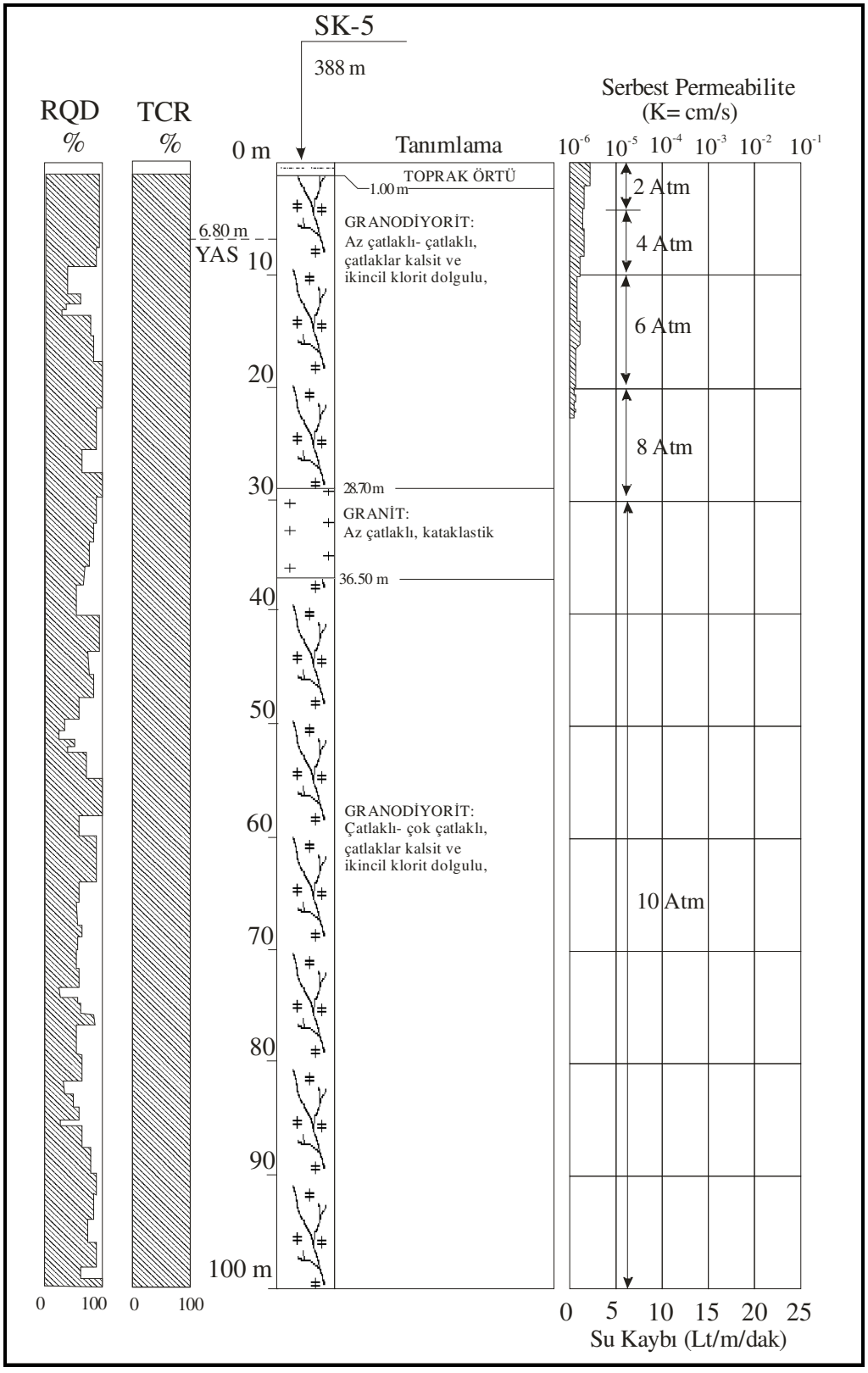
SK–5 Kuyusu sağ sahilde, 388 kotunda, 100 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.5).

0.00-1.00 m Bitkisel toprak
1.00-28.70 m Granodiyorit
28.70-36.85 m Granit
36.85-100.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.5' te verilmiştir.

Tablo 3.1.5 SK–5 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.60	2.00		2.20
2.00	4.00		1.50
4.00	6.00		1.20
6.00	8.00		1.50
8.00	10.00		1.20
10.00	14.00		0.50
14.00	16.00		1.20
16.00	20.00		0.50
20.00	22.00		0.20
22.00	100.00		0.00
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		0–97	
Ortalama RQD (%)		57	



Şekil 3.1.5 SK–5 no' lu sondaja ait kuyu logu

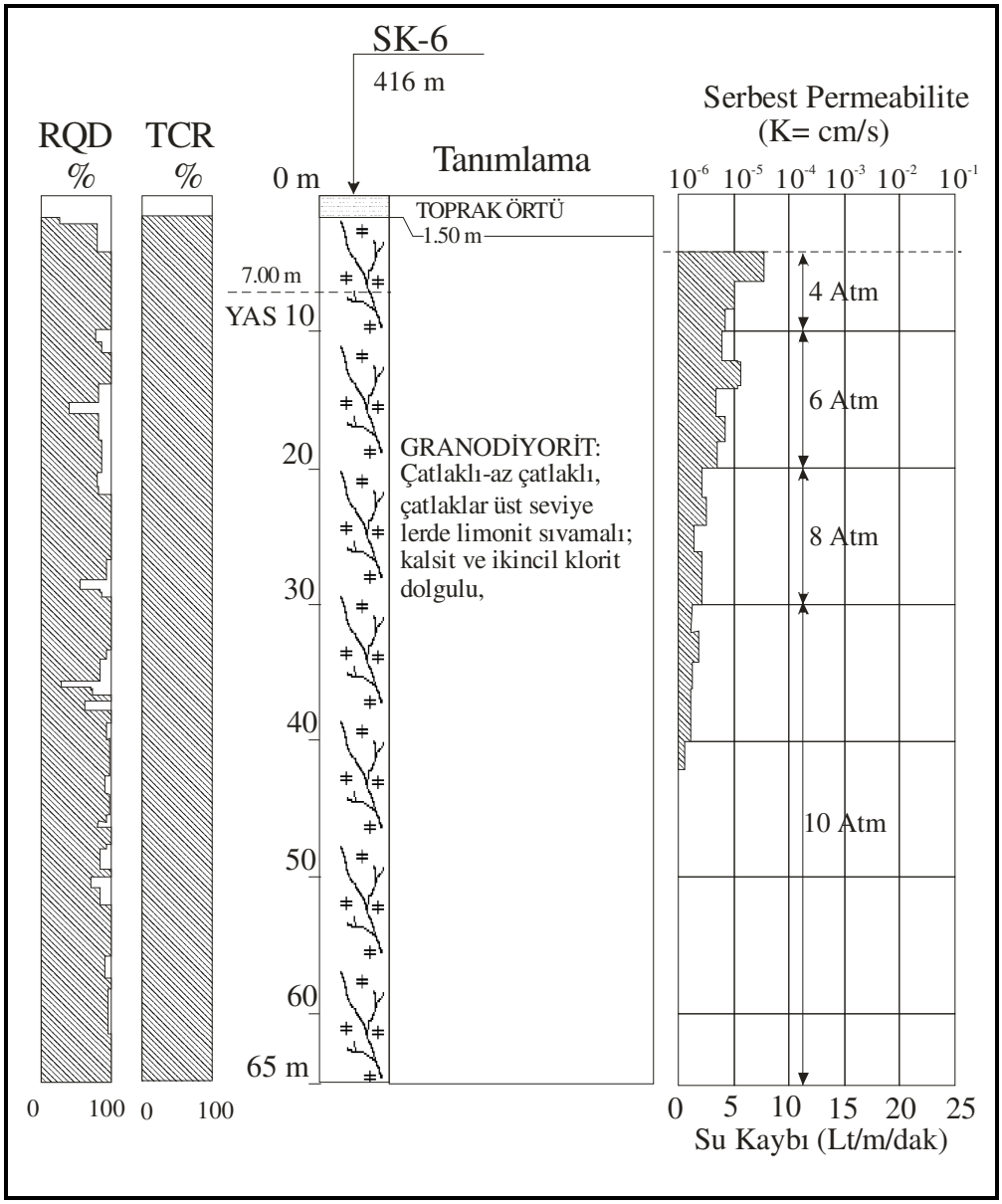
SK–6 Kuyusu sağ sahilde, 416 m kotunda, 65 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.6).

0.00-1.50 m Bitkisel toprak
1.50-65.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.6' da verilmiştir.

Tablo 3.1.6 SK–6 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	4.00	$1x10^{-4}$	
4.00	6.00		7.50
6.00	8.00		5.00
8.00	10.00		4.20
10.00	12.00		4.00
12.00	14.00		5.20
14.00	16.00		3.40
16.00	18.00		4.00
18.00	20.00		3.10
20.00	22.00		1.90
22.00	24.00		2.00
24.00	26.00		1.40
26.00	30.00		1.50
30.00	32.00		1.20
32.00	34.00		1.40
34.00	36.00		1.30
36.00	38.00		1.20
38.00	40.00		0.90
40.00	42.00		0.50
42.00	100.00		0.00
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		20–100	
Ortalama RQD (%)		89	



Şekil 3.1.6 SK–6 no' lu sondaja ait kuyu logu

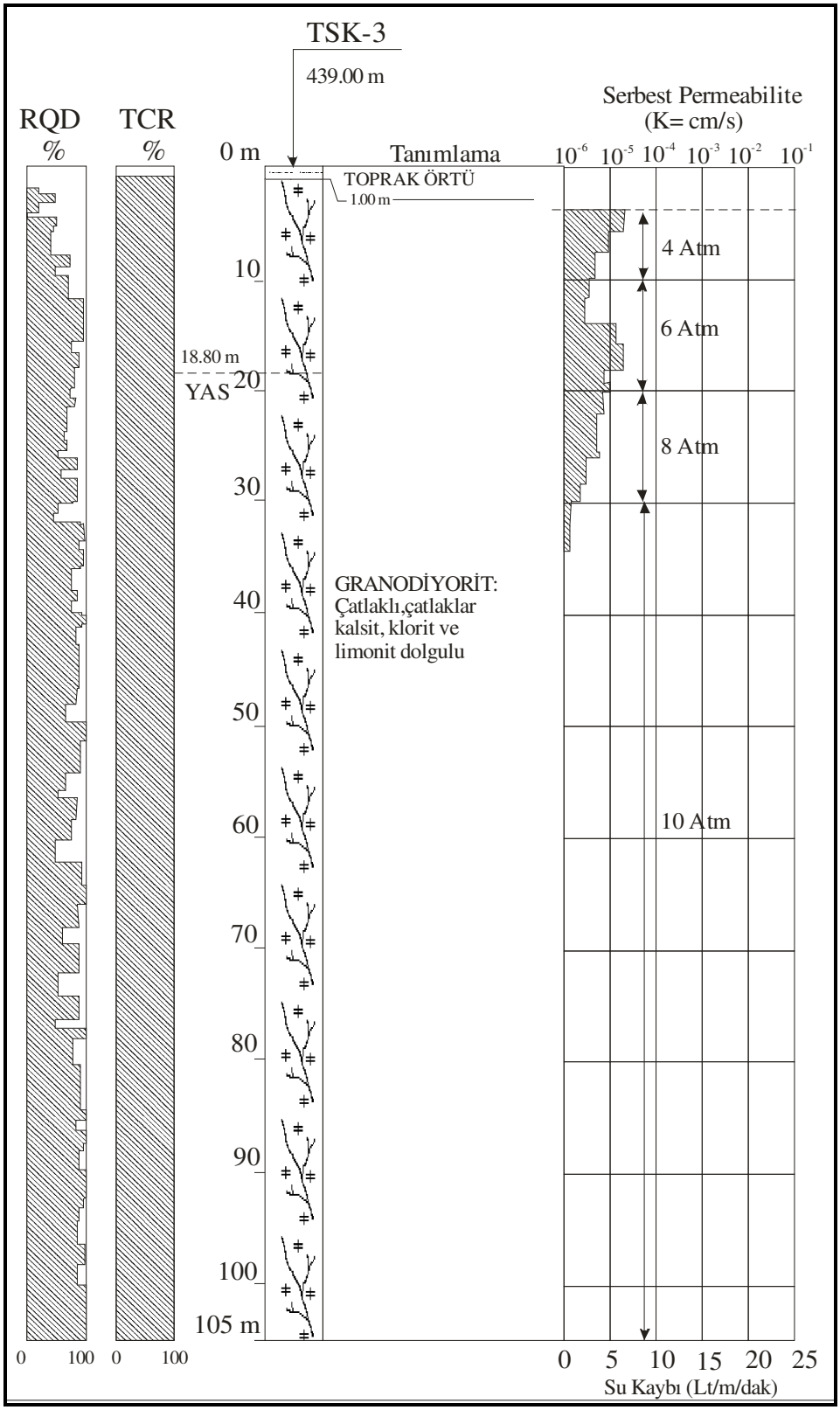
TSK–3 Hem derivasyon tüneli hem de sağ sahil kret ucunu temsil etmek üzere 439 m kotunda, 105 m derinlikte düşey olarak açılmıştır (Şekil 3.1.7).

0.00-1.00 m Bitkisel toprak
1.00-105.00 m Granodiyorit birimleri geçilmiştir.

Yapılan Serbest Permeabilite, Basınçlı Su Testleri, TCR ve RQD sonuçları Tablo 3.1.7' de verilmiştir.

Tablo 3.1.7: TSK–3 no' lu sondaj kuyusuna ait deney sonuçları

Sondaj Derinliği (m)		**Serbest Permeabilite K= cm/sn**	**Basınçlı Su Testleri Lu= lt/m/dak**
0.00	4.00	$1,5x10^{-4}$	
4.00	6.00		6.90
6.00	8.00		5.00
8.00	10.00		3.40
10.00	12.00		2.80
12.00	14.00		2.50
14.00	16.00		5.60
16.00	18.00		6.80
18.00	22.00		4.30
22.00	26.00		3.70
26.00	28.00		5.60
28.00	30.00		1.90
30.00	32.00		1.00
32.00	34.00		0.50
34.00	100.00		0.00
Karot Kurtarımı (%)		100	
RQD değerleri (%)		23–100	
Ortalama RQD (%)		81	



Şekil 3.1.7 TSK–3 no' lu sondaja ait kuyu logu

Çatlaklı kayalar için "Bureau of Reclamation" tarafından öngörülen permeabilite değerlerine göre (Tablo 3.1.8) yapılan sınıflama bu çalışmada esas olarak alınmış ve aks sahalarının geçirimlilikleri bu sınırlara göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1.8 "Bureau of Reclamation" tarafından permeabilite değerlerine göre sınıflama

PERMEABİLİTE (cm/sn)	**KAYACIN NİTELİĞİ**
10^{-7}-10^{-6}	GEÇİRİMSİZ
10^{-6}-10^{-5}	AZ GEÇİRİMLİ
10^{-5}-10^{-4}	YARI GEÇİRİMLİ
10^{-4}-10^{-3}	GEÇİRİMLİ
$>10^{-3}$	ÇOK GEÇİRİMLİ

Yapılan basınçlı su testlerine göre sol sahilde üst seviyelerde su kaçakları 0–1 lugeon arasındadır. SK–2 kuyusunun 30–75 m' ler arasında kaçaklar 2.5 lugeon civarında olup, 58–62 m' ler arasında 5.6 lugeona kadar yükselmektedir. Bu değerlere göre sol sahil geçirimsizdir. Talvegde alüvyonun azami kalınlığı 9 m olup, silt, kum ve çakılın değişik oranda karışımından oluşmuştur (SK–3). Talvegde alüvyonun geçirimliliği K=10^{-3}, 10^{-4} cm/sn mertebesindedir. Alüvyonun altında ana kayada (Granodiyorit) 45 m derinliğe kadar azami su kaçağı 2.5 lugeon dur. Daha alt seviyeler ise tamamen geçirimsizdir. Sağ sahilde üst seviyelerde azami su kaçağı 10 lugeona kadar çıkmakta olup, genelde 5-6 lugeon civarındadır. Buna göre sağ sahil üst kotları 20 m' ye kadar geçirimli olup, ortalama 30 m den sonra geçirimsizdir.

Buna göre baraj aks yerinde toprak örtü ve alüvyonal malzeme sıyrılıp sahadan uzaklaştırıldıktan sonra, ana kayada 30–45 m derinlikte yapılacak perde enjeksiyonu ile geçirimsizlik sağlanabilmektedir.

Baraj gövde tipi seçiminde kullanılan bir diğer sınıflama Vadi şekli faktörüdür. Mevcut baraj aks yeri için vadi şekli faktörü;

$k = h / b * (\tan U1 + \tan U2)$ bağıntısı kullanılırsa ki burada

k : Vadi şekli faktörü

b : Vadi taban genişliği

h : Baraj yüksekliği

U_1, U_2 : Vadi yamaçlarının düşeyle yaptığı açı (derece) dir.

$$k = 120 / 20 * (\tan 20 + \tan 30)$$

$k = 5{,}647$ bulunur.

ABD' de "Bureau of Reclamation" tarafından kabul edilen vadi şekli faktörünün sınırlarına göre sınıflama,

$k \leq 4{,}5$ ise kemer tipi baraj

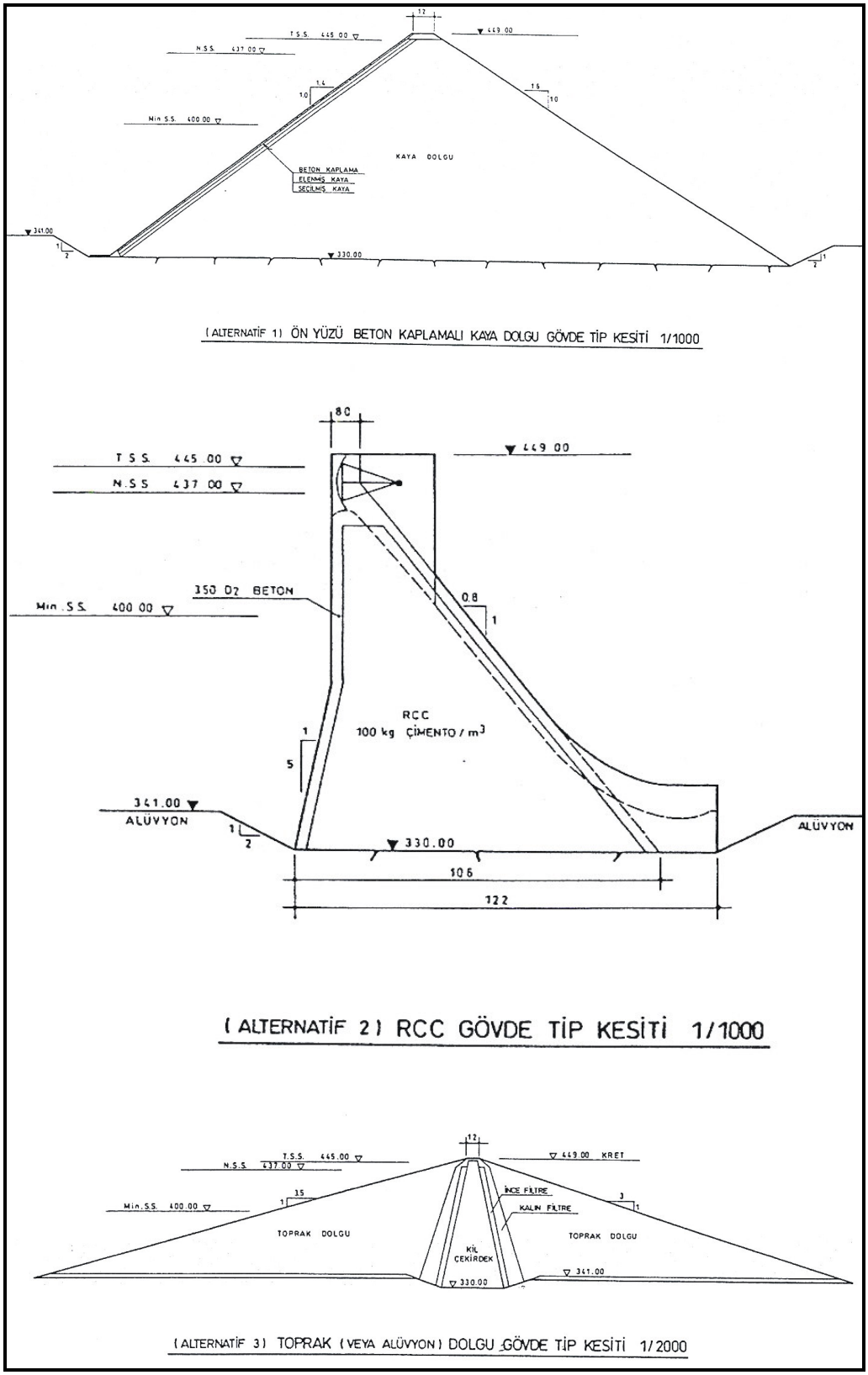
$k > 4{,}5$ ise ağırlık veya payandalı ağırlık tipi baraj

seçimi yapılmaktadır.

Vadi şekli faktörüne göre Köprübaşı Barajı, ağırlık veya payandalı ağırlık tipinde olmalıdır. Proje aşamasında baraj tipi olarak 3 alternatif öne sürülmüştür (Şekil 3.1.8). Bunlar;

1- Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu tipi
2- RCC gövde tip kesiti
3- Toprak (veya alüvyon) dolgu gövde tipi

Baraj tipi seçimine etki eden diğer faktörler (Jeolojik ve litolojik, malzeme sağlama, ekonomik faktörler vb.) göz önüne alındığında, Toprak (veya alüvyon) dolgu gövde tipi barajın inşası uygun olduğundan bu tip baraj yapımına karar verilmiştir.



Şekil 3.1.8 Köprübaşı barajı alternatif gövde tipleri

3.1.1 Göl Alanının Geçirimliliği

Göl alanını Paleozoyik yaşlı gnays ve şistler oluşturmaktadırlar. Bu birimler içerisinde yine Paleozoyik yaşlı merceksel, karstik kireçtaşları da bulunmaktadır. Göl alanında merceksel haldeki bu kristalize kireçtaşları geçirimsiz birimler ile (Gnays-şist) çevrili olduklarından geçirimlilik yönünden bir sorun beklenmemektedir. Üst Kretase yaşlı kireçtaşları, göl alanının sonunda ve çoğunlukla maksimum su kotu üzerinde mostra vermektedirler ve bu nedenle geçirimlilik yönünden bir sorun oluşturmamaktadırlar. Gölalanı sonuna doğru mostra veren Üst Paleosen-Eosen yaşlı flişler ise geçirimsizdir (EK–3).

Göl alanında yer alan kaya birimlerinde duraylılık yönünden önemli bir sorun gözlenmemiştir. Ancak, göl alanında bulunan yamaç molozlarının su ile teması sonucunda ufak akmalar beklenmelidir. Göl alanının sonuna doğru, sağ sahilde flişler içerisinde yer yer küçük çaplı kaymalar gözlenmektedir. Ancak bunların göl kotu üzerinde ve küçük boyutlarda olması nedeniyle duraylılık yönünden önemli bir sorun yaratmayacağı düşünülmektedir (EK–3).

3.1.2 Diğer Yapı Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi

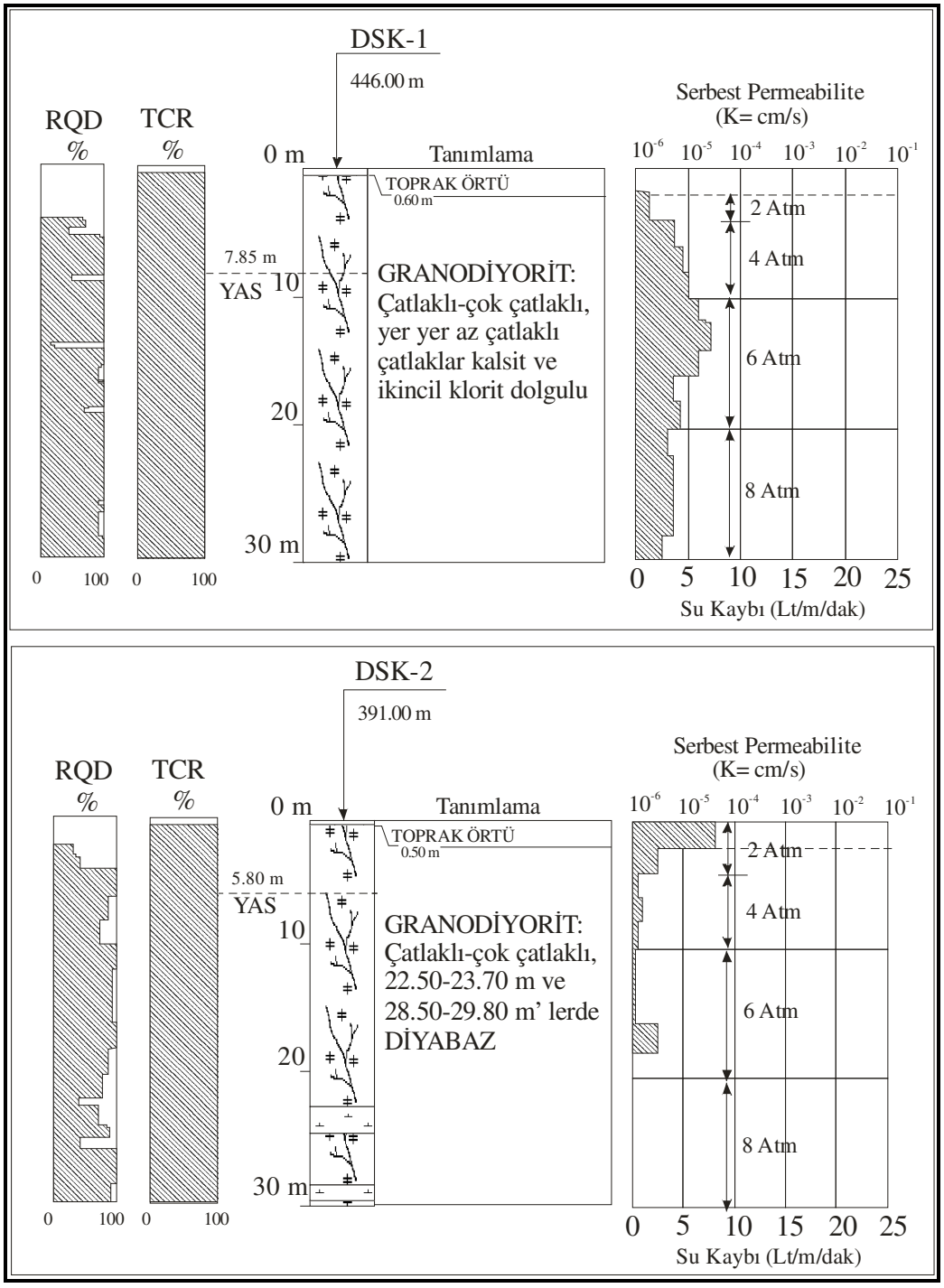
3.1.2.1 Dolusavak

Dolusavak, aks yeri sağ sahilde projelendirilmiştir (EK–4). Dolusavak güzergahında DSİ tarafından 2 adet (DSK–1 ve DSK–2) sondaj açılmıştır (Şekil 3.4). DSK–1 sondaj kuyusunun olduğu yerde ayrışma zonu yaklaşık 10 m olup, dolusavak kazı sınırı 22 m derinliktedir. DSK–2 sondaj kuyusunun olduğu yerde ayrışma zonu yaklaşık 5 m olup, dolusavak kazı sınırı ise 6 m' dedir. Dolusavak güzergahında kazı sınırı derin olduğu için ayrışmış zon kazıda kaldırılmıştır (Foto 3.4). Ayrışmış zonun altındaki ana kayada gözlenen çatlaklar ikincil mineraller ile dolguludur. DSK–1 no'

lu sondaj kuyusunun bulunduğu yerde ortalama RQD: % 82 dir. Gerek RQD nin yüksek, gerekse kayacın ayrışmamış (taze) olması nedeniyle burada yapılacak kazılarda şevlerin 1 yatay; 2 düşey alınması uygun olacaktır.

Foto 3.5 Dolusavak 1. kademe kazısının tamamlanmış görünümü (Ekim–2007)

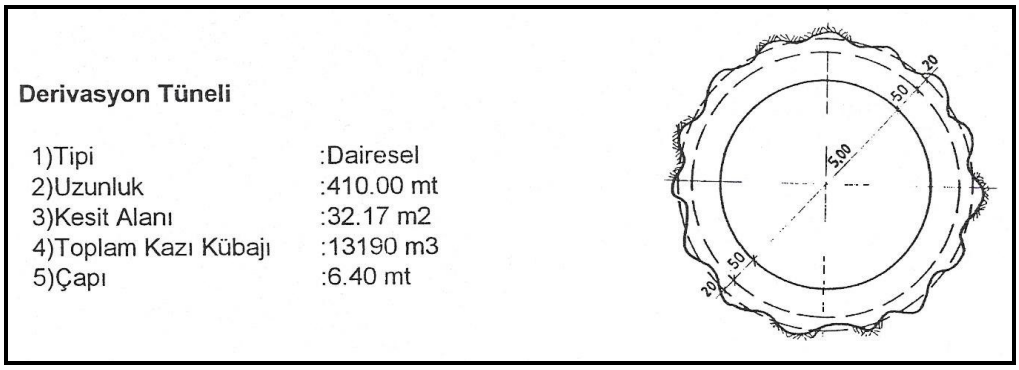
Ancak, kazı sonrasında granodiyoritin ayrışmasını önlemek amacıyla kazının uzun süre açıkta bırakılmaması, püskürtme betonu ile korunması, eğer gerekirse blok düşmelerini önlemek için kaya bulonu uygulanması önerilmektedir. Deşarj kanalı sonuna doğru ve sıçratma eşiği yerinde yaklaşık 10 m kalınlığında eski nehir taraçaları bulunmaktadır (EK–4). Gerek dolusavak, gerekse sıçratma eşiği altında yer alan taraçalar kaldırılmalı, granodiyoritlerin ayrışmış kısımları temizlenmelidir.



Şekil 3.1.9 Dolu savak yerinde açılan DSK–1 ve DSK–2 no' lu sondaj kuyularına ait kuyu logları

3.1.2.2 Derivasyon Tüneli (Dipsavak olarak ta kullanılacaktır)

Derivasyon tüneli sağ sahilde 410 m uzunluğunda ve 6.40 m (iç çapı 5.0 m) çapında dairesel kesitli olarak projelendirilmiştir (Şekil 3.1.10). Tünel güzergahında DSİ tarafından 4 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır (TSK–1, 2, 3, 4) (Şekil 3.1.11, 12, 13, 14, 15). Açılan sondajlara göre tünel güzergahı km 0+000 – 0+070 arası grano diyorit, km 0+070 – 0+100 arası mikrogranit, km 0+100 – 0+410 arası granodiyorit kesilmiştir. Granodiyoritler yüzeyde 3.00–11.50 m arasında değişen derinlikte çok parçalı ve ayrışmış özellik göstermektedirler. TSK–2 no' lu kuyuda ise 10.5 m kalınlıkta taraça vardır. Tünel kotu ise giriş ve çıkış portalleri dışında topografyanın 60–90 m altından geçmektedir ve su kaçakları Lu=0 lt/m/dak düzeyindedir. Tünel, yeraltı su seviyesi altında açılmıştır.



Şekil 3. 1.10 Derivasyon tüneli metrajı ve tipi kesiti

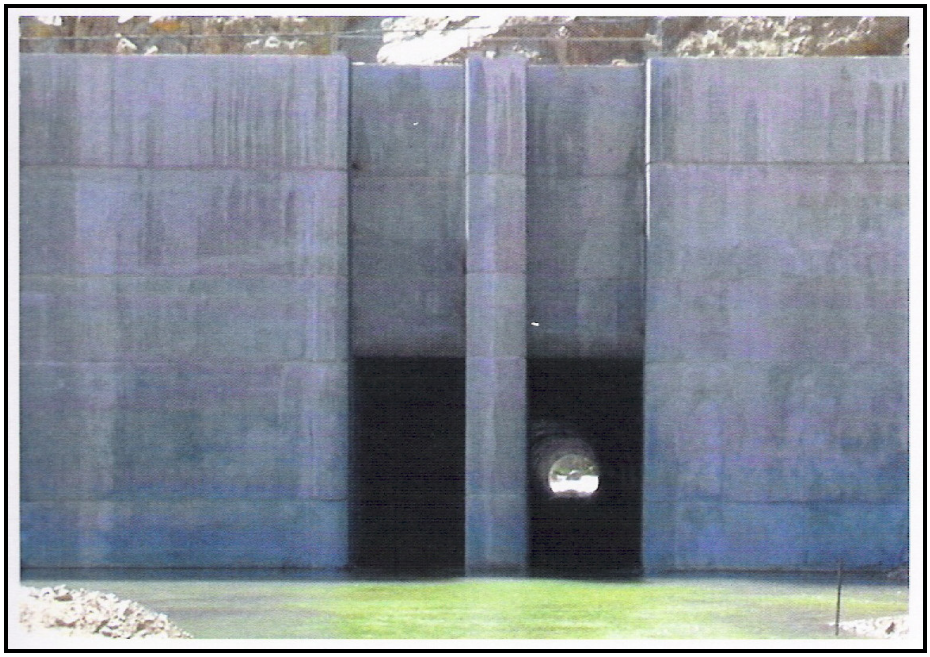
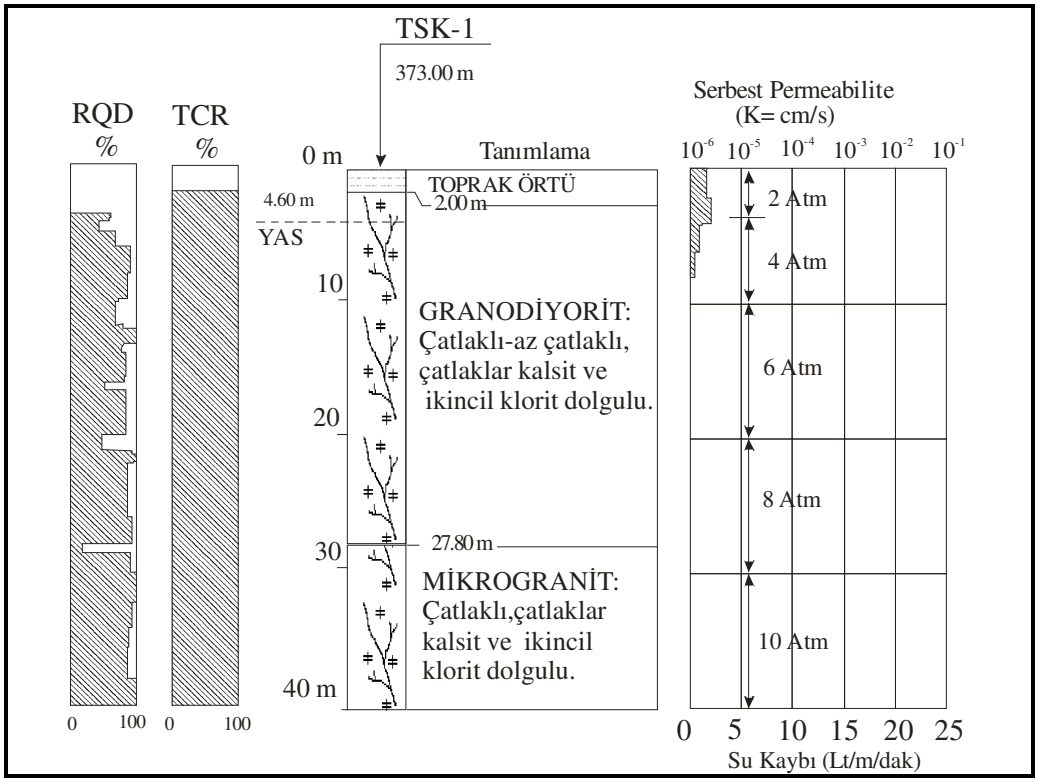
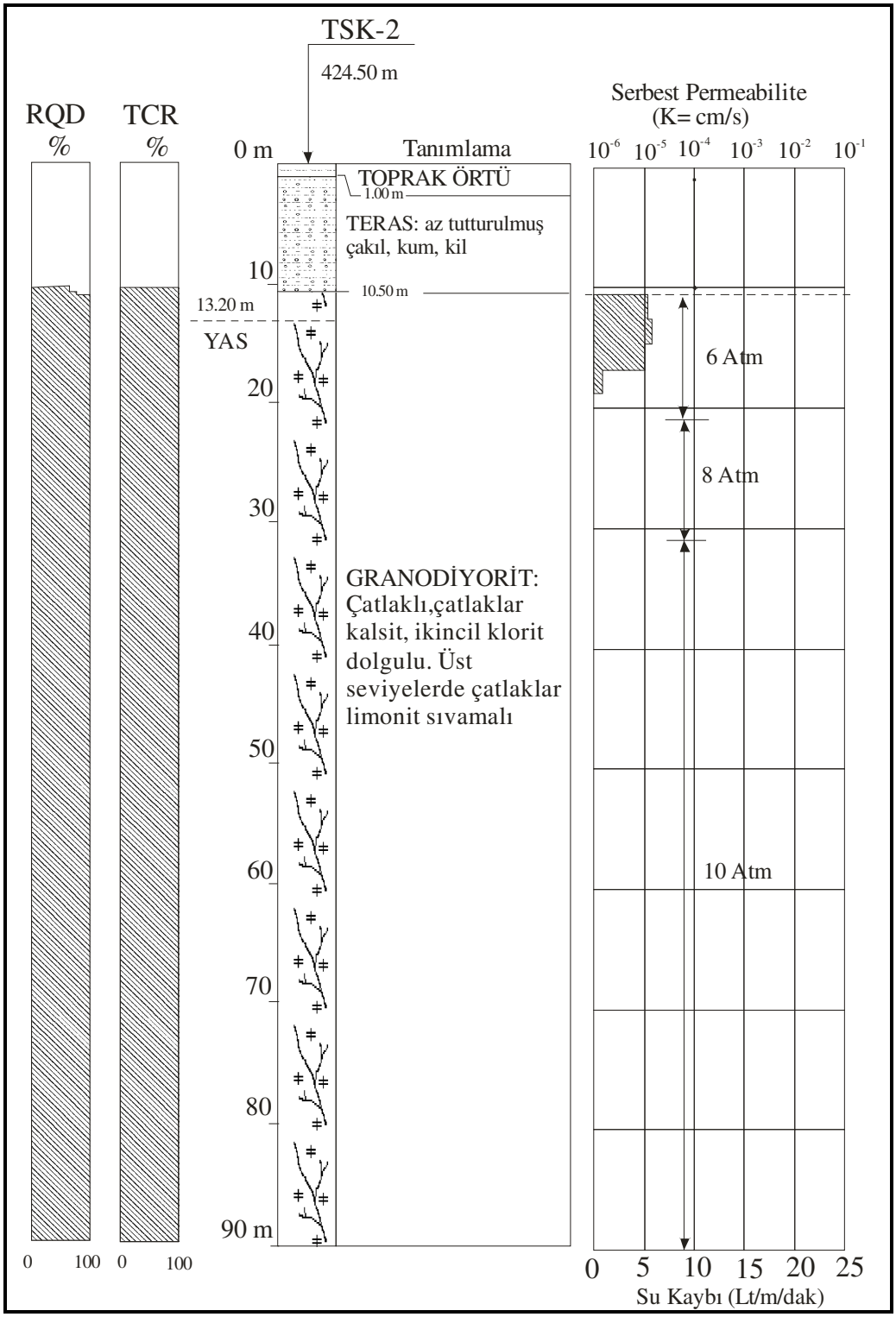


Foto 3.6 Derivasyon tüneli Girişinden bir görüntü

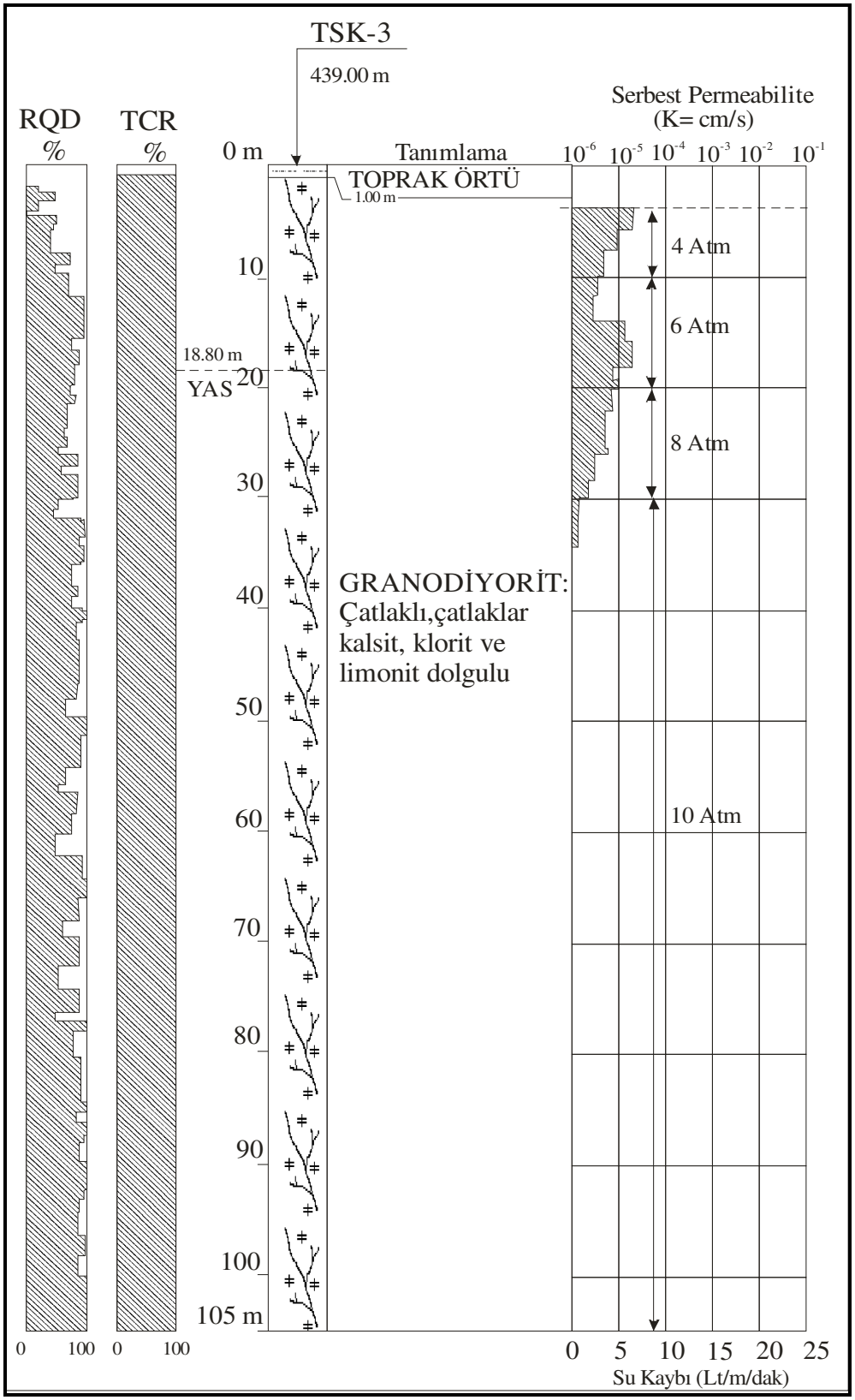
Foto 3.7 Derivasyon tüneli çıkışından bir görüntü



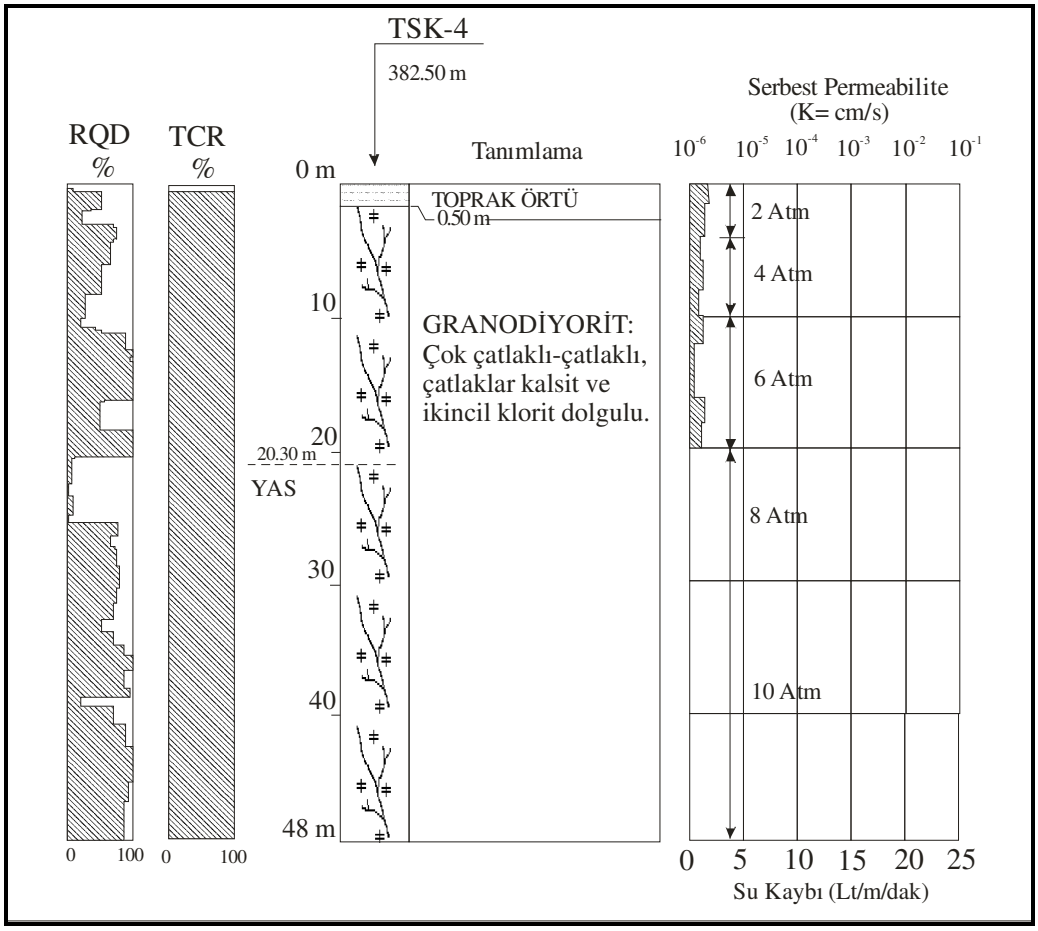
Şekil 3.1.11 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–1 no' lu sondaj ve kuyu logu



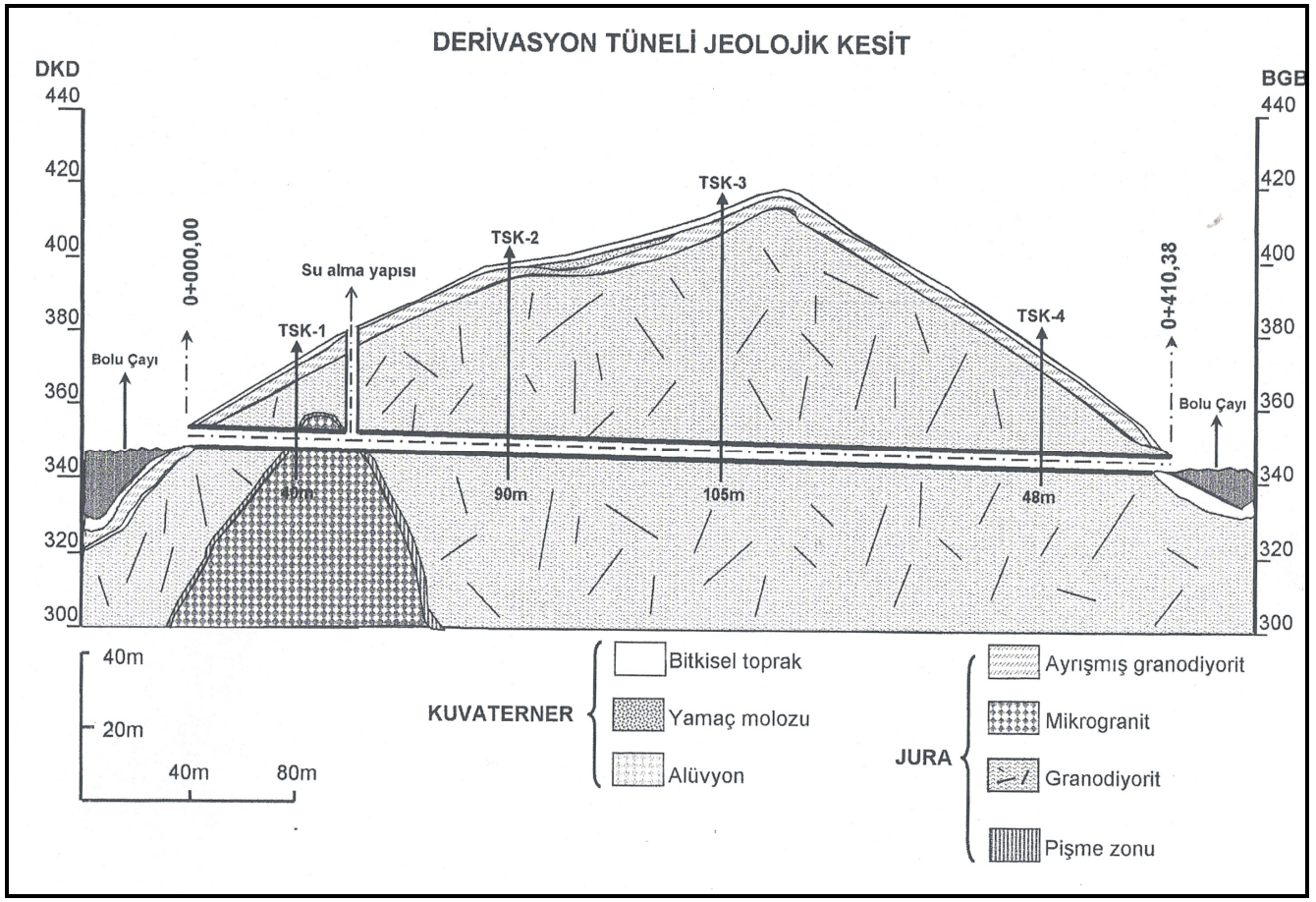
Şekil 3.1.12 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–2 no' lu sondaj ve kuyu logu



Şekil 3.1.13 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–3 no' lu sondaj ve kuyu logu



Şekil 3.1.14 Derivasyon tüneli boyunca açılmış TSK–4 no' lu sondaj ve kuyu logu

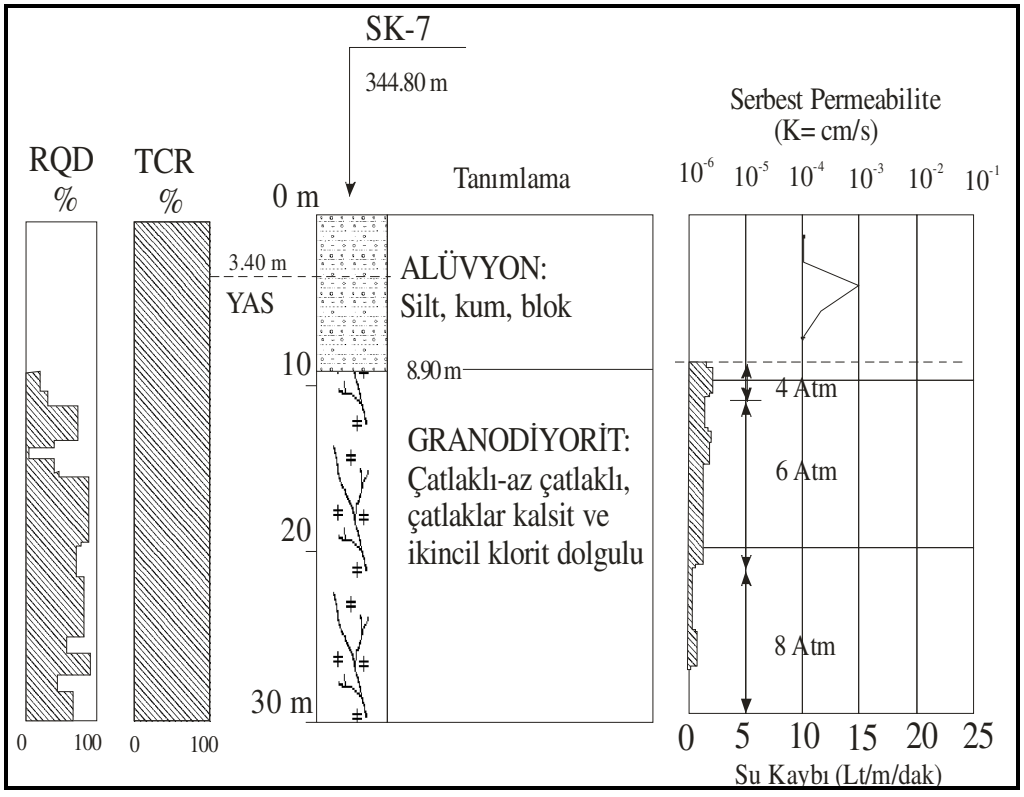


Şekil 3.1.15 Derivasyon tüneli sondaj noktaları ve jeolojik kesit

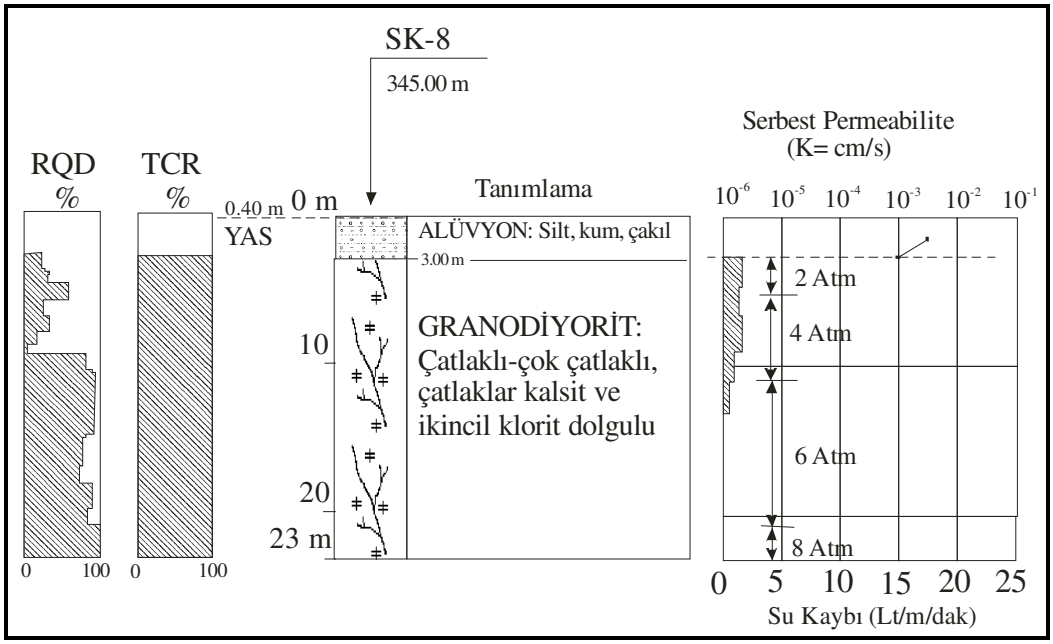
3.1.2.3 Batardolar

Menba batardosu, gövdeden ayrı olarak nehrin kurp yaptığı yerde projelendirilmiş ve yapımı bitirilmiştir. Kret kotu 362.70 m olup, sol sahilde granodiyoritlerin, sağ sahilde ise yaklaşık 2–3 m kalınlığındaki eski nehir taraçalarının üzerine oturmaktadır. Alüvyon kalınlığı baraj yerinde açılan SK–7 ve SK–8 no' lu sondajlara göre 9 m kadardır (Şekil 3.1.16 ve Şekil 3.1.17). Batardo yerinde yamaçlarda ve alüvyonda taşıma gücü yönünden herhangi bir problem beklenmemektedir.

Mansap batardosu, gövdenin 30 m kadar mansabında projelendirilmiştir. Kret kotu 343.00 m olup, her iki yakada da granodiyoritlerin üstüne oturmaktadır. Taşıma gücü yönünden gerek yamaçlarda, gerekse alüvyonda herhangi bir problem beklenmemektedir.



Şekil 3.1.16 Memba batardosu yerinde açılan SK–7 no' lu sondaj ve kuyu logu

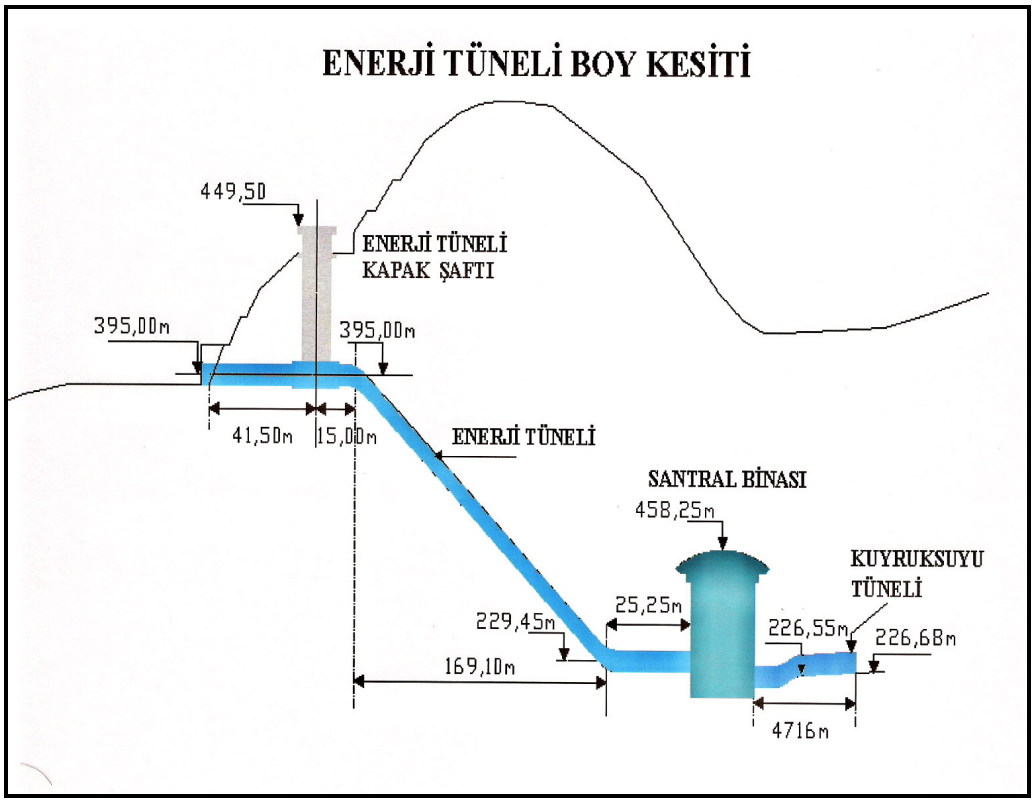


Şekil 3.1.17 Memba batardosu yerinde açılan SK–8 no' lu sondaj ve kuyu logu

3.2 HES TÜNELLERİ

3.2.1 Enerji Tüneli

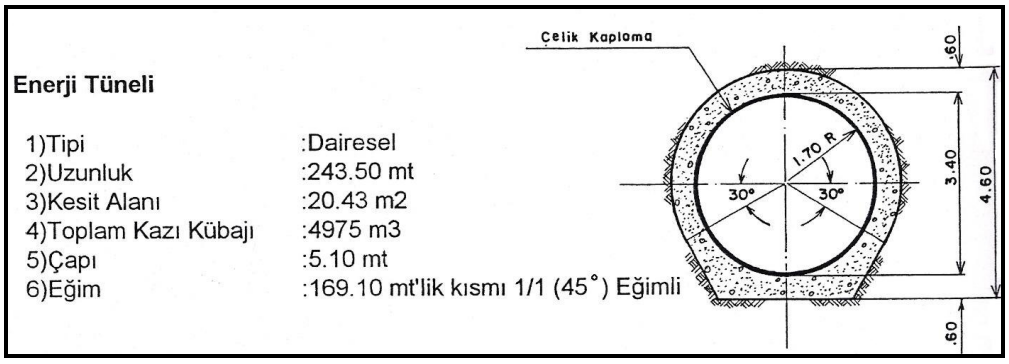
Su alma yapısından itibaren yaklaşık 50 m uzunluğunda yatay olarak açılacak olan yaklaşım tünelinden sonra 250 m uzunluğa ve 169 m düşeye sahip bir enerji tüneli ile su, yeraltı santraline getirilecektir. Her iki tünelde granodiyorit ve diyabazların içinde açılması planlanmaktadır. Yaklaşım tünelinin üstünde yaklaşık 60 m et kalınlığı vardır (Şekil 3.2.1).



Şekil 3.2.1 Köprübaşı Barajı enerji tüneli boy kesiti

Tüneller, yeraltı suyu kotunun altında açılacaktır. Çatlaklardan belirli miktarda su gelimi söz konusu olmasına karşın aşırı bir su boşalımı beklenmemektedir. Granodiyoritler yüzeyden itibaren ortalama 6–8 m derinliğe kadar ayrışmış ve çok çatlaklıdır. Derine doğru, genel olarak 10–15 m derinlikten sonra kaya kalitesi

iyileşmekte ve eklem - çatlak sıklığı azalmaktadır.

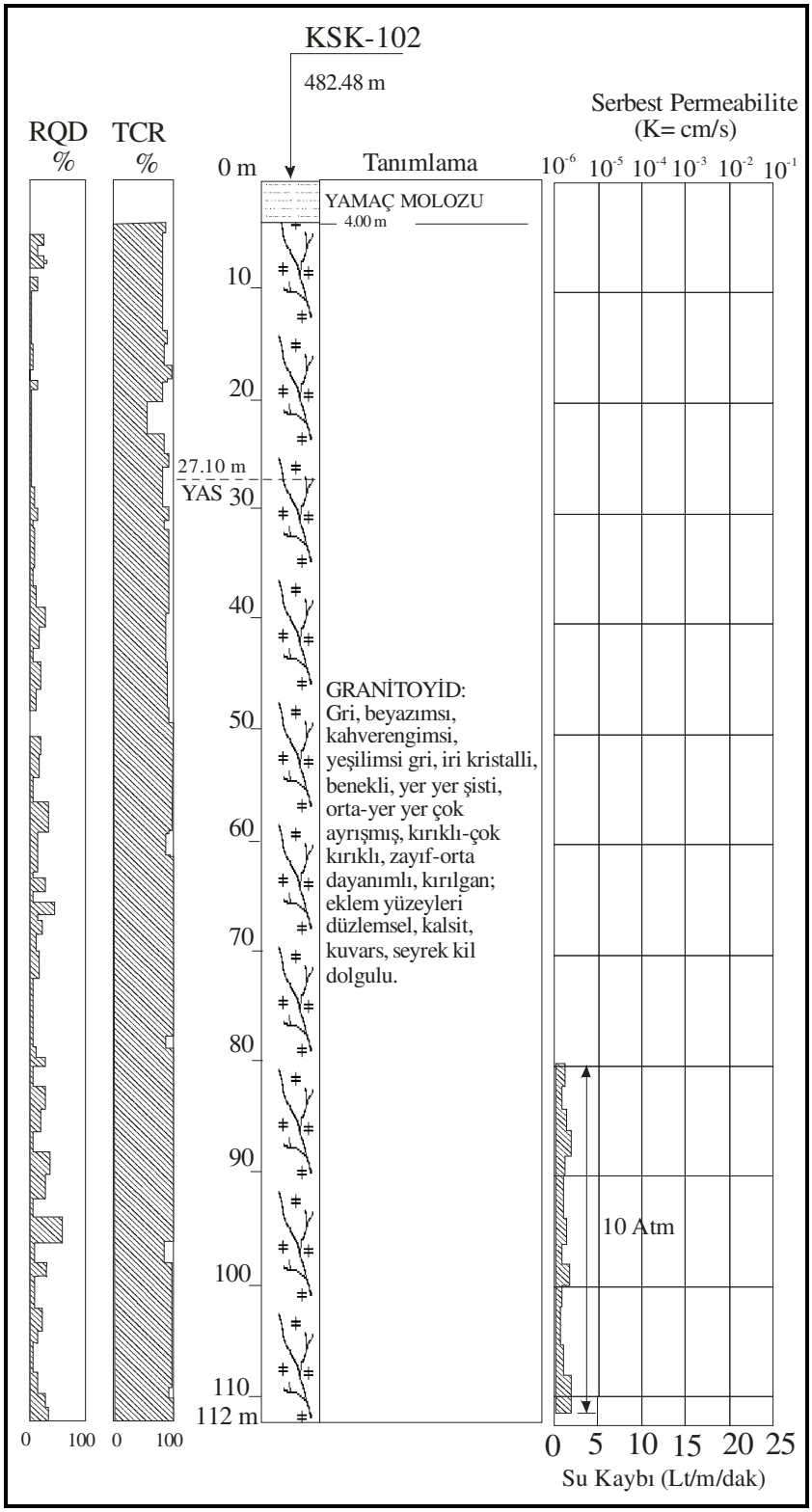


Şekil 3.2.2 Enerji Tüneli metraj ve tipi

Daha önceki çalışmalarda enerji tüneli olarak düşünülen ve yüzeye daha yakın tünel güzergahında açılan sondajlardan (Şekil 3.2.3,4,5,6) alınan karot örneklerinde yapılan nokta yük deneylerinin sonuçları Tablo 3.2.1' de verilmektedir. Buna göre 6 karot üzerinde yapılan nokta yükleme (point load) deneyinde Is=0.15 MN/m^2 olarak bulunmuştur. Buda kayanın "**DÜŞÜK-ORTA DAYANIMLI**" olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.2.1 Nokta yükü dayanımı indeksi deney sonuçları

Numune No	Derinlik (m)	Çap D (mm)	Yenilme Yükü P (kN)	Nokta Yükü Dayanım İndeksi (I) I_s (MN/m^2)	Dayanım Tanımı
KSK102/3	100.30–100.40	54.8	0.45	0.16	Düşük
KSK103/1	11.60–11.70	Düzensiz yenilme			-
KSK103/2	26.35–26.75	54.4	0.45	0.16	Düşük
KSK103/4	54.65–55.00	55.7	0.45	0.15	Düşük
KSK103/5	59.60–59.80	55.7	0.9	0.3	Düşük-Orta
KSK104/1	17.00–17.07	60.4	0.3	0.09	Çok Düşük
KSK104/2					-
KSK106	28.50–28.60	74.8	0.2	0.04	Çok Düşük



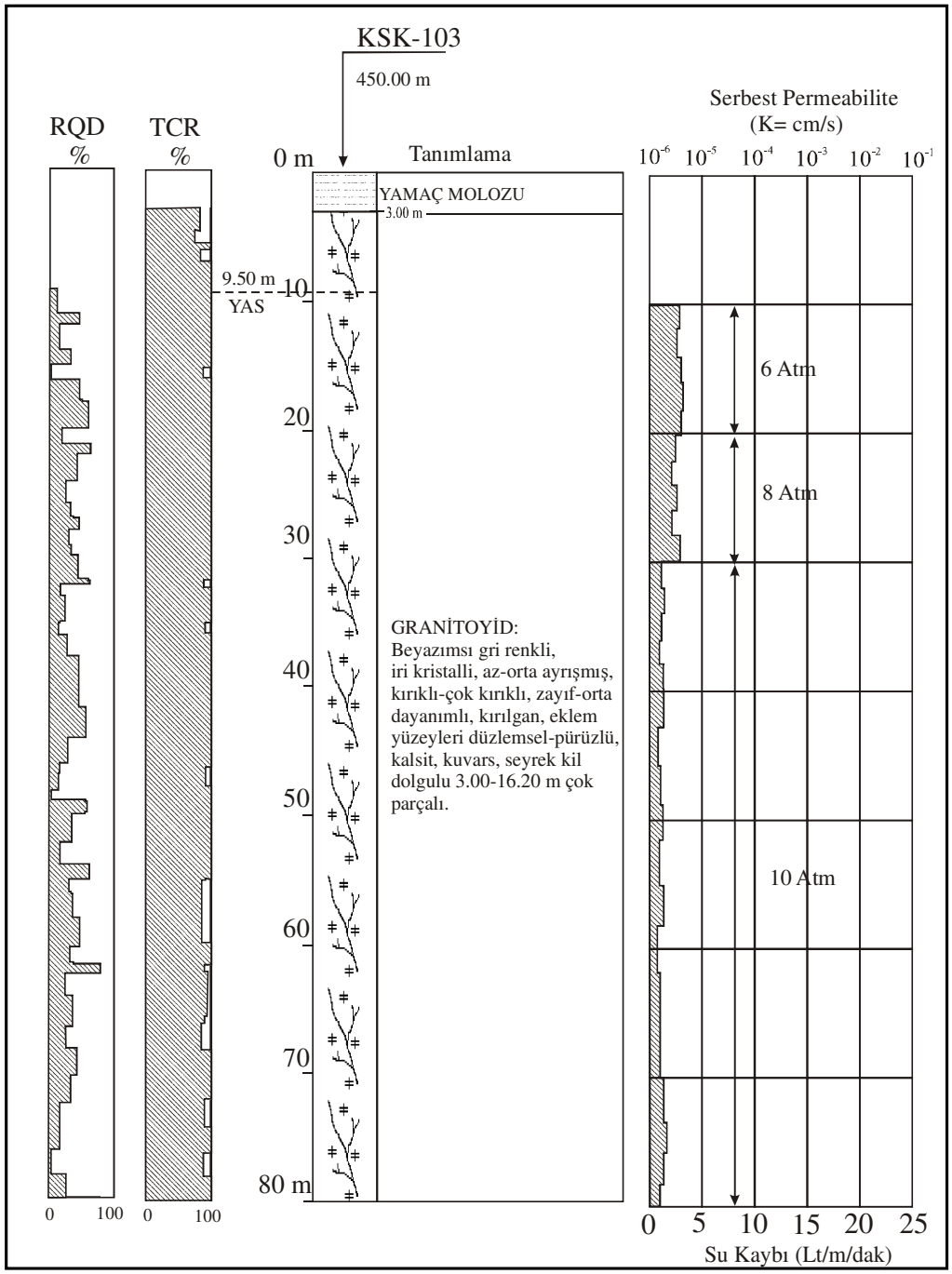
Şekil 3.2.3 Enerji tüneli ve kuyruksuyu tüneli güzergahında açılan KSK–102 no' lu sondaj ve kuyu logu

3.2.2 Kuyruksuyu Yaklaşım Tüneli

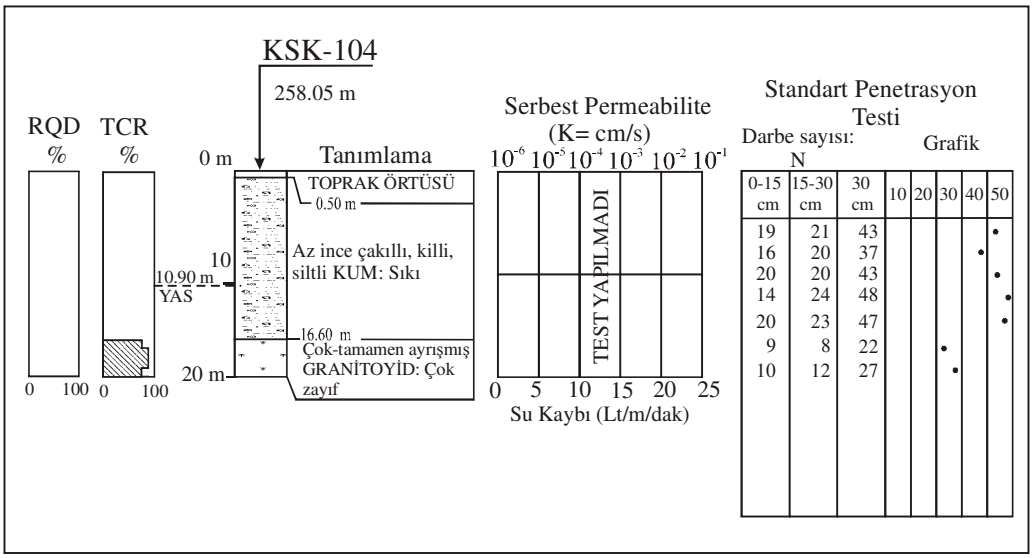
Yeraltı santrali yaklaşım tüneli girişi, baraj yerinin 1.400 m kadar kuzeybatısında, 340 m kotunda, Köprüçay' ın sağ sahilindedir (EK–7). Tünel tümüyle granodiyoritler içinde açılmıştır. Giriş ağzında ortalama 5 m kalınlığında yamaç molozu ve ayrışmış granodiyorite rastlanmış ve kazı ile ortamdan uzaklaştırılmış, tünel giriş çevresine püskürtme beton atılmıştır. Tünel güzergahının geri kalan kısmı az çatlaklı granodiyoritler içinde açılmıştır.

3.2.3 Kuyruk Suyu Tüneli

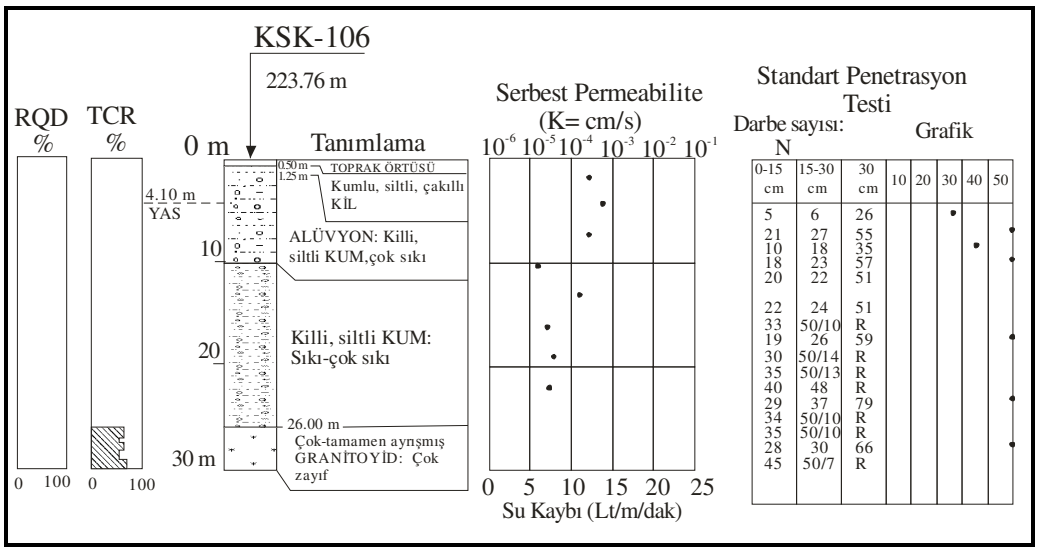
4717 m uzunluğundaki kuyruk suyu tüneli, tümüyle granodiyoritlerin içinde açılmaktadır. Kuyruk suyu tünelinin başlangıcında yeraltı santralını araştırmak amacıyla açılan DDV–1 temel sondaj kuyusu bulunmaktadır (Şekil 3.2.7). DDV–1 kuyusunda tünel başlangıcında RQD değeri ortalama %77' dir ve 20 atmosfer basınç altında su kaçakları "0" Lugeon civarındadır. Çatlak sıklığı ise 1 metrelik kesitte 1-10 arasındadır. Tünel yüzeyden 210 m derinde ve yeraltı su seviyesinin altından geçmektedir. Yeraltı su yükü yaklaşık 15 atmosfer civarındadır. Su kaçakları "0" Lugeon olmasına karşın çatlak, eklem ve fay zonları boyunca eklem suyu (joint water) tünel içerisine akmaktadır. Yerüstü santral olanağı incelenirken açılan ve kuyruk suyu tüneli güzergahına denk gelen sondajlara göre kuyruk suyu tüneli 0–3700 m arasında "**ORTA-İYİ KAYA**" kalitesindedir. Ancak tünel güzergahının 3000 m' sinde geçilecek olan fay zonunda ve güzergah boyunca bir takım yersel fay zonlarında kaya kalitesi "**ZAYIF**" tır. Tünelin 3700. metresinden sonra granodiyoritlerde çatlak sayısı ve ayrışma oranı artmakta olup, kaya "**ORTA-ZAYIF KAYA**" kalitesindedir. Kuyruk suyu tünelinin çıkışından itibaren 200 m uzunluğunda açılacak açık kanalla su, Devrek Çayı yatağına verilecektir.



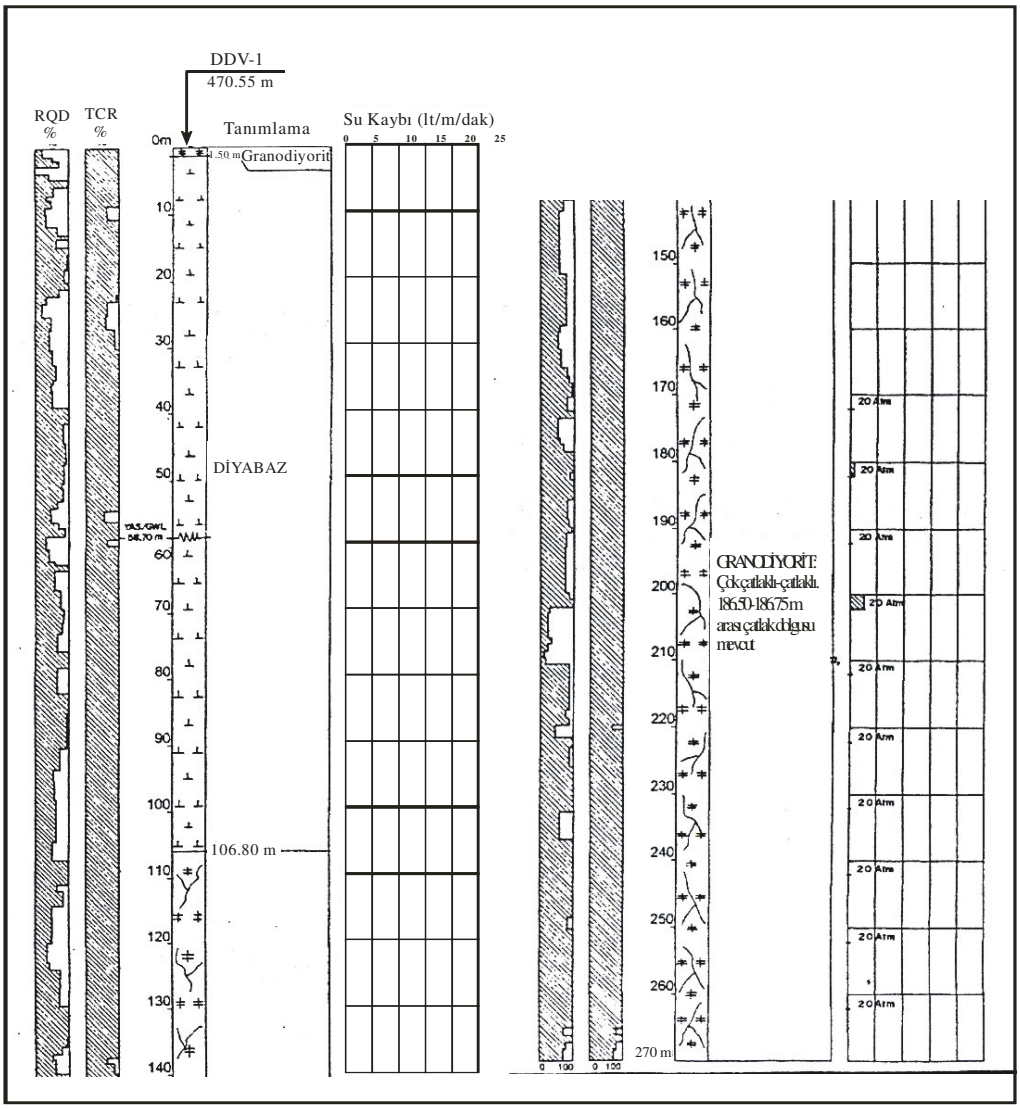
Şekil 3.2.4 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–103 no' lu sondaj ve kuyu logu



Şekil 3.2.5 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–104 no' lu sondaj ve kuyu logu



Şekil 3.2.6 Enerji tüneli güzergahında açılan KSK–106 no' lu sondaj ve kuyu logu



Şekil 3.2.7 Kuyruksuyu tüneli başlangıcı civarında açılan DDV–1 sondaj ve kuyu logu

3.2.4 Yeraltı Kazıları İçin Kaya Sınıflamaları

Köprübaşı barajında inşa edilecek olan derivasyon, enerji, yaklaşım, kablo ve kuyruk suyu tünelleri ile yeraltı santral kazıları için Terzaghi (1946) ve Bieniawski' ye (1988) göre kaya sınıflandırmaları yapılmıştır.

Terzaghi' ye göre:

Tablo 3.2.2 Terzaghi ' ye (1946) göre Kaya Yükü Sınıflama Sistemi

Sınıf No.	Fiziksel Özellik	Açıklama	Kaya Yükü H_p (m)	Destek
1	Sağlam ve çatlaksız	Mağmatik kayaçlar, tabaka kalınlığı tünel boyutunun yanında önemsiz kalan sedimanter kayaçlar.	0	Eğer parçalanma ve patlama oluyorsa, sadece hafif kaplama gereklidir.
2	Sağlam tabakalı veya şistozite yüzeyli	Seyrek eklemli ve çatlaklı sedimanter kayaçlar, çok hafif metamorfizma geçirmiş şistler.	0.0.5 B	Ayrılmalara karşı koruyucu önlem olarak hafif destek.
3	Tabakasız, orta derecede eklemli	Mağmatik, metamorfik sedimanter kayaçlar: Orta derecede eklemli ve çatlaklı, çatlaklar arasında kuvars ve kalsit gibi bağlayıcılar iyi, kil kötü yönde etkir.	0-0.25 B	Yük,bir noktadan diğerine ani olarak değişebilir.
4	Parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonlarının yakınında ortalama 10 cm'den büyük aralıklı eklemli, çatlaklı ve parçalı kayaçlar.	0.24 B-0.35 $(B+H_t)$	Yan basınç yok.
5	Çok parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonlarında 10 cm'den ufak aralıklı, çok parçalı, çatlaklı kayaçlar.	0.35-1.10 $(B+H_t)$	Yan basınç yok veya çok az.
6	Tamamen parçalanmış, ancak kimyasal yönden ayrışmamış	Tamamen parçalanmış, sıkışmamış, kohezyonu çok az, ince taneli hale gelmiş veya kimyasal ve fiziksel etkilerle belirli bir sürede bu hale gelebilen kayaç.	1.10 $(B+H_t)$	Önemli miktarda yan basınç. Tünelin tabanına doğru sızıntı etkisiyle yumuşama, sürekli destek gerektirir (dairesel destek).
7	Sıkışabilen kaya (orta derinlikte)	Killer ve kil minerallerini içeren kayaçlar.	(1.10-2.10) $(B+H_t)$	Çok fazla yan basınç, kaplama gerekir. Dairesel destek önerilir.
8	Sıkışabilen kaya (çok derinde)	Az şişen killer (kaolen mineralli)	(2.10-4.50) $(B+H_t)$	Çok fazla yan basınç, kaplama gerekir. Dairesel destek önerilir.
9	Şişen	Çok şişen killer (montmorillonit, bentonit vb.)	450 $(B+H_t)$-75m	Dairesel destek gereklidir. Daha kötü durumlarda esnek destek kullanılır.

B: Tünelin Taban Genişliği (m) Ht: Tünelin yüksekliği (m)

Tablo 3.2.2 deki sınıflama sistemi göz önüne alındığında; Terzaghi' ye (1946) göre tünellerin kaya yükü sınıflaması Tablo 3.2.3' deki gibi olmaktadır.

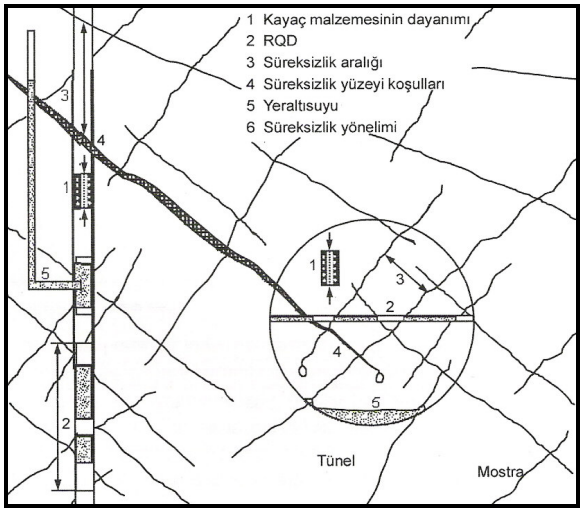
Tablo 3.2.3 Köprübaşı Barajı ve HES İnşaatı tünellerinin Terzaghi' ye (1946) göre sınıflaması

YER		SINIFLAMA	DESTEKLEME ÖNERİLERİ
DERİVASYON TÜNELİ	**0–350 m**	**3. SINIF**	**KAYA BULONU VEYA GEÇİCİ DESTEK**
	350–410 m	**4. SINIF**	**SIK KAYA BULONU(2 m aralıklı) VEYA KALICI-GEÇİCİ DESTEK**
ENERJİ TÜNELİ	**0–243.50 m**	**3. SINIF**	**KAYA BULONU VEYA GEÇİCİ DESTEK**
YAKLAŞIM TÜNELİ	**0–700 m**	**4. SINIF**	**SIK KAYA BULONU(2 m aralıklı) VEYA KALICI-GEÇİCİ DESTEK**
	700–1100 m	**3. SINIF**	**KAYA BULONU VEYA GEÇİCİ DESTEK**
KUYRUKSUYU TÜNELİ	**0–3700 m**	**3. SINIF**	**KAYA BULONU VEYA GEÇİCİ DESTEK**
	3700–4717 m	**4. SINIF**	**SIK KAYA BULONU(2 m aralıklı) VEYA KALICI-GEÇİCİ DESTEK**

Yeraltı kazıları için "RMR" kaya sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflama, Bieniawski (1988), tarafından kaya kütlelerinin mühendislik açısından jeomekanik, özelliklerinin belirlenmesi ve özellikle tünel kazılarının desteklenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu sınıflamada; kayaların altı özelliği;

1. Kayanın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
2. RQD kaya niteliği (%)
3. Çatlakların ara uzaklığı (mm)
4: Çatlakların durumu (Ayrışma, pürüzlülük, dolgu ve açıklık)
5. Yeraltı suyu durumu
6. Çatlakların doğrultu ve eğimi

dikkate alınarak değerlendirme yapılmaktadır (Şekil 3.2.8) ve kayalar; Çok İyi (I), İyi (II), Orta (III), Zayıf (IV), Çok Zayıf (V) olarak belirlenmektedir. "RMR" kaya sınıflamasında; yüksek değerler en iyi, düşük değerler en kötü kaya koşullarını göstermektedir. RMR kaya sınıflaması için kullanılan tablolar (Tablo 3.2.4, 5, 6, 7, 8) ve sonuç tablosu (Tablo 3.2.9)' da verilmektedir.



Şekil 3.2.8 RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde Kullanılan Parametreler

Tablo 3.2.4 Beniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi

SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE PUANLARI

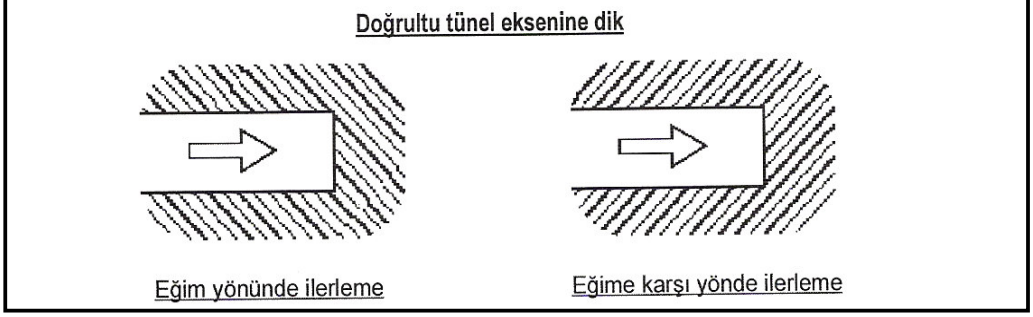
1*	Sağlam kayacın dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi	> 100 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2*	Kayaç kalite göstergesi, RQD		%90-%100	%75-%90	%50-%75	%25-%50	< %25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3*	Süreksizlik aralığı		> 2 m	0.6-2m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu < 5 mm veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu > 5 mm kalınlıkta veya açık eklemler > 5 mm devamlı süreksizlikler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10m'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dk	< 25 lt/dk	25-125 lt/dk	> 125 lt/dk		
		Oran: Eklemdeki su basıncı / Ana asal gerilme	Veya 0	0.0-0.1	Veya 0.1-0.2	Veya 0.2-0.5	Veya > 0.5		
		Genel koşullar	Veya Tamamen kuru	Nemli	Veya Islak	Veya Damlama	Veya Su akışı		
	Puan		15	10	7	4	0		

* İlgili abaklardan tayin edilir

(1 MPa = 10.197 kgf/cm²)

Tablo 3.2.5 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde tünelde süreksizlik eğim ve eğim yönünün etkisi parametresi

DOĞRULTU TÜNEL EKSENİNE DİK				DOĞRULTU TÜNEL EKSENİNE PARALEL		DOĞRULTUYA BAKILMAKSIZIN EĞİM 0º-20º ARASINDA
EĞİM YÖNÜNDE İLERLEME		EĞİME KARŞI YÖNDE İLERLEME				
EĞİM 45º-90º	EĞİM 20º-45º	EĞİM 45º-90º	EĞİM 20º-45º	EĞİM 45º-90º	EĞİM 20º-45º	
ÇOK UYGUN	UYGUN	ORTA	UYGUN DEĞİL	HİÇ UYGUN DEĞİL	ORTA	ORTA



Tablo 3.2.6 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde süreksizlik yönelimine göre düzeltme parametresi

SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE EĞİMİ		ÇOK UYGUN	UYGUN	ORTA	UYGUN DEĞİL	HİÇ UYGUN DEĞİL
PUAN	TÜNELLER	0	-2	-5	-10	-12
	TEMELLER	0	-2	-7	-15	-25
	ŞEVLER	0	-5	-25	-50	-60

Tablo 3.2.7 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde kaya sınıflaması ve puanlama parametresi

SINIF NO	I	II	III	IV	V
TANIMLAMA	ÇOK İYİ KAYA	İYİ KAYA	ORTA KAYA	ZAYIF KAYA	ÇOK ZAYIF KAYA
PUAN	100←81	80←61	60←41	40←21	< 20

Tablo 3.2.8 Bieniawski' ye (1988) göre RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde kaya sınıflarının anlamı

SINIF NO	I	II	III	IV	V
Ortalama Desteksiz Kalabilme Süresi	15 m açıklık için	10 m açıklık için	5 m açıklık için	2.5 m açıklık için	1 m açıklık için
	20 Yıl	1 Yıl	1 Hafta	10 saat	30 Dakika
Kaya Kütlesinin Kohezyonu (kPa)	> 400	300–400	200–300	100–200	<100
Kaya Kütlesinin İçsel Sürtünme Açısı (Derece)	> 45	35–45	25–35	15–25	<15

Tablo 3.2.9 Bieniawski (1988) Kaya sınıflaması (RMR)' na göre Köprübaşı Barajı ve Hes Projesinin 5-12 m genişlikteki tünelleri için kazı ve iksa sistemleri

(Şekil: At nalı; İnşaat: Delme ve patlatma; Genişlik: 10 m; Düşey gerilim < 25 MPa)				
BİRİNCİL DESTEK (TAHKİMAT)				
KAYA KÜTLESİ SINIFI	**Kazı**	**Kaya sapmaları* (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)**	**Şatkrit (Püskürtme beton)**	**Çelik Destek**
I	Tam kesit, 3 m ilerleme	Bir miktar kaya saplaması haricinde genellikle destek gerektirmez.		
II	Tam kesit, 1.0-1.5 m ilerleme, komple destek. Aynaya 20 m mesafede	Kemerin her 2-3 m'sinde yer yer saplama, tel kafeslerle 2-2.5 m aralıklı.	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm	Yok
III	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme Tavandan 1.5-3 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10 m mesafeye kadar gerekli	3-4 m uzunlukta sistematik saplamalar, kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1.5-2 m aralıklı.	Tavan kemerinde 50-100 mm ve yan duvarlarda 30 mm	Yok
IV	Tavan kemeri ve Tabandan ilerleme. Tavandan 1.0-1.5 m ilerleme. Kazıya uygun şekilde aynaya 10 m mesafeye kadar, gerekli tahkimat.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm	Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler
V	Tavan ve tabanda birlikte ilerleme. Tavandan 0.5-1 m ilerleme, kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlamadan hemen sonra şatkrit uygulanmalı.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm.	Çelik iksalı, 0.75 m aralıklı orta-ağır traversler
*20 mm çaplı tamamen reçine bağlantılı				

Tablo 3.2.10 Köprübaşı Barajı yeraltı kazılarının Bieniawski' ye (1988) göre RMR sınıflaması

TÜNEL ADI		KAYANIN TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI (Mpa)	RQD (%)	ÇATLAK ARALIĞI (mm)	SÜREKSİZLİK YÜZEYİ (mm)	YERALTI SUYU	SÜREKSİZLİK YÖNELİMİ	DERECELENDİRME	KAYA SINIFI
DERİVASYON		50–100	84	200–600	Az pürüzlü ayrılma<1 mm	<10 lt/dk veya nemli	Orta	**64**	II
0–350 m arası	Puanlama	**7**	**17**	**10**	**25**	**10**	**-5**		İYİ KAYA
DERİVASYON		50–100	64	60–200	Az pürüzlü ayrılma<1 mm çok ayrışmış	10–25 lt/dk veya ıslak	Orta	**55**	III
350–410 m arası	Puanlama	**7**	**13**	**8**	**25**	**7**	**-5**		ORTA KAYA
ENERJİ		50–10	77	200–600	Az pürüzlü ayrılma<1 mm	<10 lt/dk veya nemli	Orta	**64**	II
	Puanlama	**7**	**17**	**10**	**25**	**10**	**-5**		İYİ KAYA
YAKLAŞIM		50–100	33	<60	Az pürüzlü ayrılma<1 mm çok ayrışmış	25–125 lt/dk veya damlama	Orta	**39**	IV-III
0–700 m	Puanlama	**7**	**8**	**5**	**20**	**4**	**-5**		ZAYIF-ORTA KAYA
YAKLAŞIM		>250	77	0.6–2	Az pürüzlü ayrılma<1 mm	<10 lt/dk veya nemli	Orta	**69**	II
700–1100	Puanlama	**7**	**17**	**15**	**25**	**10**	**-5**		İYİ KAYA
KUYRUKSUYU		100–250	57	200–600	Az pürüzlü ayrılma<1 mm	<10 lt/dk veya nemli	Orta	**65**	II
0–3700 m	Puanlama	**12**	**13**	**10**	**25**	**10**	**-5**		İYİ KAYA
KUYRUKSUYU		50–100	52	60–200	Az pürüzlü ayrılma<1 mm	<10 lt/dk veya nemli	Orta	**58**	III
3700–4717 m	Puanlama	**7**	**13**	**8**	**25**	**10**	**-5**		ORTA KAYA

Köprübaşı barajı yeraltı kazılarının RMR sınıflamasını gösteren sonuç tablosu (Tablo 3.2.10)' na göre buradaki kayalar %65 "**İYİ KAYA**", %30 "**ORTA KAYA**", %5 "**ZAYIF KAYA**" niteliğindedir. Tablo 3.2.9' de yeraltı kazıları için gerekli kazı ve destekleme önerileri verilmektedir. Buna göre "iyi kayada" (RMR sınıfı II) tam kesit ilerleme, hasır çelik + püskürtme betonu + kaya bulonundan oluşan bir destekleme önerilmektedir. Orta-zayıf kayada (RMR sınıfı III, IV) ise parçalı kazı ve 4–6 m uzunlukta kaya bulonu + püskürtme betonu ile yer yer (zayıf kayada) çelik iksa önerilmektedir.

3.3 Köprübaşı Barajı Doğal Yapı Malzeme Sahaları

Köprübaşı barajı, baraj gövdesinin yapımında kullanılan malzemenin temin edilmesi için 6 adet geçirimiz (A–1, A–2, A–3, I, L, M), 1 adet geçirimli (G), 1 adet yarı geçirimli (F), 5 adet kaya malzeme alanları olmak üzere (K–1, K–2, K–3, K–5/a, K–5/b) olmak üzere toplam 13 adet malzeme ocağı alanları seçilmiştir (EK–5).

Malzeme alanlarından çeşitli yöntemlerle (mostradan kırma, yarma ve kum metodu) alınan örnekler üzerinde DSİ V. Bölge Müdürlüğüne ait Proje alanında bulunan laboratuarlarda tanımlama deneyleri yapılmış. Elde edilen sonuçlarla dolgu olarak kullanılan malzemelerin uygunluğu araştırılmıştır. Ayrıca DSİ tarafından yapılan çalışmalardan da faydalanılmıştır.

3.3.1 Geçirimsiz Malzeme Alanları

3.3.1.1 (A–1) Geçirimsiz Malzeme Alanı

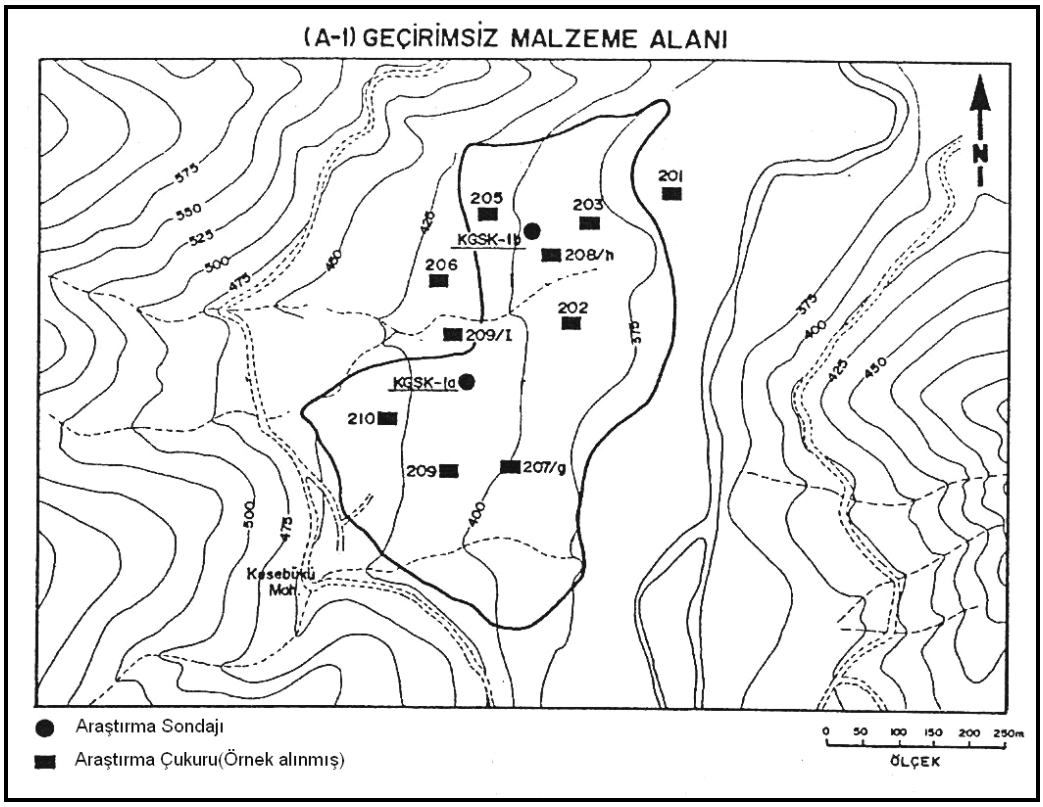
Malzeme alanı baraj gölalanı içerisinde, baraj ekseninin membasında, Kesebükü mahallesinin kuzeyinde, Bolu çayının sol sahilindeki tarım alanlarıdır (EK–4). Malzeme alınacak tarım alanları gölalanı içinde kalacağından kamulaştırma sorunu yoktur. (A–1) geçirimsiz malzeme alanının Köprübaşı baraj eksenine mevcut yoldan uzaklığı 2600 m olup, 2200 m stabilize, 400 m onarılması gereken ham yol bulunmaktadır. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilir. Ancak, memba batardosunun inşaatından sonra taşıma yolunun batardo kotunun üzerinden geçecek şekilde yapılması gerektiğinden bu malzeme ocağı şimdilik kullanılmamaktadır.

Malzemenin miktarını ve niteliğini tespit etmek amacıyla alanda DSİ tarafından 10 adet araştırma çukuru ve 2 adet araştırma sondajı açılmıştır (Şekil 3.3.1).

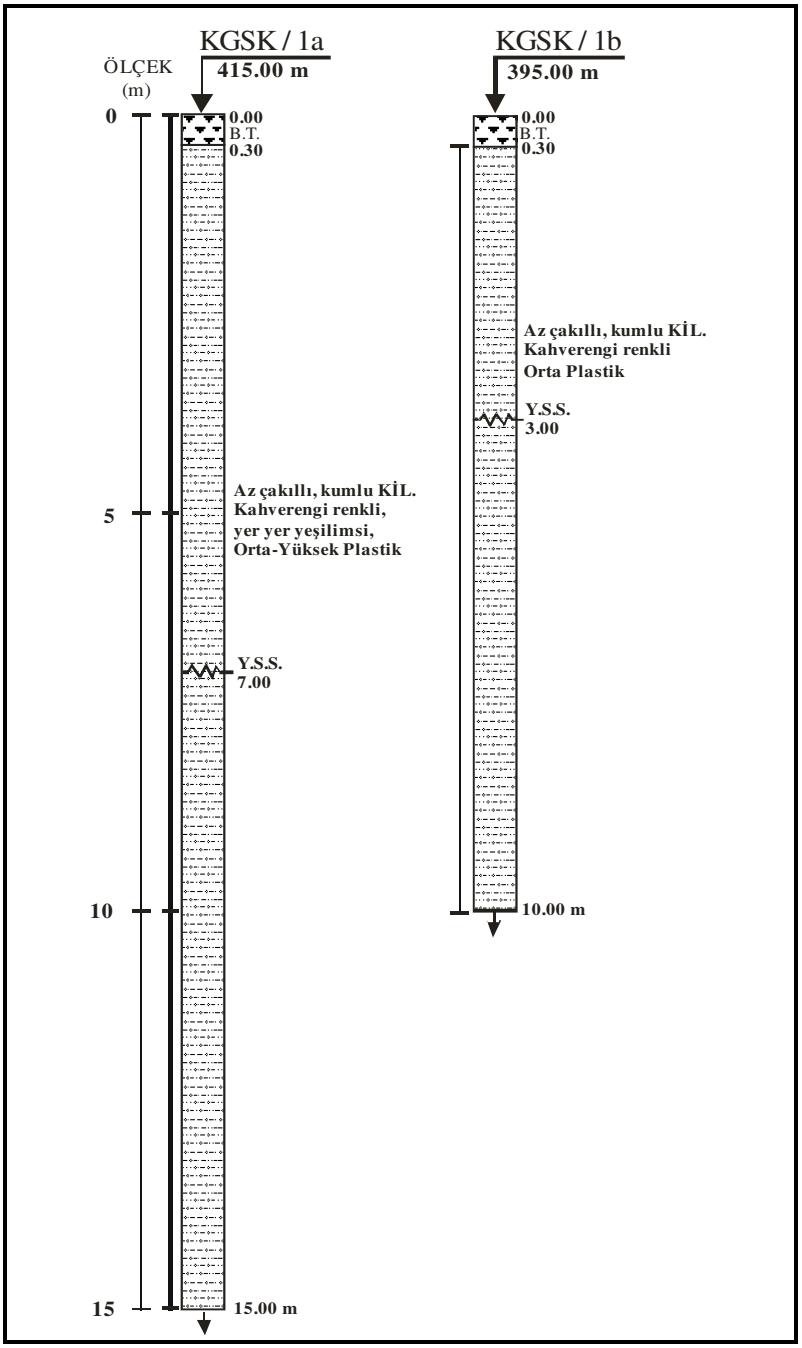
201 no' lu araştırma çukurunda 1,80 m de, KGSK/1a no' lu araştırma sondajında 7.00 m' de ve KGSK/1b no' lu araştırma sondajında ise 3.80 m de yeraltı suyuna rastlanmıştır. Diğer çukurlarda yeraltı suyuna rastlanılmamıştır(Şekil 3.3.2).

Alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuar deney sonuçlarına ve arazi gözlemlerine göre alandaki malzeme (CL) ; (SC), (GC) ve (SM) karakterinde olduğu görülmüştür (Şekil 3.3.3, 4; Tablo 3.3.1).

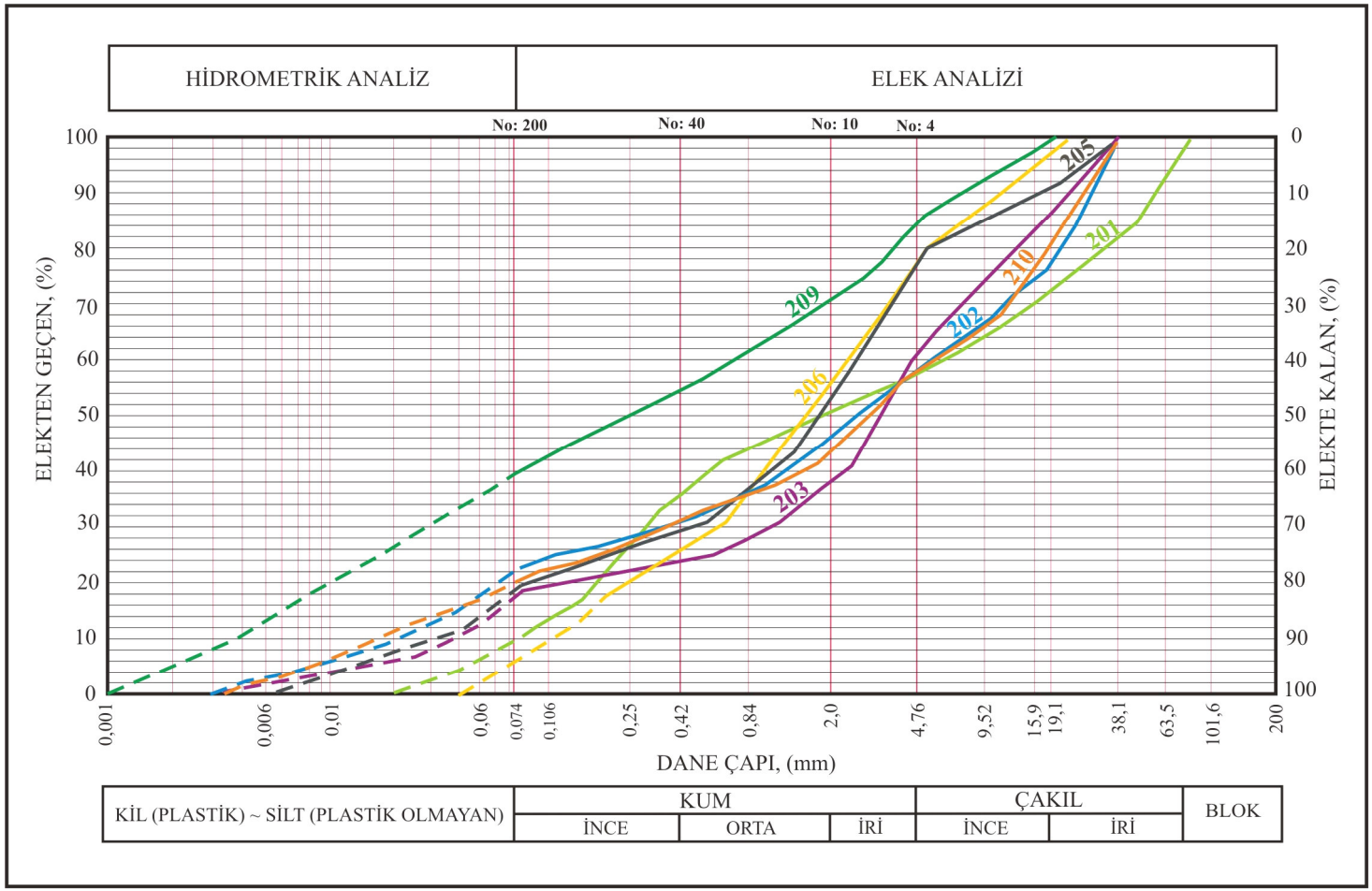
(A–1) malzeme alanının toplam alanı 200.000 m^2 olup, 0,30 m sıyırma ve 6.00 m kazı derinliği ile 1.200.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabilir.



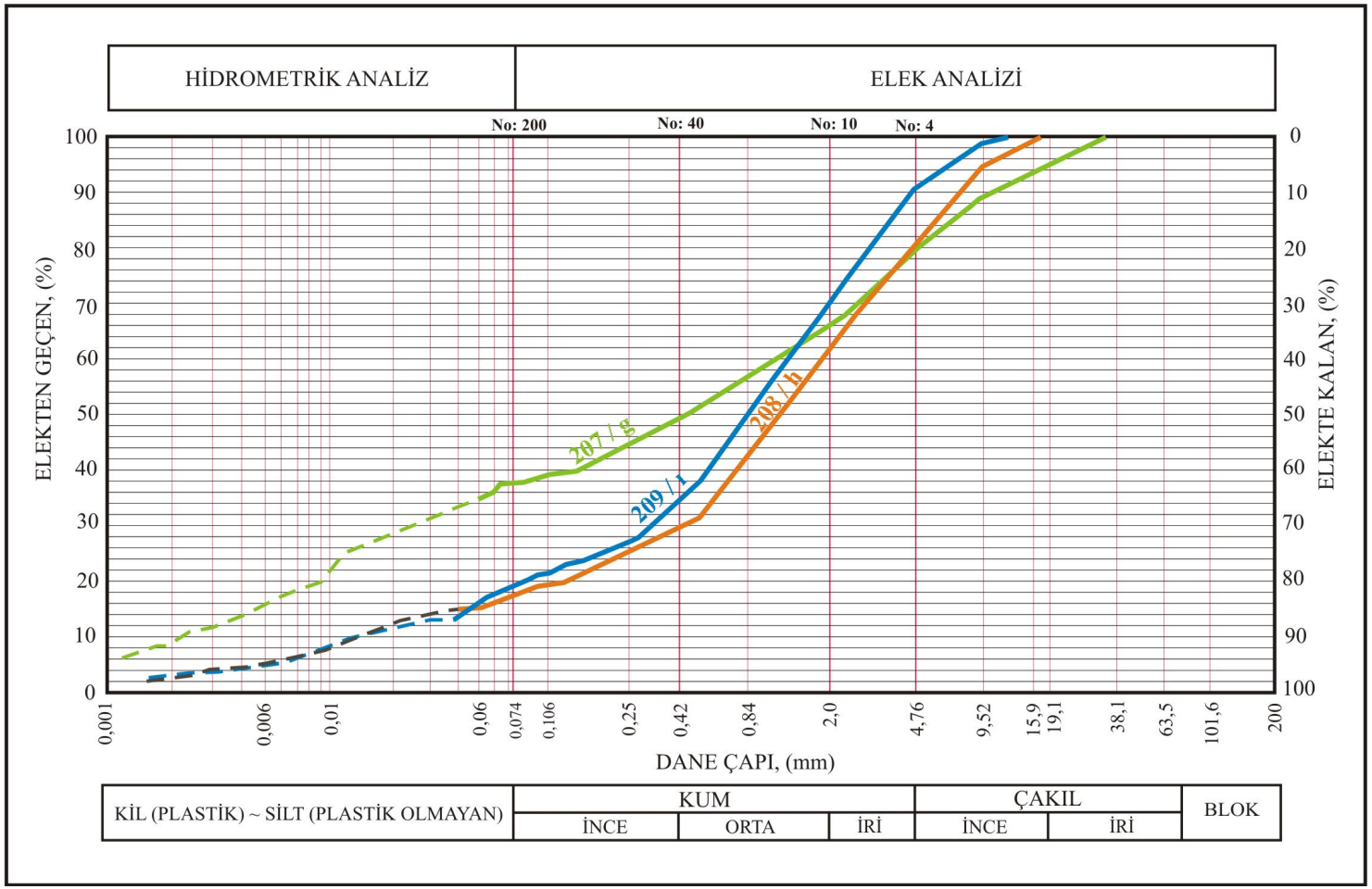
Şekil 3.3.1 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita



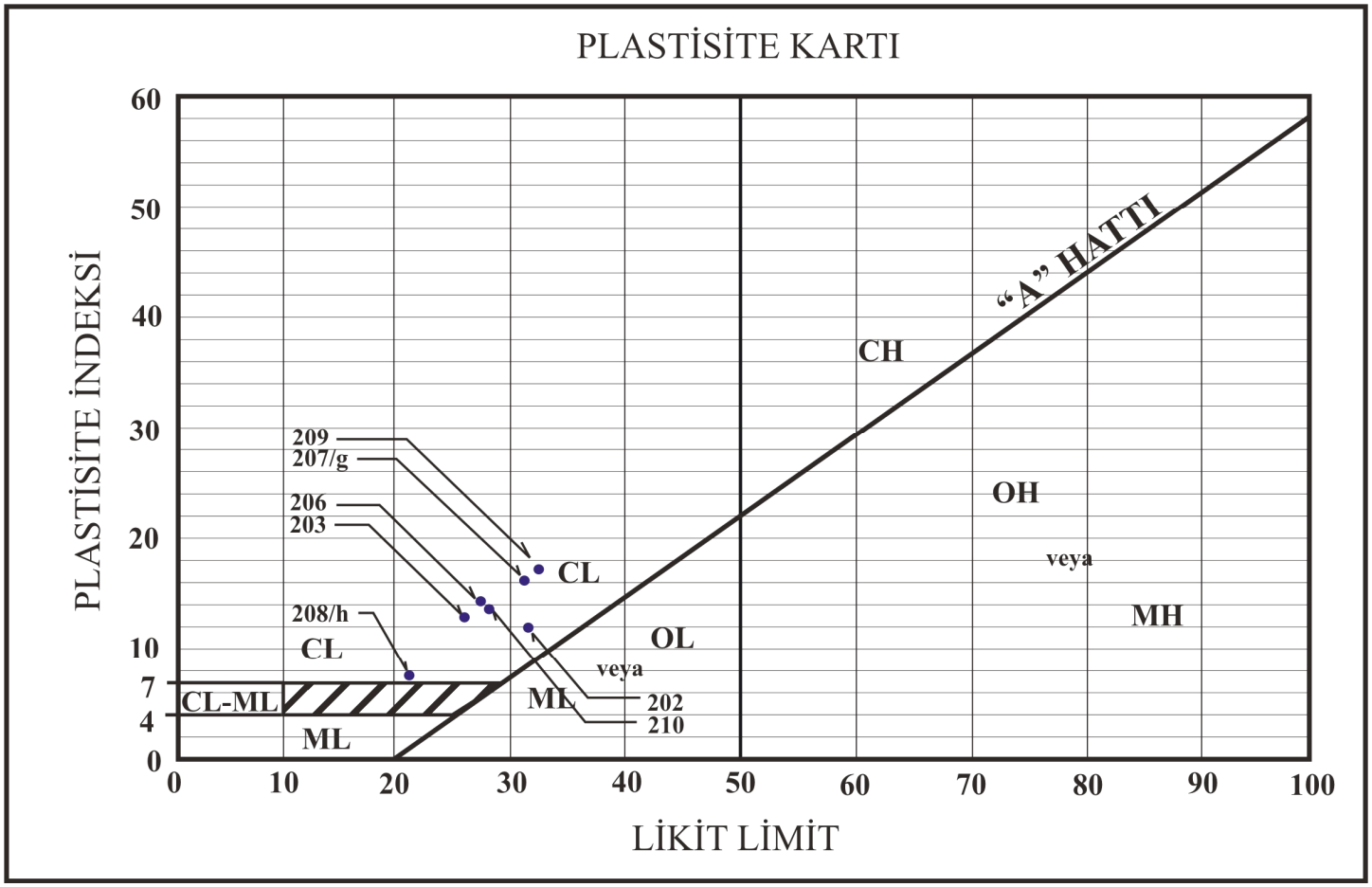
Şekil 3.3.2 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanına ait araştırma sondajları



Şeki1 3.3.3 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şeki1 3.3.4 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şeki1 3.3.5 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

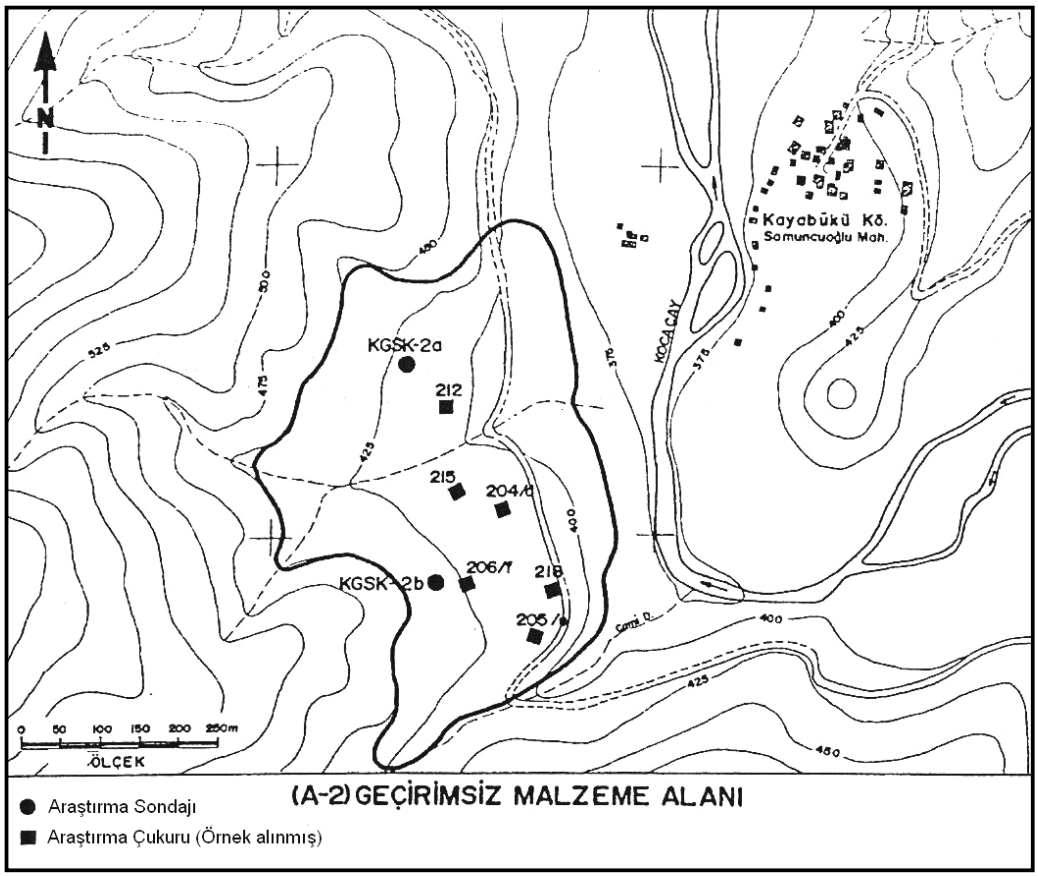
Tablo 3.3.1 (A–1) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

(A-I) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																				
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABİLİTE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME			CaCO3 -%	SUDA ÇÖZÜNEN MADDE- %
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2		
1	201	SP-SM		2.68	-	-	-	9.0	48.0	43.0	1.94	11.20									
2	202	GC		2.70	31.0	18.9	12.1	21.0	37.0	42.0	2.03	11.60									
3	203	SC		2.72	25.4	13.9	11.5	17.0	45.0	38.0	2.12	9.30									
4	205	SC		2.72	26.6	13.4	13.2	19.0	60.0	21.0	2.13	9.30									
5	206	SP-SM		2.72	-	-	-	15.0	65.0	20.0	2.08	9.50									
6	209	SC-CL		2.69	32.1	15.4	16.7	39.0	48.0	13.0	2.00	11.60									
7	210	GC		2.72	28.6	15.8	13.0	21.0	37.0	42.0	2.03	11.70									
8	207/g	SC		2.78	30.5	18.1	12.4	36.1	42.0	21.9	1.91	13.00			$5.37x10^{-4}$		0.75	19.00	3.21		
9	208/h	SM		2.77	20.8	13.8	7.0	16.0	63.4	20.6	2.05	9.50			$4.44x10^{-3}$		0.60	28.00	1.29		
10	209/ı	SM		2.75	-	-	-	16.8	72.4	10.8	2.06	10.30			$4.32x10^{-4}$		0.25	35.00	0.97		
11	KGSK-1a (1)	CL		2.72	31.6	19.2	12.4	76.2	20.6	3.2	2.13	8.70									9.85
12	KGSK-1a (2)	CL		2.74	32.6	16.2	16.4	47.8	47.0	5.2	2.05	10.40					1.10	23.00			-
13	KGSK-1a (3)	CL		2.76	21.2	12.3	8.9	39.3	55.3	5.4	2.19	8.00			$4.55x10^{-7}$		0.30	39.00		1.79	-
14	KGSK-1b (1)	CL		2.75	32.7	17.7	15.0	48.7	48.0	3.3	2.06	10.60									5.89
15	KGSK-1b (2)	CL		2.75	27.4	16.3	11.1	49.8	48.1	2.1	2.04	11.20					1.70	11.00			

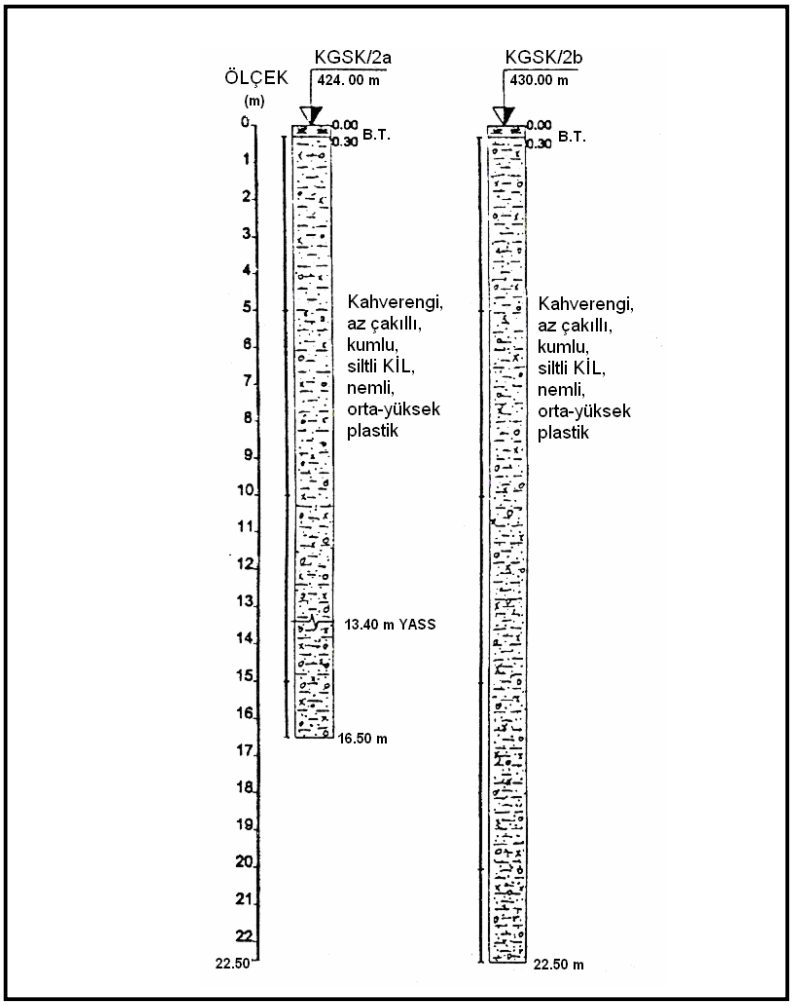
3.3.1.2 (A–2) Geçirimsiz Malzeme Alanı

Baraj yerinin membasında, Kesebükü mahallesinin güneyinde, Kayabükü köyünün güneybatısında, Bolu çayının sol sahilindeki tarım arazileridir (EK–5). Gölalanı içinde kalacağı için kamulaştırma sorunu yoktur. Eksen yerine uzaklığı 3.500 m olup, yol stabilizedir. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilir. Ancak, memba batardosunun inşaatından sonra taşıma yolunun batardo kotunun üzerinden geçecek şekilde yapılması gerektiğinden bu malzeme ocağı şimdilik kullanılmamaktadır.

Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 6 adet araştırma çukuru ve 2 adet araştırma sondajı açılmıştır (Şekil 3.3.6).



Şekil 3.3.6 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita

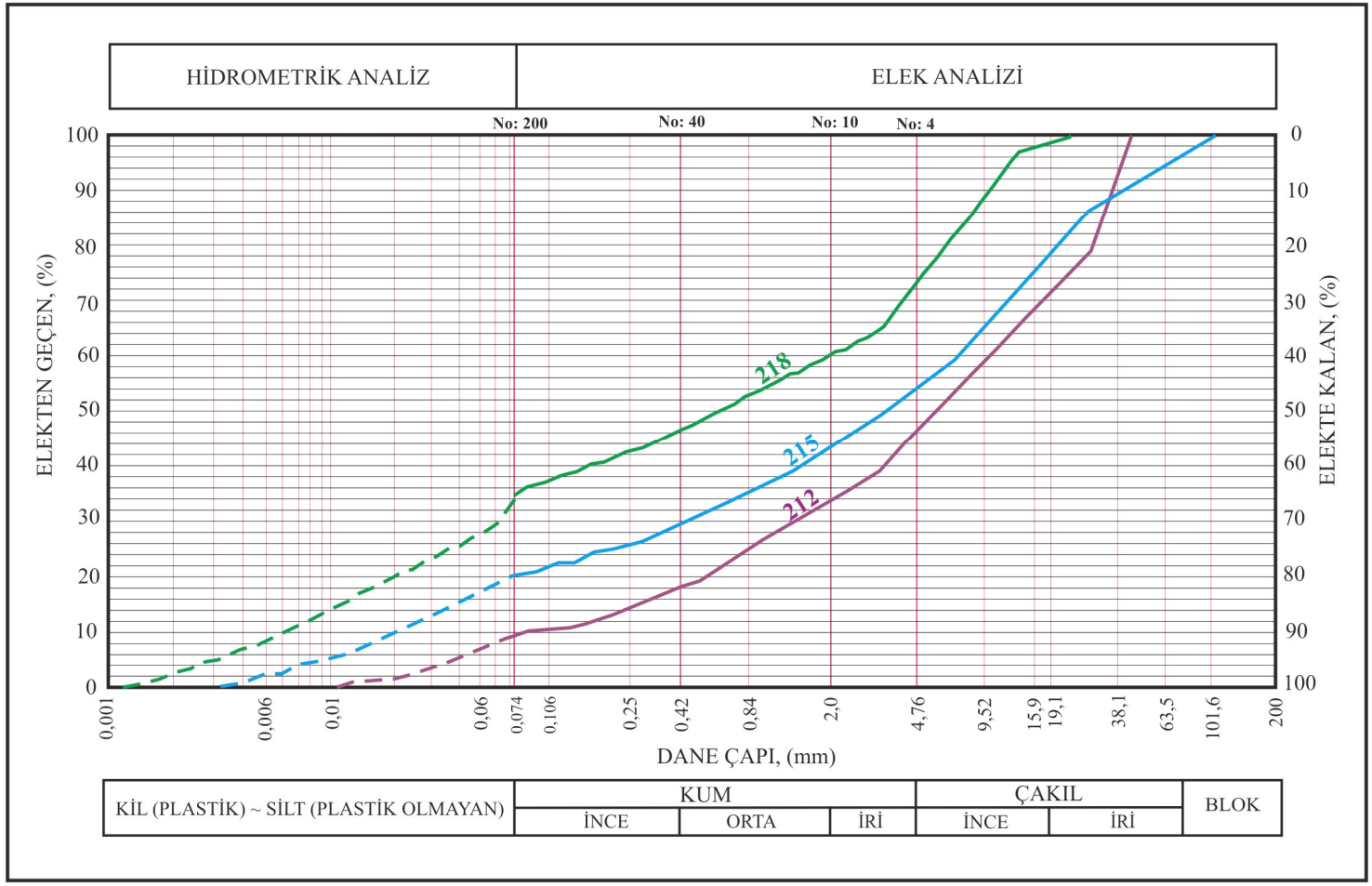


Şekil 3.3.7 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanına ait araştırma sondajları

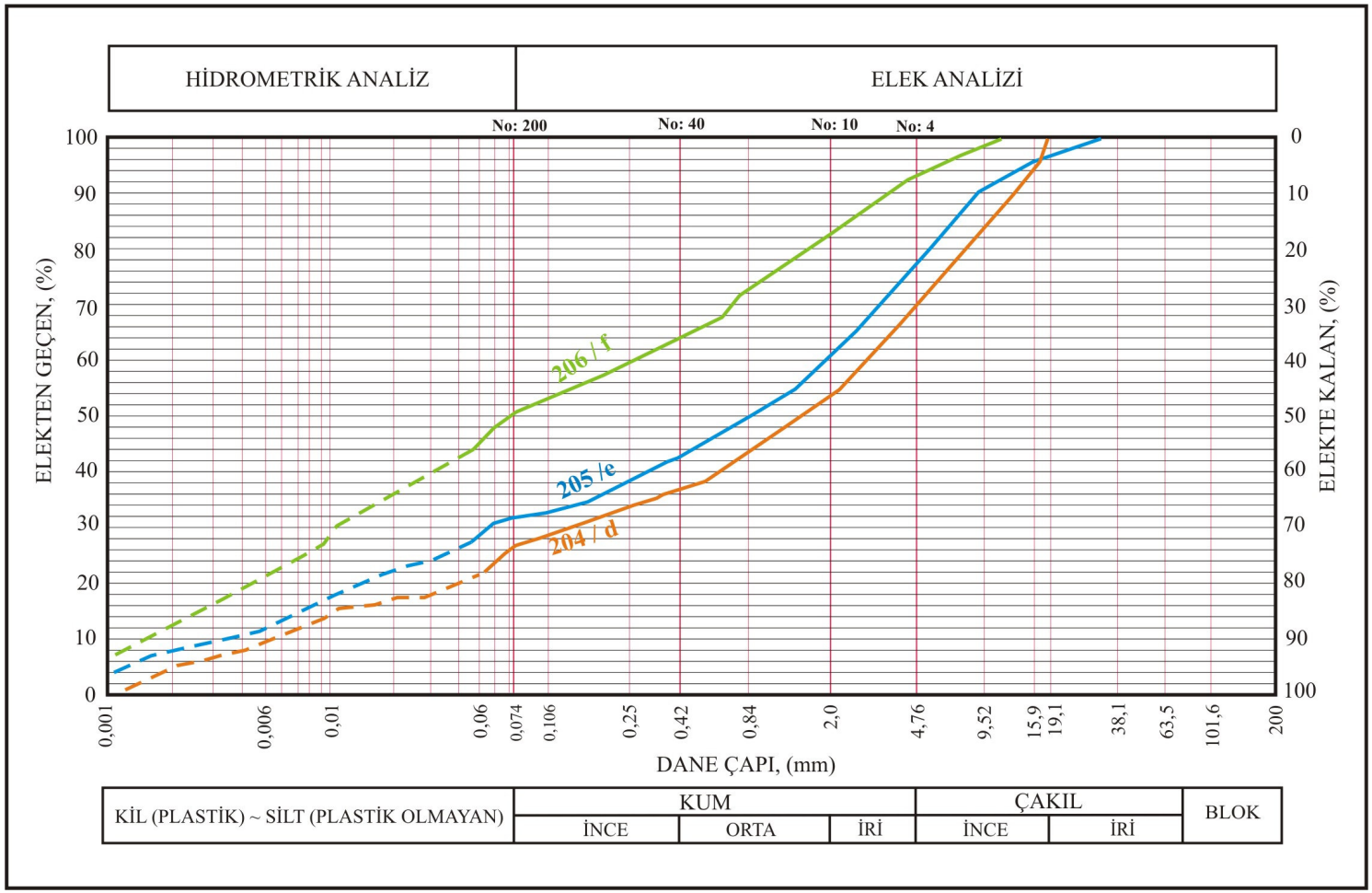
KGSK–2/a no' lu sondaj kuyusunda 13,40 m de yer altı suyuna rastlanmış, ancak KGSK–2/b no' lu sondaj kuyusunda ve araştırma çukurlarında yer altı suyuna rastlanmamıştır (Şekil 3.3.7).

Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (CL), (SC), (GC) karakterindedir (Şekil 3.3.8, 9, 10; Tablo 3.3.2).

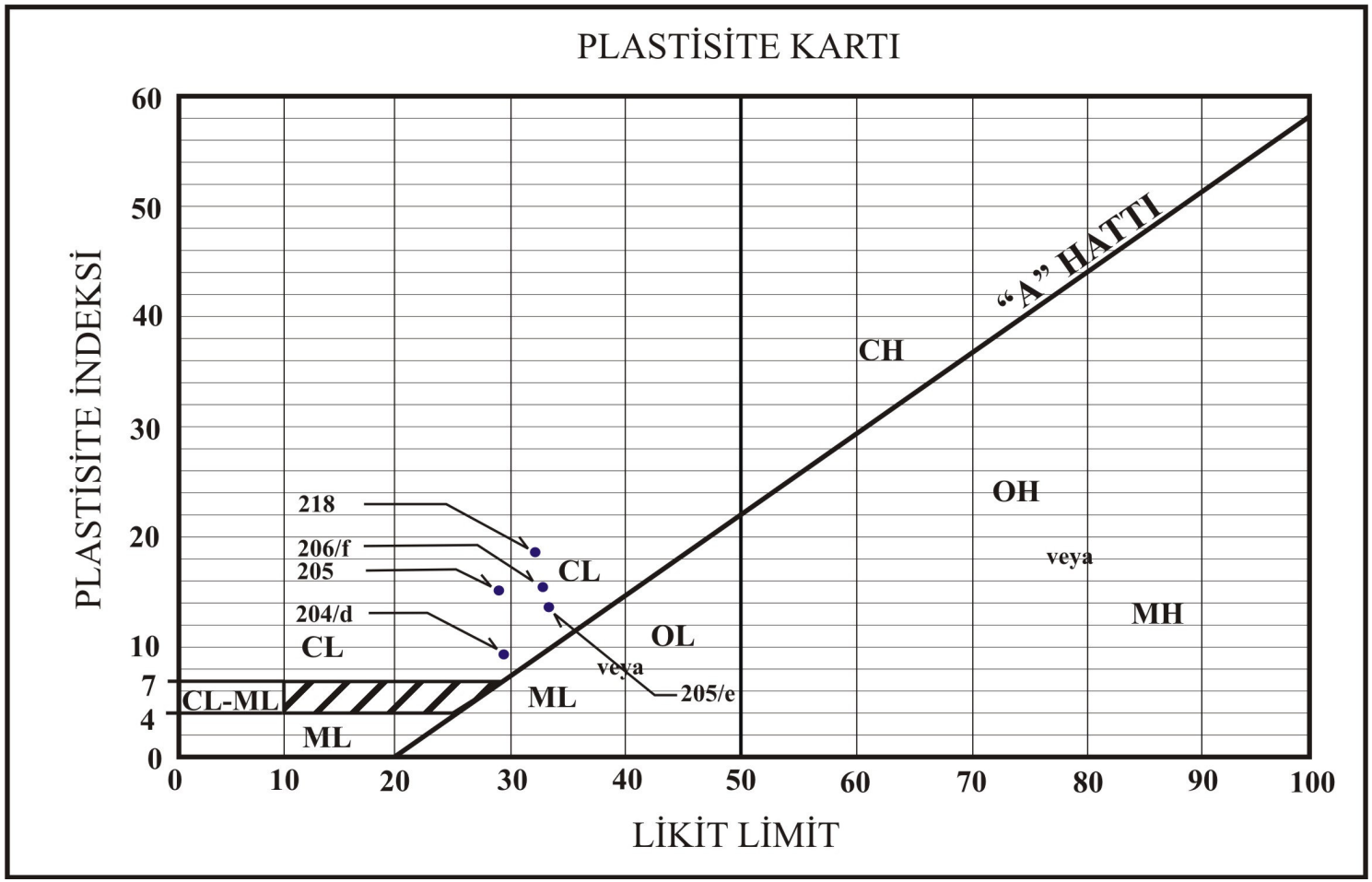
(A–2) malzeme alanının toplam alanı 198.000 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve 4 m kazı derinliği ile 800.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.3.8 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.9 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.10 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

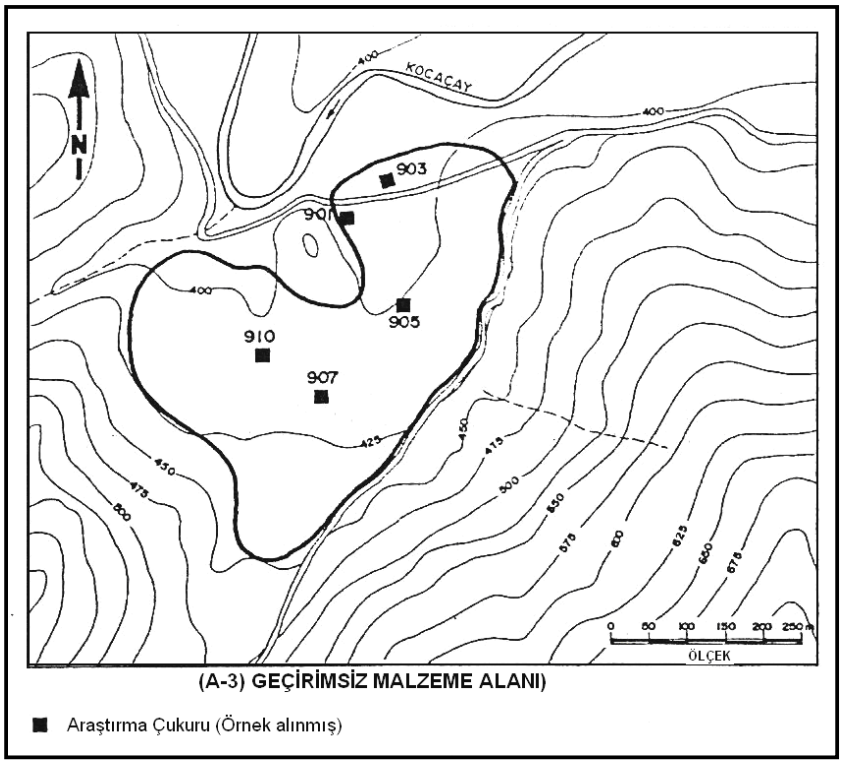
Tablo 3.3.2 (A–2) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

(A–2) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																				
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABİLİTE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME			CaCO3 -%	SUDA ÇÖZÜNEN MADDE- %
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2		
1	212	GW-GM		2.75	-	-	-	9.0	41.0	50.0	2.05	9.80									
2	215	GC		2.77	29.3	15.1	14.2	20.0	38.0	42.0	2.05	11.00									
3	218	SC-CL		2.71	33.2	15.2	18.0	37.0	38.0	25.0	1.96	13.20									
4	204/d	SC		2.58	29.6	19.7	9.9	26.4	42.8	30.8	1.99	12.00			$1.69x10^{-4}$		1.10	19.00	3.95		
5	205/e	SC		2.85	32.1	19.2	12.9	31.4	43.8	24.7	1.94	13.00			$1.67x10^{-4}$		1.00	19.00	3.65		
6	206/f	SC-CL		2.82	32.4	17.3	15.1	49.7	43.4	6.9	1.88	15.80			$2.20x10^{-5}$		0.70	13.00	2.46		
7	GSK-2a (1)	CL		2.76	25.8	14.5	11.3	43.1	40.7	16.2	2.05	10.40					-	-		-	8.01
8	GSK-2a (2)	CL		2.76	28.2	14.5	13.8	49.3	40.5	10.2	2.07	9.80					1.35	27.00		-	-
9	GSK-2a (3)	CL		2.77	31.3	19.4	11.9	54.2	32.5	13.3	2.06	10.00			$4.87x10^{-7}$		1.35	19.00		1.13	-
10	GSK-2b (1)	CL		2.76	32.1	14.0	18.2	55.9	38.4	5.7	2.04	11.20								-	-
11	GSK-2b (2)	CL		2.75	30.7	17.4	13.3	56.5	40.2	3.3	2.07	10.40					0.80	29.00		-	5.23
12	GSK-2b (3)	CL		2.76	29.6	14.0	15.6	50.2	45.2	4.6	2.06	10.60					0.30	28.00		-	-
13	GSK-2b (4)	CL		2.76	27.4	11.8	15.6	53.6	44.4	2.0	2.07	9.60			$1.7x10^{-7}$		0.35	26.00		2.15	-
14	GSK-2b (5)	CL		2.70	32.1	18.4	13.8	54.9	37.1	8.0	1.99	10.40					1.00	24.00		-	-

3.3.1.3 (A–3) Geçirimsiz Malzeme Alanı

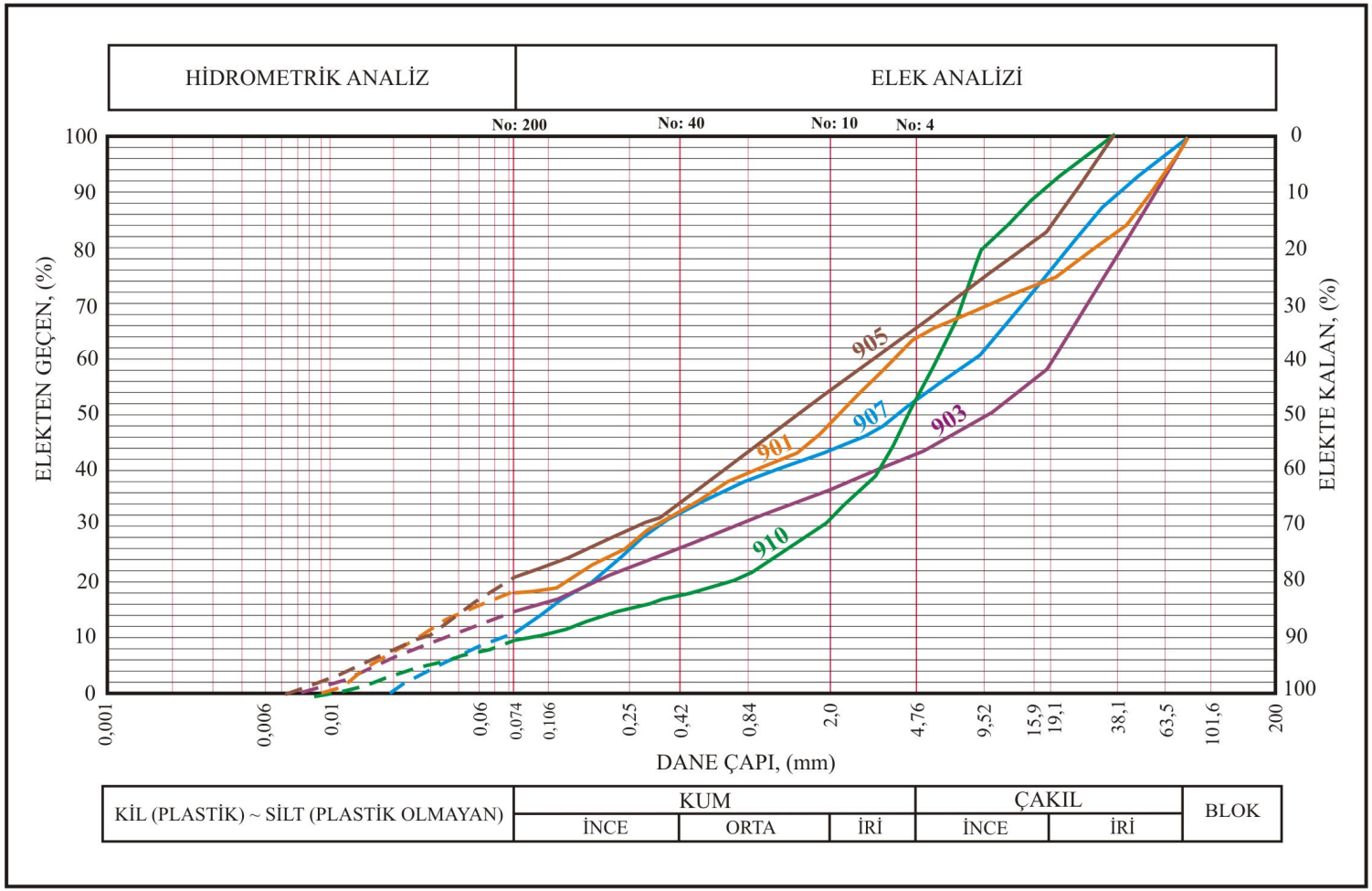
Malzeme alanı, baraj ekseninin membasında, Gergenli sırtının güneyinde, Karadikenli sırtının batısında, Kapuzkaya sırtının kuzeydoğusunda, Bolu çayının sol sahilindeki tarım arazileridir (EK–5). Gölalanı içinde kalacağı için kamulaştırma sorunu yoktur. Köprübaşı baraj eksenine uzaklığı mevcut yoldan 5.000 m olup, yol stabilizedir. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilir. Ancak, memba batardosunun inşaatından sonra taşıma yolunun batardo kotunun üzerinden geçecek şekilde yapılması gerektiğinden bu malzeme ocağı şimdilik kullanılmamaktadır.

Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 5 adet araştırma çukuru açılmıştır. Araştırma çukurlarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır (Şekil 3.3.11).

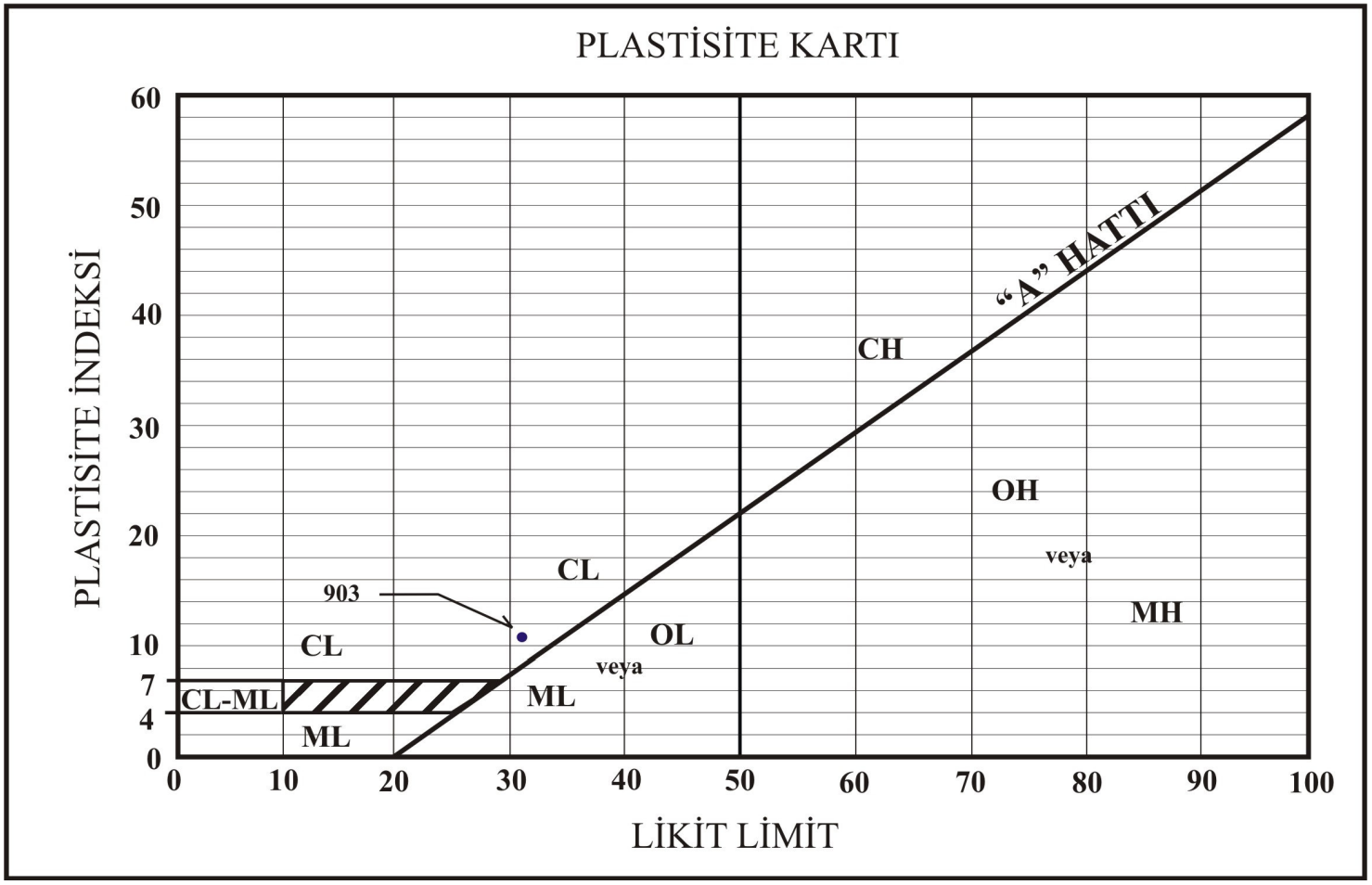


Şekil 3.3.11 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita

Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (SC), (SW-SM), (GP-GM) karakterindedir. Bu alanda genelde kum ve silt hakim olup 200 no' lu elek altı malzeme miktarı düşüktür (Şekil 3.3.12,13; Tablo 3.3.3). Bu nedenle geçirimsiz malzeme ihtiyacının öncelikli olarak (A–1) ve (A–2) no' lu sahalardan sağlanması, daha sonra (A–3) no' lu sahanın uygun kısımlarından malzeme alınması uygun olacaktır. (A–3) malzeme alanının toplam alanı 140.000 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve 4 m kazı derinliği ile 560.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.3.12 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.13 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

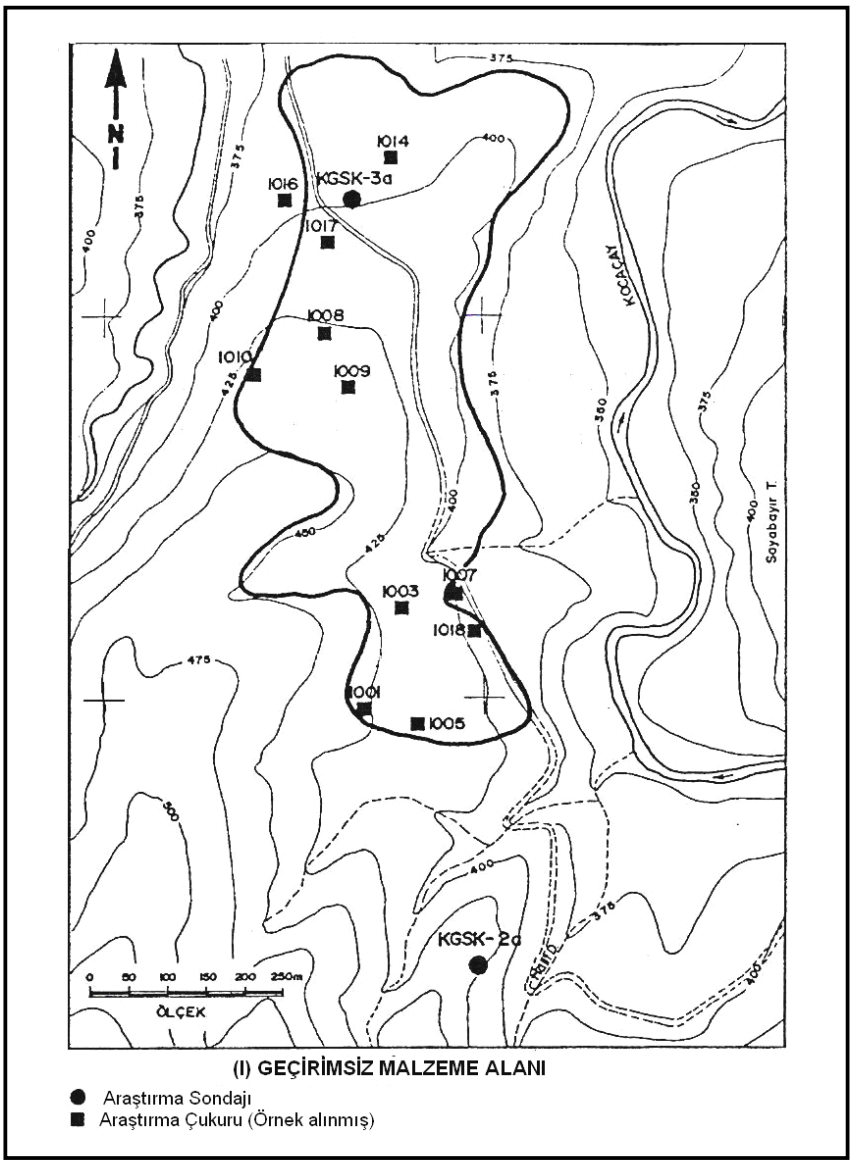
Tablo 3.3.3 (A–3) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

(A-3) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																					
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABILITE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME			CaCO3 - %	SUDA ÇÖZÜNEN MADDE- %
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2		
1	901	SW-SM		2.69	-	-	-	17.0	46.0	37.0	2.00	10.70									
2	903	GC		2.64	30.7	19.9	10.8	14.0	27.0	59.0	1.88	13.00									
3	905	SW-SM		2.66	-	-	-	20.0	46.0	34.0	2.05	10.20									
4	907	GP-GM		2.68	-	-	-	10.0	41.0	49.0	1.94	11.00									
5	910	SP-SM		2.73	-	-	-	9.0	48.0	43.0	2.07	10.00									

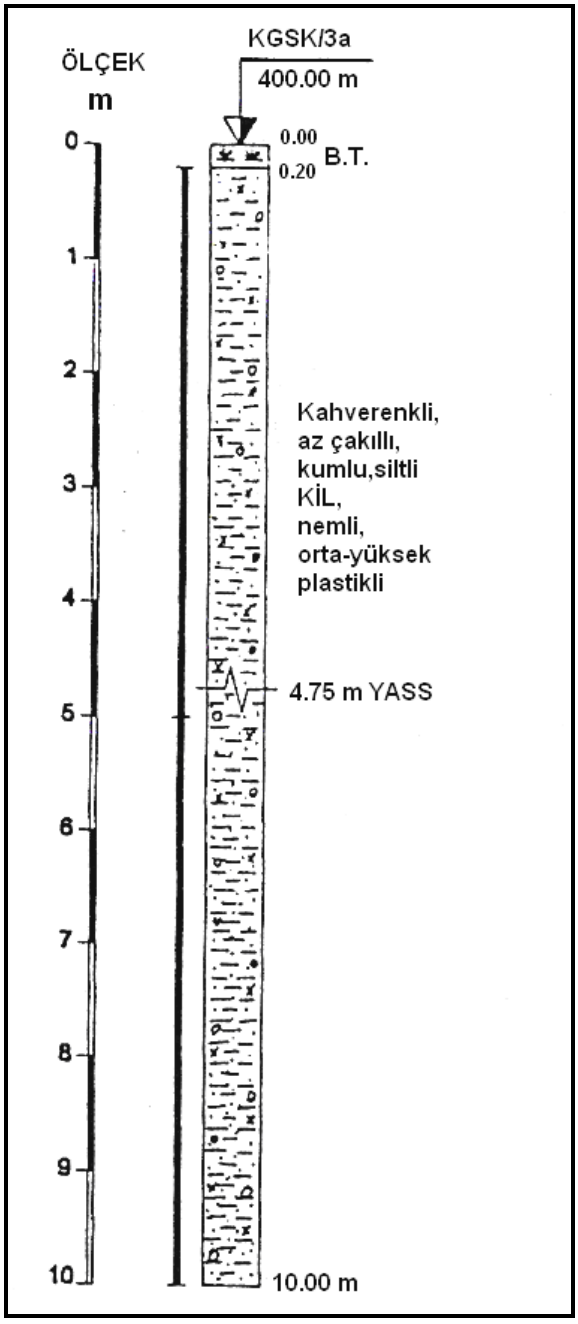
3.3.1.4 (I) Geçirimsiz Malzeme Alanı

Baraj ekseninin mansabında, Değirmensırtı mahallesinin güneyinde, Halit derenin kuzeyinde, Sayabayır tepenin batısındaki tarım alanlarıdır (EK–5). Değirmensırtı mahallesinin tarım alanı olup kamulaştırılması gerekmektedir. Baraj eksenine uzaklığı mevcut yoldan 1.000 m olup, yol stabilizedir. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilecektir.

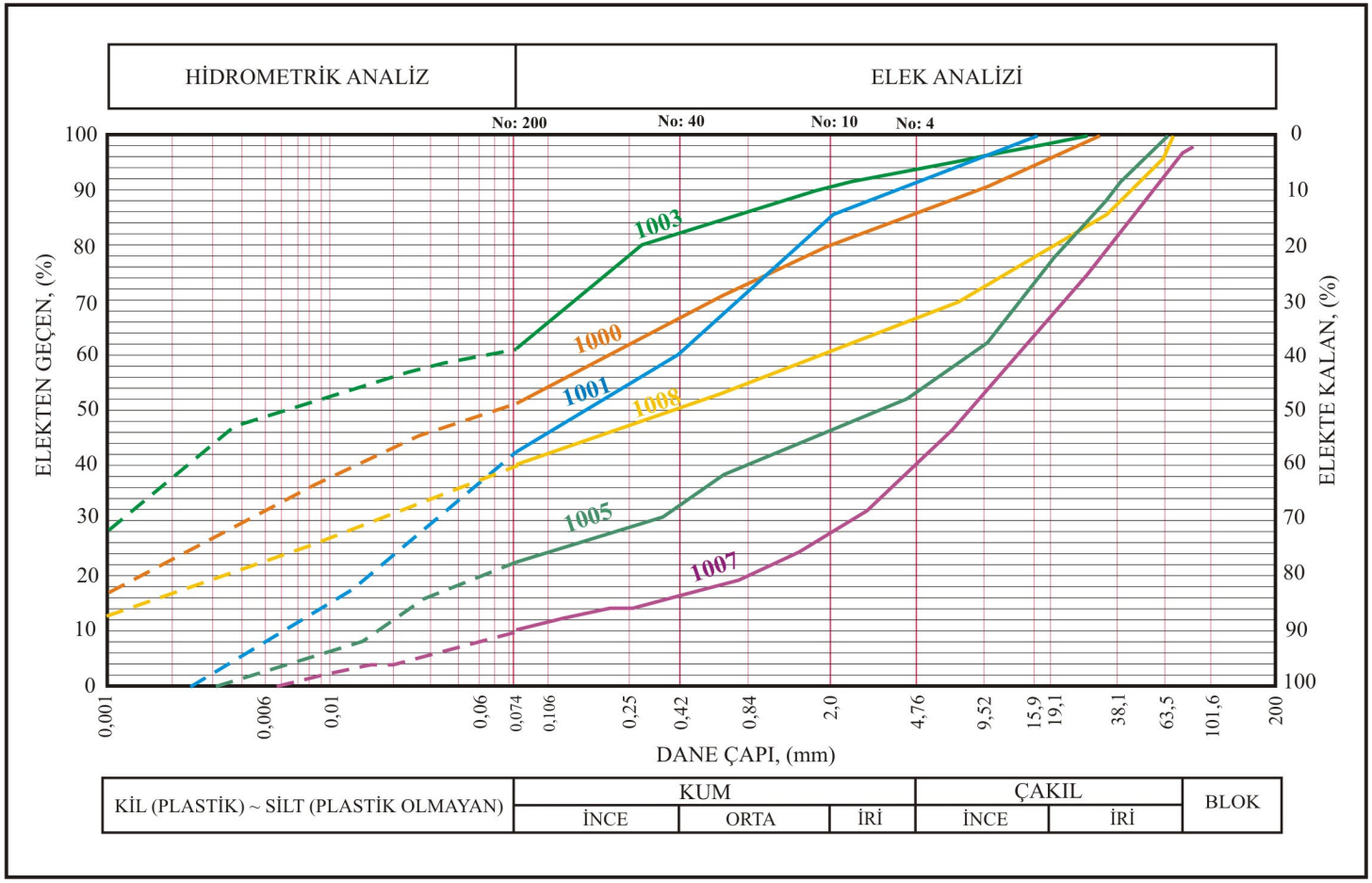
Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 18 adet araştırma çukuru ve 1 adet araştırma sondajı açılmıştır. KGSK-3a no' lu araştırma sondajında 4.75 m' de yeraltı suyu mevcuttur (Şekil 3.3.14). Araştırma çukurlarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır (Şekil 3.3.15). Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (CL), (SC), (GP-SP), (GM-MH) karakterindedir (Şekil 3.3.16, 17, 18; Tablo 3.3.4). (I) malzeme alanının toplam alanı 210.000 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve 4 m kazı derinliği ile 840.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



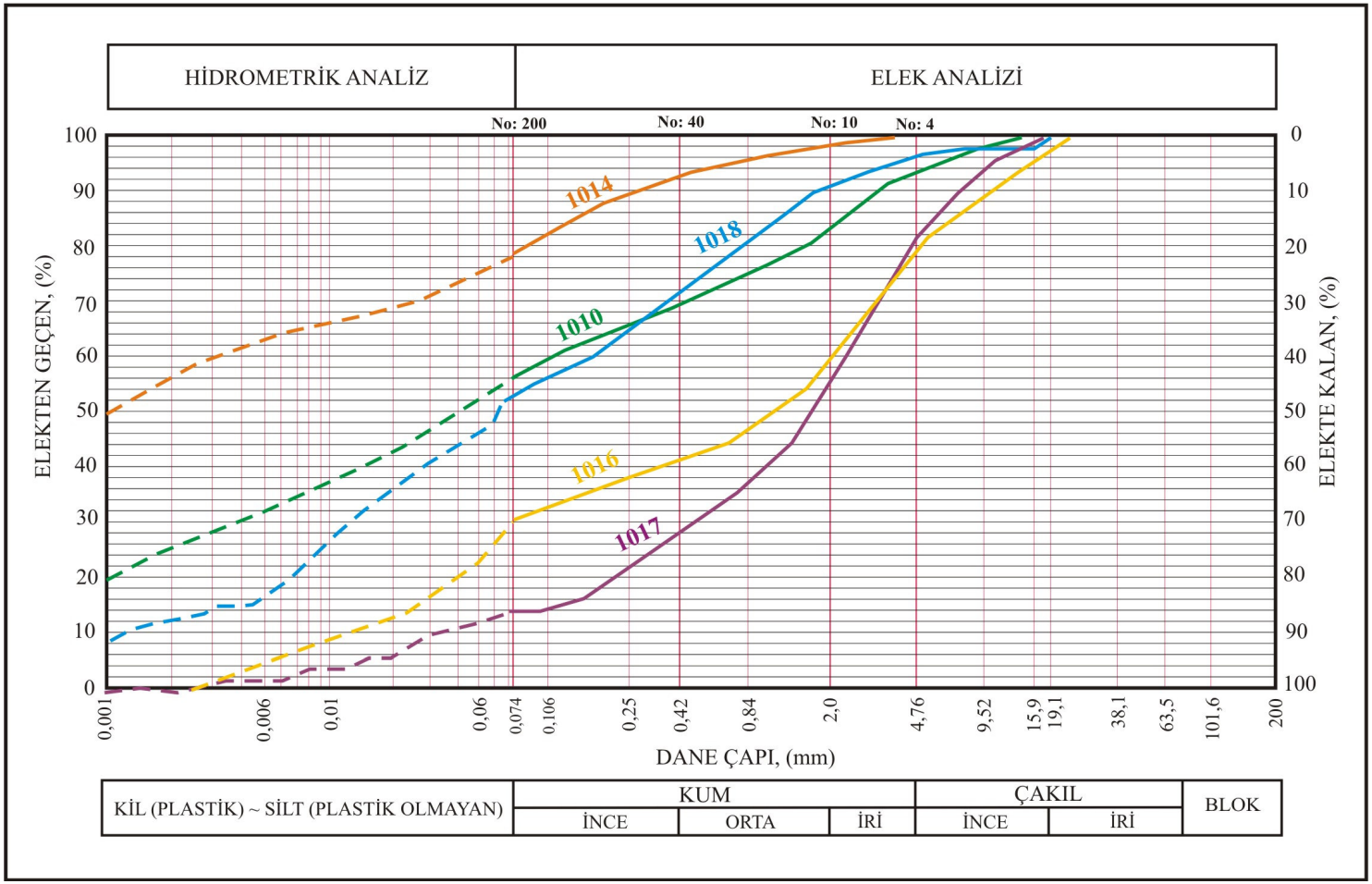
Şekil 3.3.14 (I) Geçirimsiz malzeme alanı araştırma sondajları ve örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita



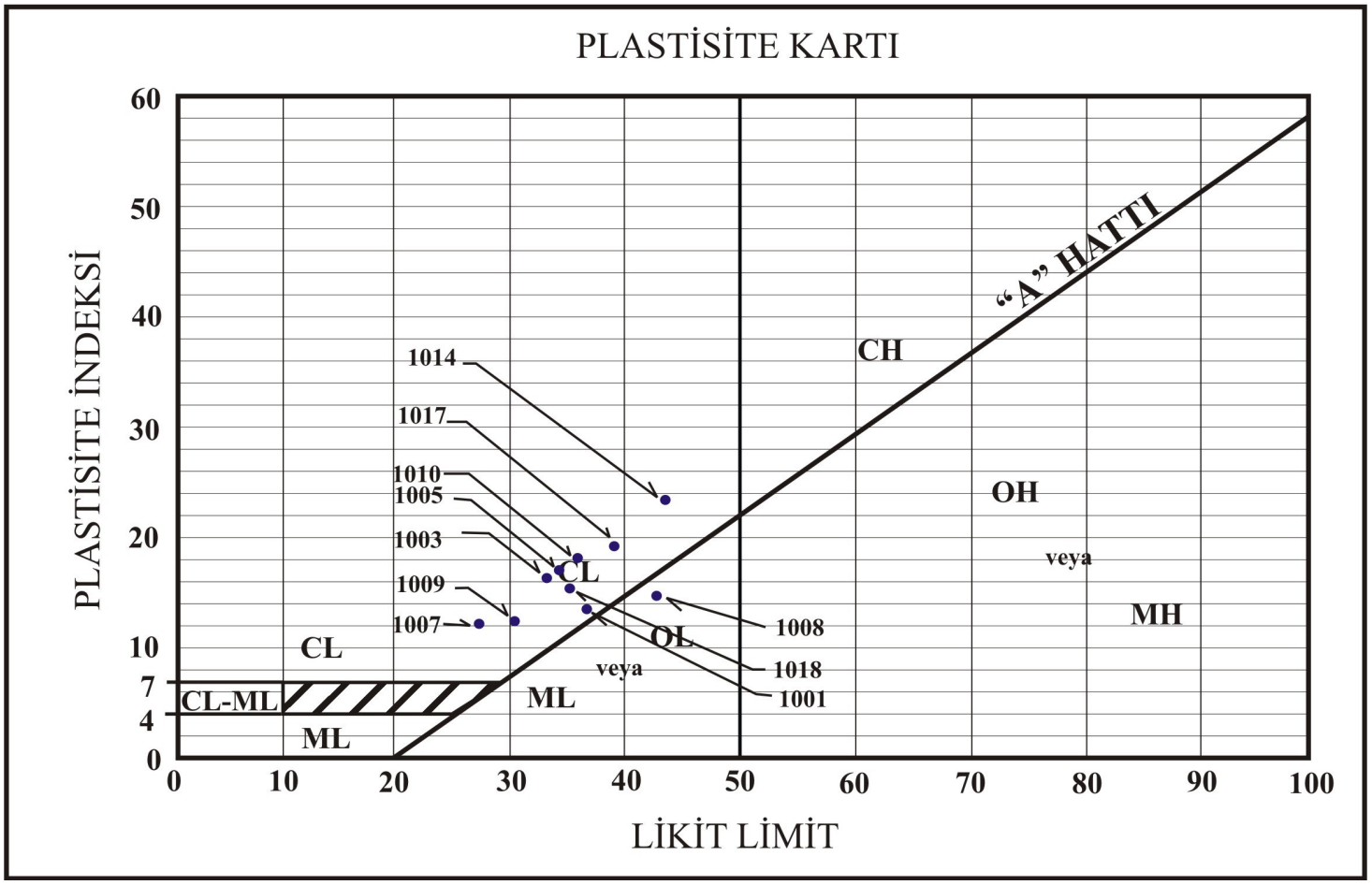
Şekil 3.3.15 (I) Geçirimsiz malzeme alanı araştırma sondajı



Şekil 3.3.16 (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.17 (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.18 (I) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

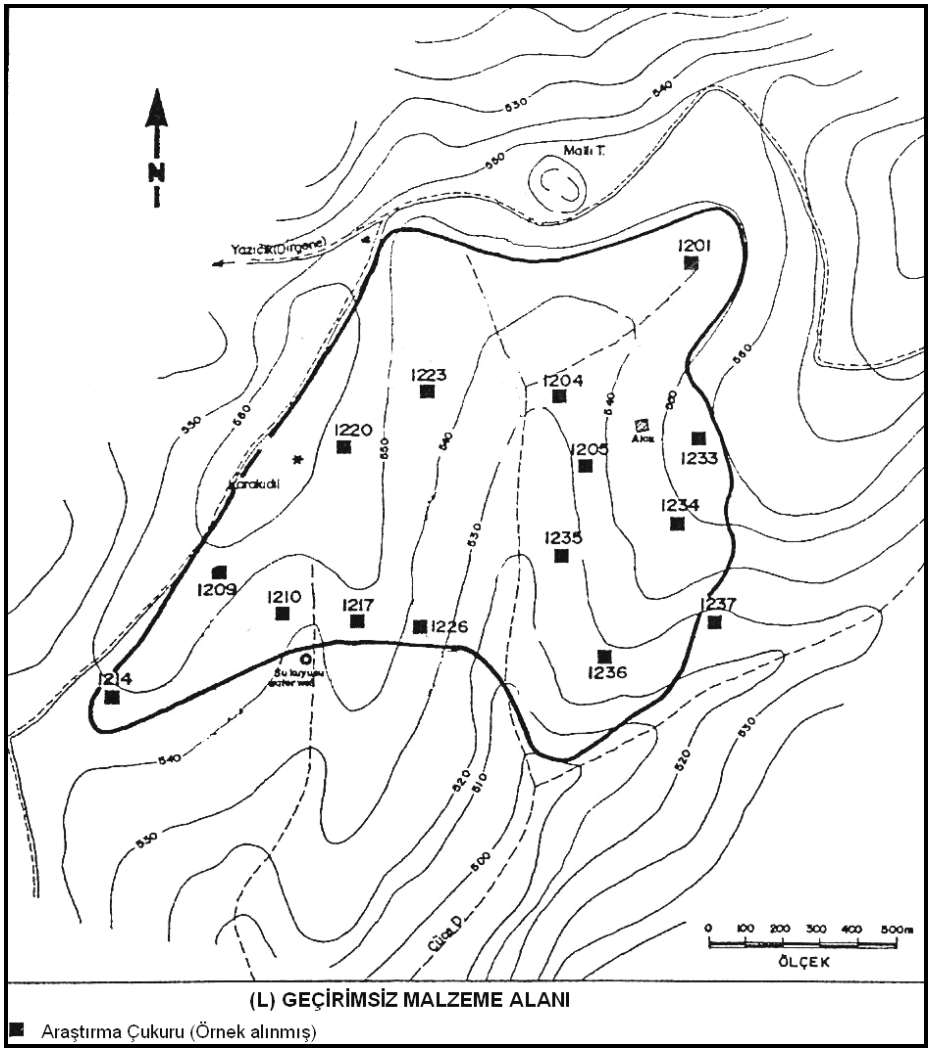
Tablo 3.3.4 (I) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABİLİTE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME		
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2
1	1001	SC-CL		2.69	37.1	22.6	14.5	43.0	40.0	9.0	1.90	14.30							
2	1003	CL		2.63	34.3	17.1	17.2	61.0	32.0	7.0	1.72	16.00							
3	1005	SC		2.73	35.4	18.1	17.3	21.0	56.0	23.0	2.02	11.50							
4	1007	GC		2.71	28.7	15.7	13.0	7.0	31.0	62.0	2.14	8.70							
5	1008	GM-MH		2.65	42.6	26.5	16.1	39.0	26.0	35.0	1.78	16.80							
6	1009	CL		2.63	31.2	17.8	13.4	51.0	35.0	14.0	1.82	14.60							
7	1010	CL		2.68	36.7	18.4	18.3	57.0	36.0	7.0	1.78	16.20							
8	1014	CL		2.62	44.2	21.8	22.4	79.0	20.0	1.0	1.70	19.00							
9	1016	SM-ML		2.70	26.7	20.9	5.8	30.0	50.0	20.0	1.99	12.40							
10	1017	SC		2.74	40.2	20.2	20.0	14.2	46.7	31.1	1.92	11.60			$1.45x10^{-5}$		0.65	27.00	
																	0.25	35.00	
11	1018	SC-CL		2.75	35.6	19.0	16.6	53.1	42.5	4.4	1.88	14.40			$7.86x10^{-9}$		1.45	18.00	
12	KGSK-3a(1)	CL		2.66	37.0	17.1	19.9	56.5	41.0	2.5	1.94	12.00							
13	KGSK-3a(2)							30.1	31.8	28.1									

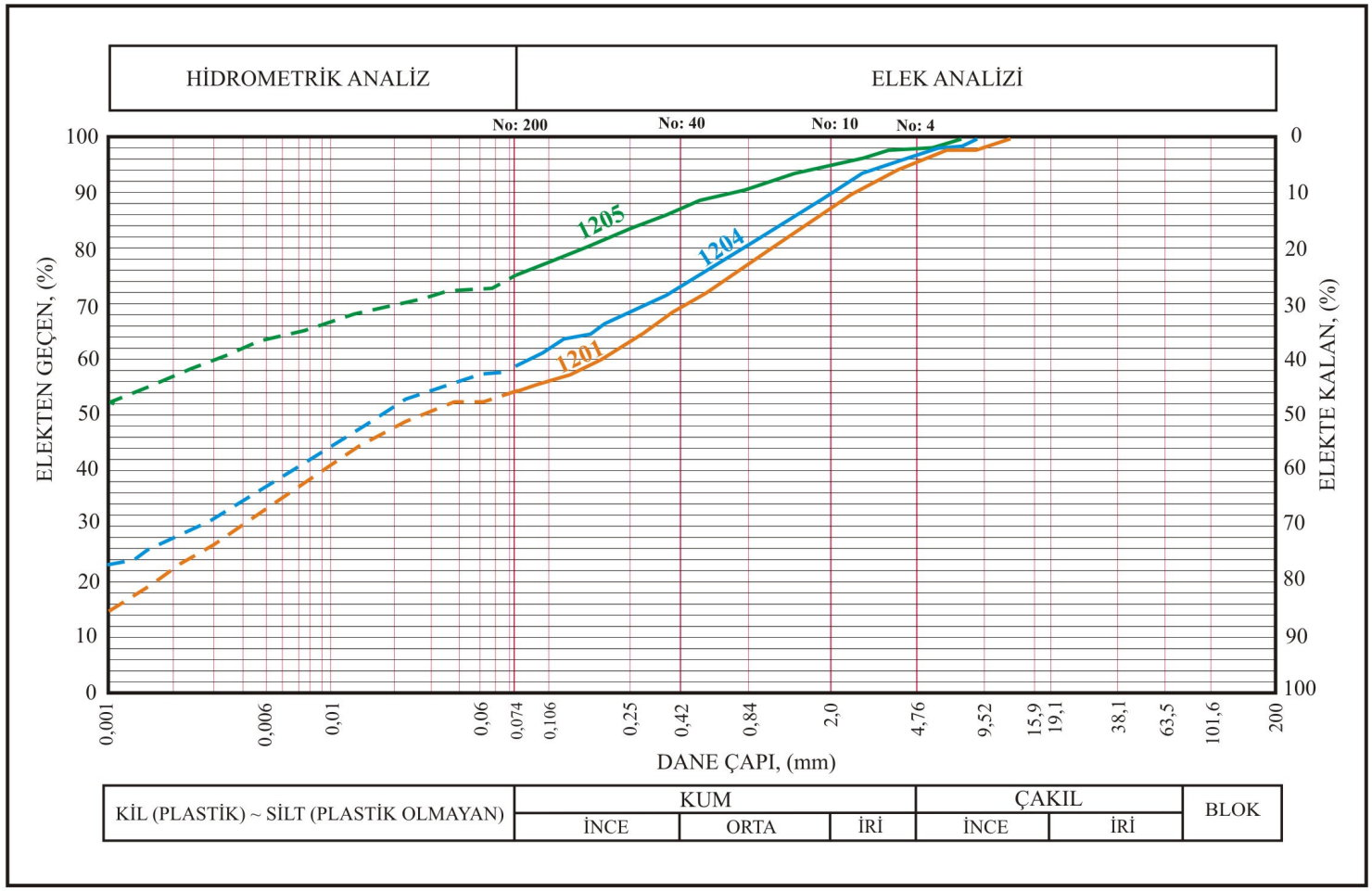
3.3.1.5 (L) Geçirimsiz Malzeme Alanı

Baraj ekseninin mansabında, İnceoğlu mahallesinin batısında, Yellicedemirciler mahallesinin kuzeydoğusunda, Geriş Mahallesinin kuzeybatısında, Mallı Tepe' nin güneyindeki tarım alanlarıdır (EK–5). Yellicedemirciler mahallesinin tarım alanı olup kamulaştırılarak mevcut kil ocaklarını oluşturmaktadır. Baraj eksenine uzaklığı mevcut yoldan 4.000 m olup, mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılmaktadır Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 15 adet araştırma çukuru açılmıştır (Şekil 3.3.19). Araştırma çukurlarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

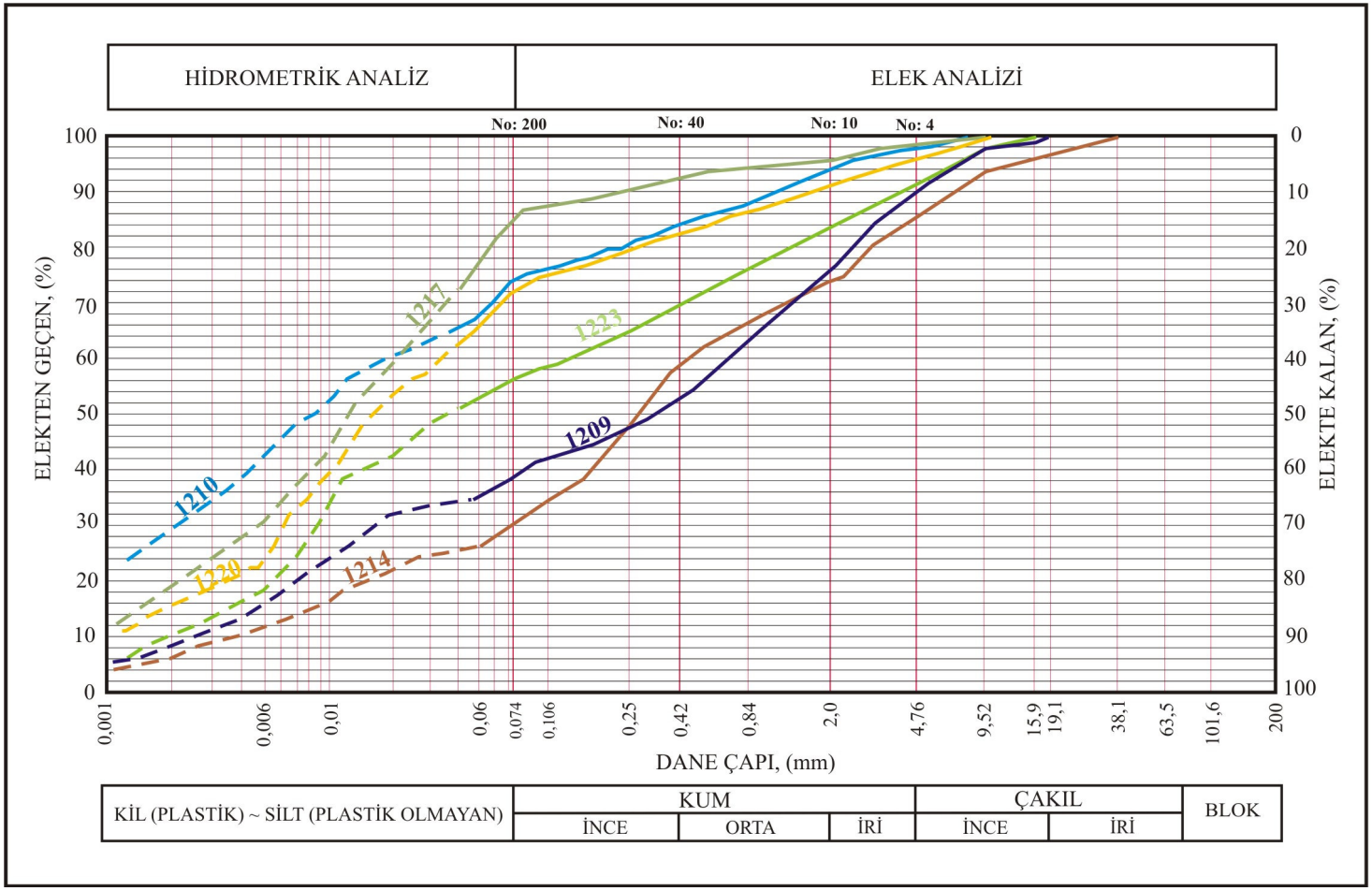
Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (CL), (SC), (GC), (GM) karakterindedir (Şekil 3.3. 20, 21, 22, 23; Tablo 3.3.5). (L) geçirimsiz malzeme alanının toplam alanı 275.000 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve 15 m kazı derinliği ile 4.125.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabileceği düşünülmektedir. Geçirimsiz malzemenin kalitesinin iyi olması ve malzeme miktarının fazla olması nedeniyle kil dolgu için tümüyle bu alandan yararlanılmaktadır.



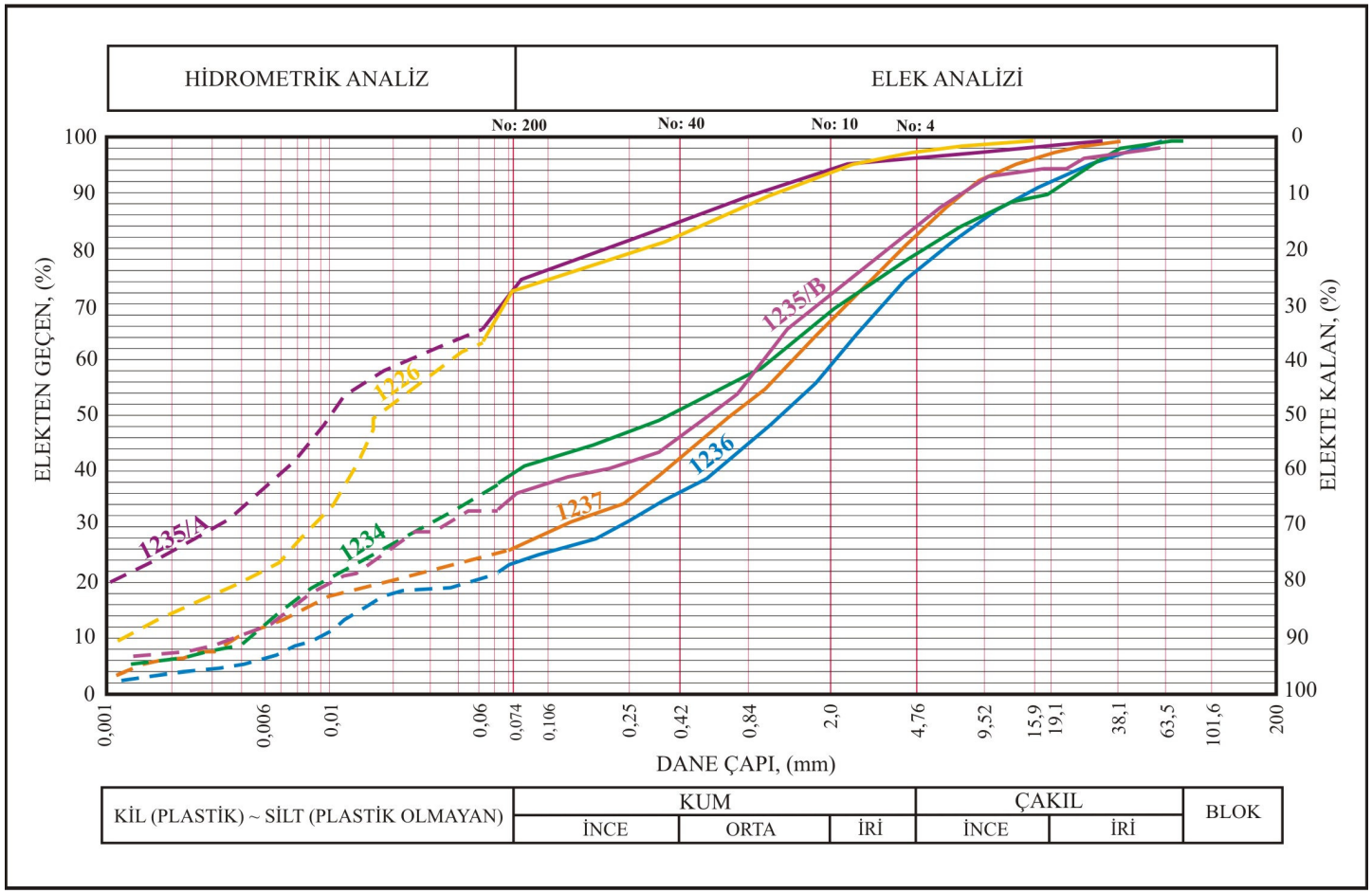
Şekil 3.3.19 (L) Geçirimsiz malzeme alanı, araştırma çukuru ve örnek alınan yerlerini gösterir harita



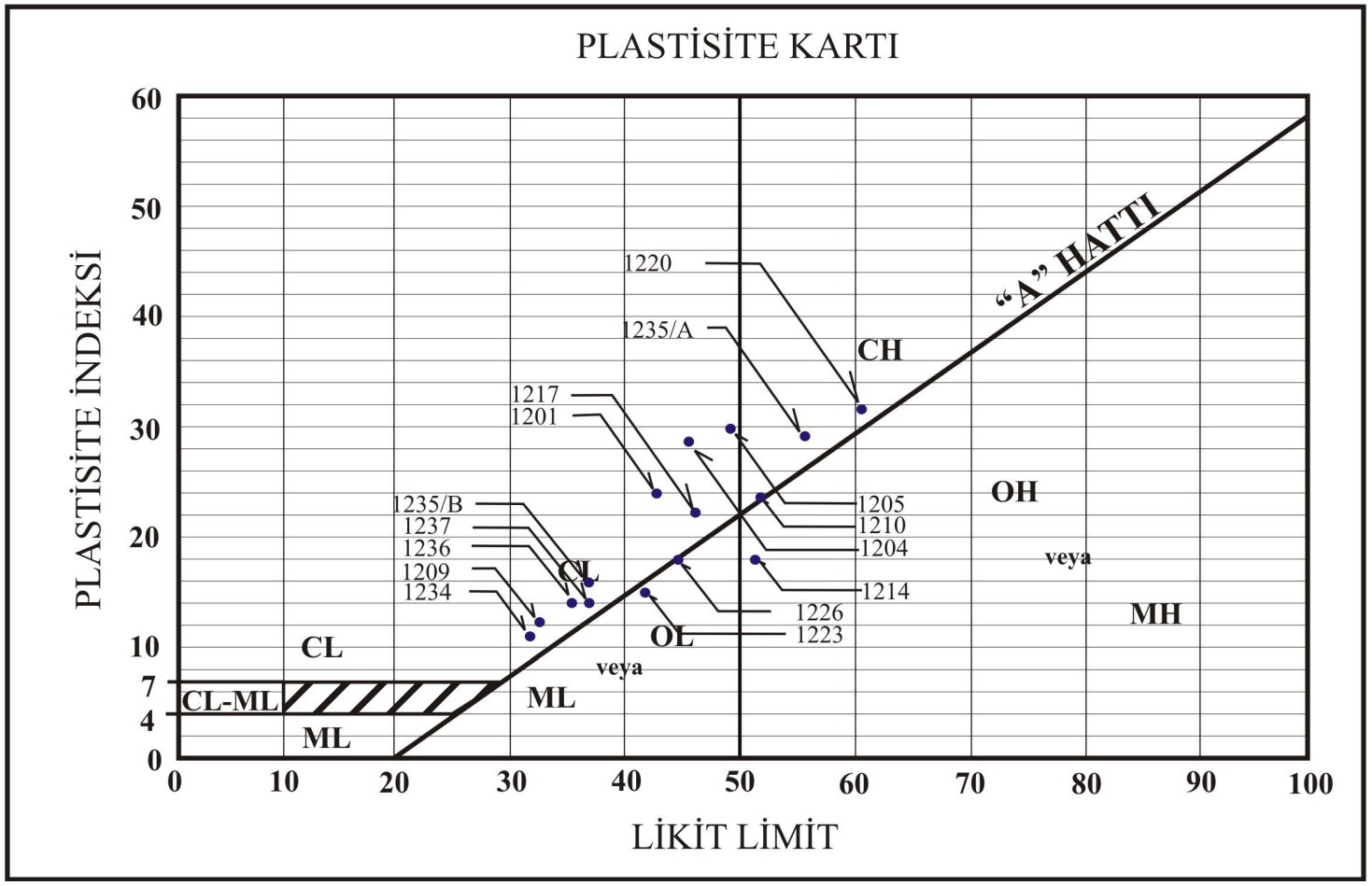
Şekil 3.3.20 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.21 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.22 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.23 (L) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

Tablo 3.3.5 (L) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

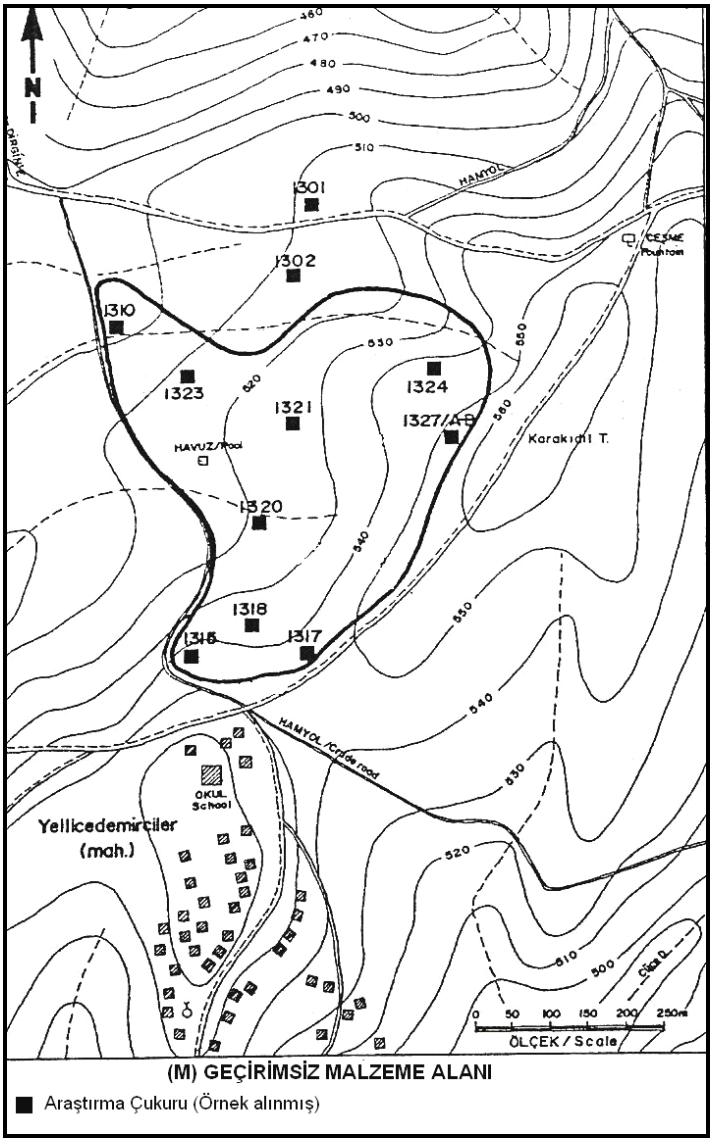
(L) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI															
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		PERMEABİLİTE K= cm/sn	ÜÇ EKSENLİ KESME		
				LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %		C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2
1	1201	CL	2.70	42.5	19.0	23.5	55.0	42.0	3.0	1.82	16.60				
2	1204	CL	2.69	46.2	18.5	27.7	61.0	36.0	3.0	1.74	18.20				
3	1205	CL	2.69	48.9	19.9	29.0	76.0	23.0	1.0	1.73	18.60				
4	1210	CL CH	2.79	51.80	23.30	28.50	75.40	22.80	1.80	1.62	22.20	$4.76x10^{-8}$	0.50	10.50	
5	1214	SM	2.74	51.3	33.1	18.2	30.6	55.7	13.7	1.56	23.80	$3.22x10^{-8}$	0.80 0.38	17.50 27.50	
6	1217	CL CH	2.74	46.7	25.4	21.3	85.0	14.0	1.0	1.62	19.60	$8.88x10^{-7}$	1.60 0.15	18.50 22.00	
7	1220	CH	2.83	61.6	29.2	32.4	73.9	23.0	3.1	1.58	24.00	$1.75x10^{-8}$	-	-	
8	1223	ML	2.75	41.8	27.0	14.8	56.5	36.1	7.4	1.74	18.20	$1.06x10^{-8}$	0.70	12.50	
9	1226	CL ML	2.82	44.6	27.0	17.6	76.2	22.4	1.4	1.61	24.00	$8.78x10^{-9}$	1.00	9.00	
10	1234	SC CL	2.76	33.2	21.8	11.4	43.0	39.1	17.9	1.89	13.60	$7.35x10^{-6}$	1.20	17.50	
11	1235/A	CH	2.80	55.9	27.8	28.1	76.7	22.8	0.5	1.59	23.90	$4.64x10^{-9}$	1.03	5.50	
12	1235/B	SC	2.78	36.6	21.0	15.6	38.5	48.9	12.6	1.82	16.00	$6.47x10^{-8}$	0.80	16.00	
13	1236	SC	2.77	35.8	21.9	13.9	24.9	55.1	20.0	1.90	14.10	$1.13x10^{-6}$	0.95	20.00	
14	1237	SC	2.77	37.1	23.1	14.0	27.8	59.0	13.2	1.84	15.30	$2.89x10^{-8}$	0.65	15.00	

3.3.1.6 (M) Geçirimsiz Malzeme Alanı

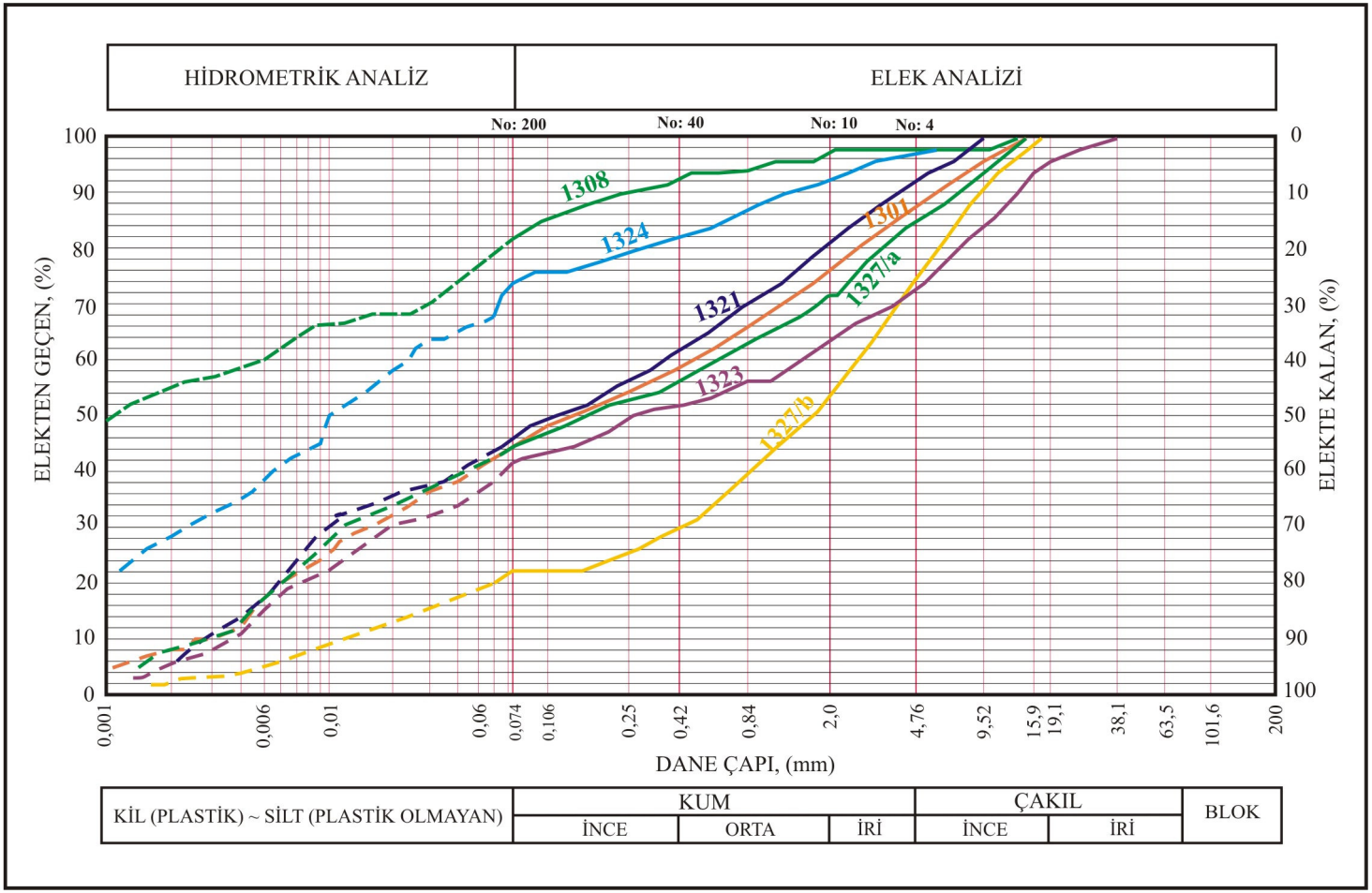
Malzeme alanı, baraj ekseninin mansabında Karakıdıl tepenin batısında, Mallı Tepe' nin güneybatısında, Yaraşoğlu Tepe' nin güneydoğusunda, Yellicedemirciler mahallesinin kuzeyindeki tarım arazileridir (EK–5). Kamulaştırma gerekmektedir. Köprübaşı baraj eksenine uzaklığı 4.000 m olup, yeni taşıma yolu yapılmalıdır.

Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 11 adet araştırma çukuru açılmıştır. 1320 no' lu araştırma çukurunda 3.50 m' de yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Diğer araştırma çukurlarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır (Şekil 3.3.24).

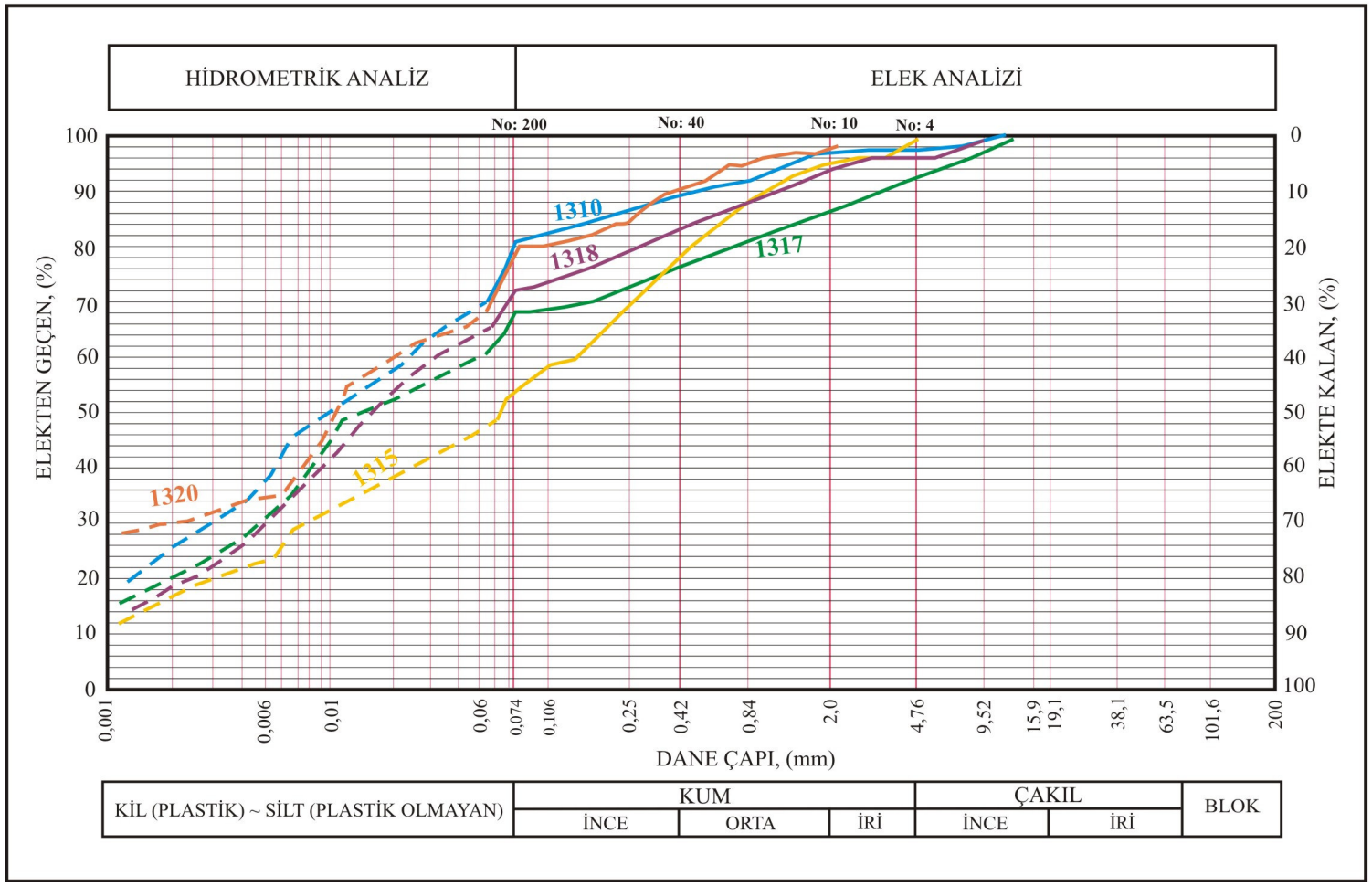
Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (CL), (CH), (SC), (GC) VE (ML-MH) karakterinde malzeme mevcuttur (Şekil 3.3.25, 26, 27; Tablo 3.3.6). (M) malzeme alanının toplam alanı 160.000 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve 4 m kazı derinliği ile 640.000 m^3 geçirimsiz malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



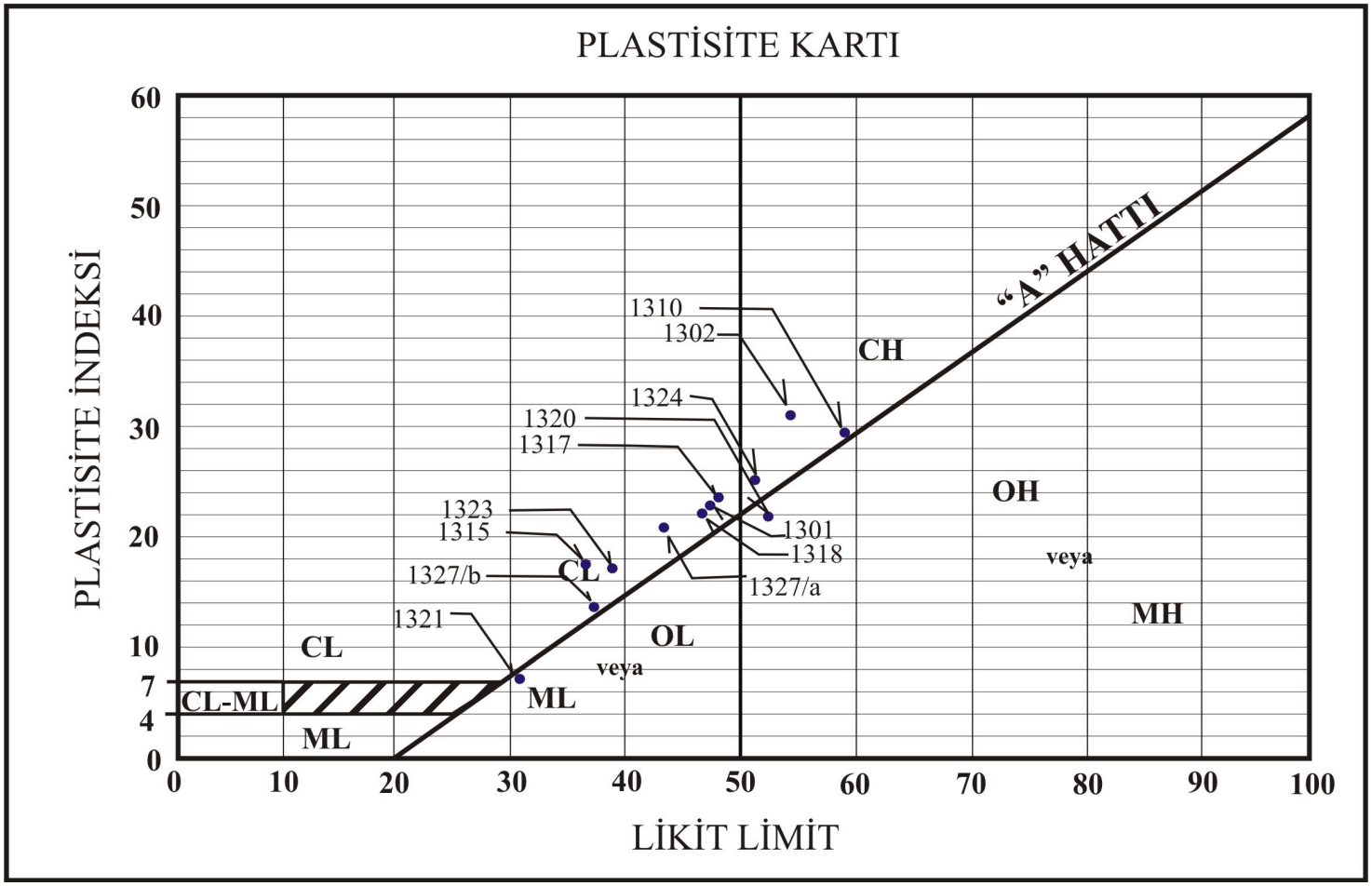
Şekil 3.3.24 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan araştırma çukuru örneği yerlerini gösterir harita



Şekil 3.3.25 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.26 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.27 (M) Geçirimsiz malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

Tablo 3.3.6 (M) Geçirimsiz malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

(M) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																			
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABİLİTE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME		
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2
1	1301	SC-CL		2.65	47.2	24.4	22.8	48.0	39.0	13.0	1.76	17.40							
2	1302	CH		2.57	54.1	22.2	31.9	83.0	16.0	1.0	1.64	21.70							
3	1310	CH		2.78	58.7	28.5	30.2	81.0	17.4	1.6	1.63	21.30			$1.60x10^{-8}$		1.80	12.0	
4	1315	CL		2.77	36.2	18.1	18.1	54.1	44.7	1.2	1.81	17.00			$3.75x10^{-8}$		1.05	11.0	
5	1317	CH		2.79	47.6	24.1	23.5	67.5	26.5	6.0	1.65	20.30			$3.99x10^{-7}$		1.05	14.5	
6	1318	CL CH		2.78	46.5	24.2	22.3	78.4	20.3	1.3	1.60	20.20			$1.21x10^{-6}$		1.10	14.0	
7	1320	ML MH		2.72	52.3	30.2	22.1	72.5	27.3	0.2	1.61	22.00			$3.29x10^{-8}$		0.95 0.33	11.5 12.5	
8	1321	SC CL		2.73	30.1	22.7	7.4	44.7	47.5	7.8	1.88	14.70			$4.95x10^{-8}$		0.85	21.5	
9	1323	SC GC		2.85	38.9	21.6	17.3	41.9	30.3	27.8	1.84	15.80			$1.65x10^{-7}$		1.15	11.0	
10	1324	CL CH		2.71	50.7	25.3	25.4	73.5	23.2	3.3	1.57	23.20			$3.67x10^{-8}$		1.20	10.5	
11	1327/A	SC CL		2.80	43.4	22.7	21.2	44.9	40.0	15.1	1.73	19.40			$1.43x10^{-8}$		0.80	9.5	
12	1327/B	SC		2.80	36.5	22.8	13.7	20.8	50.6	28.6	1.91	12.90			$1.87x10^{-6}$		0.75	24.0	

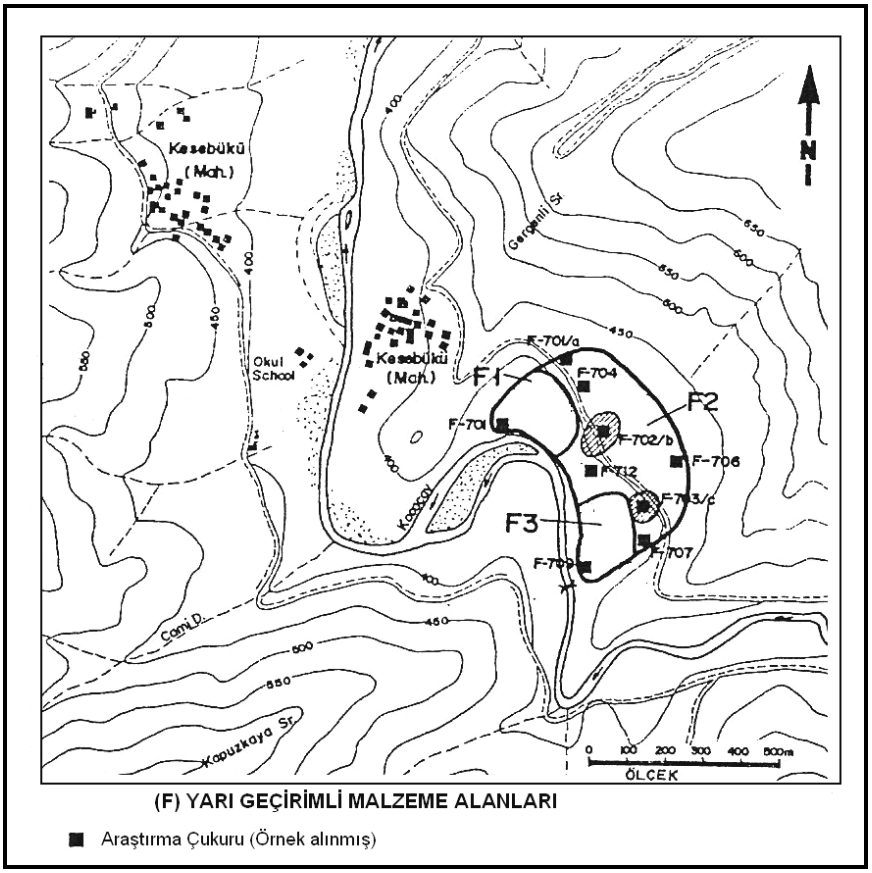
3.3.2 Yarı Geçirimli Malzeme Alanları

3.3.2.1 (F) Yarı Geçirimli Malzeme Alanı

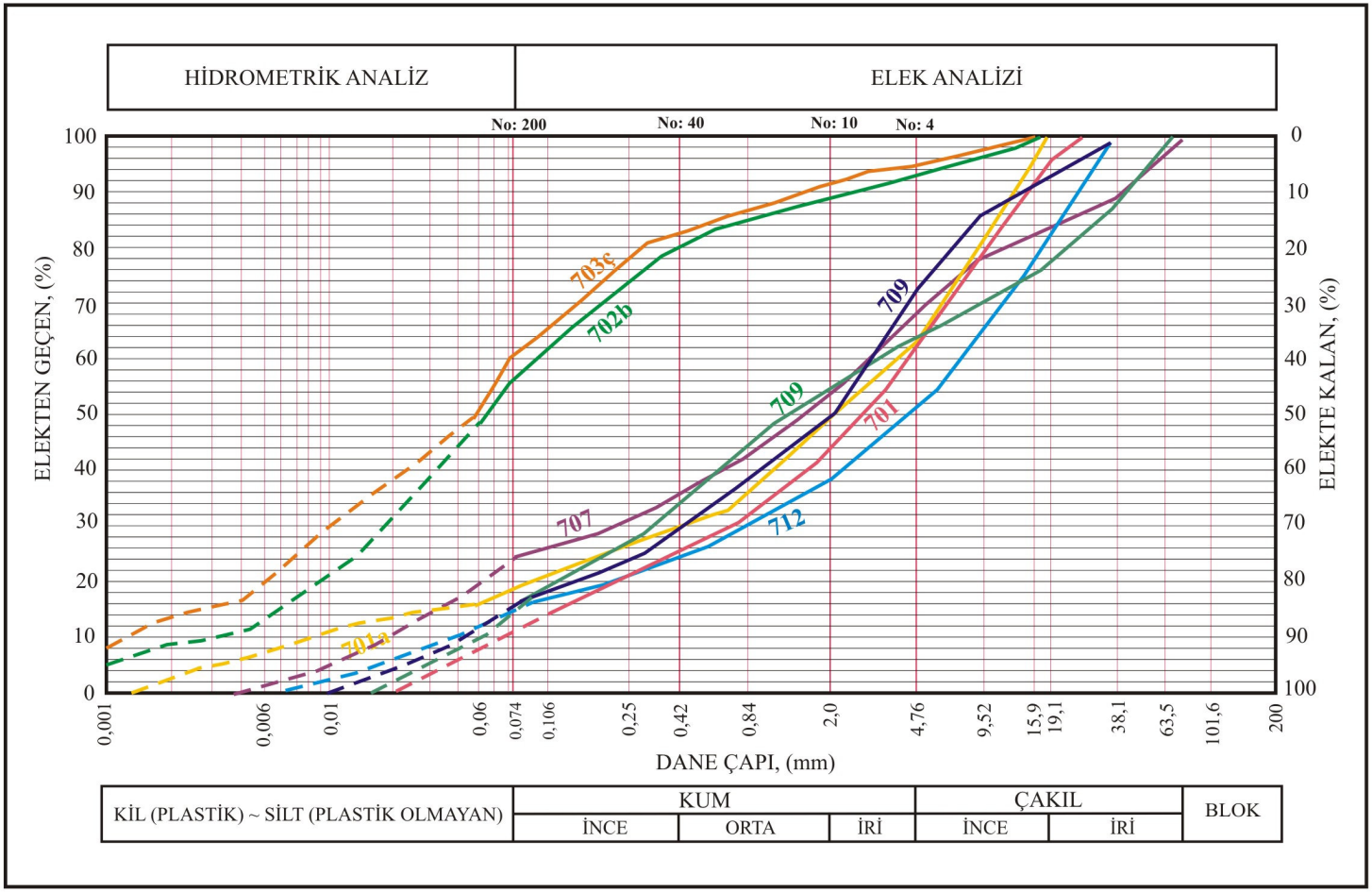
Kayabükü mahallesinin güneydoğusunda, Gergenli sırtının güneyinde, Camidere nin kuzeydoğusundaki tarım alanlarıdır. Gölalanı içinde kalacağı için kamulaştırma sorunu yoktur (EK–5).

Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla (F) alanında toplam 9 adet araştırma çukuru açılmıştır (Şekil 3.3.28). Araştırma çukurlarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır.

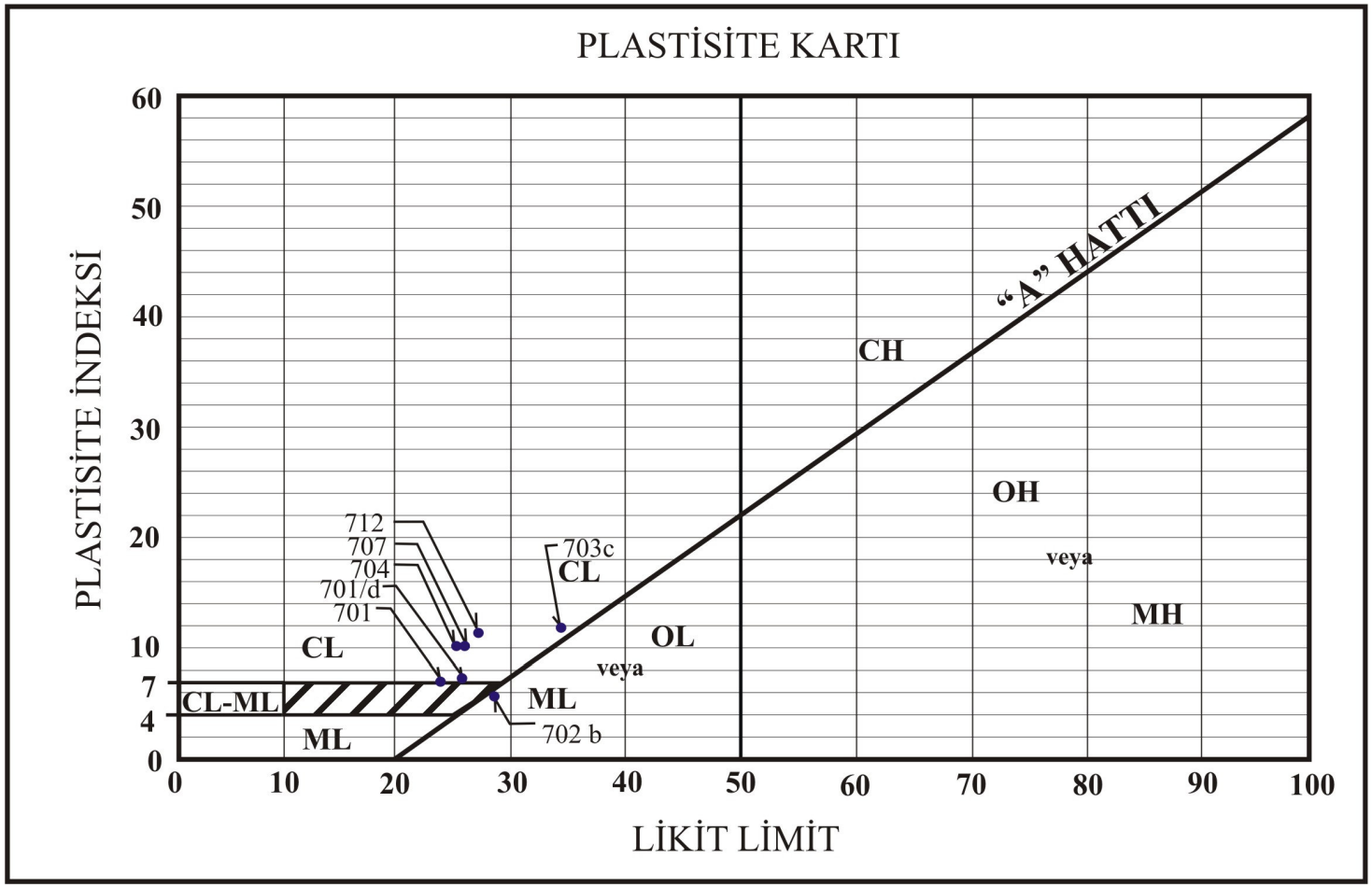
Arazi gözlem ve laboratuar deney sonuçlarına göre alandaki malzeme (SC-SM), (SW-SM), (GC-GM), (GC-SC) karakterinde malzeme mevcuttur (Şekil 3.3.29, 30; Tablo 3.3.7). (F) yarı geçirimli malzeme alanının toplam alanı 157.500 m^2 olup, 0.30 m sıyırma ve (F1) alanında 4 m, (F2) alanında 5 m ve (F3) alanında 2.5 m kazı derinliği ile toplam 700.000 m^3 yarı geçirimli malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.3.28 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanı örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita



Şekil 3.3.29 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.30 (F) Yarı Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

Tablo 3.3.7 (F) Yarı geçirimli malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

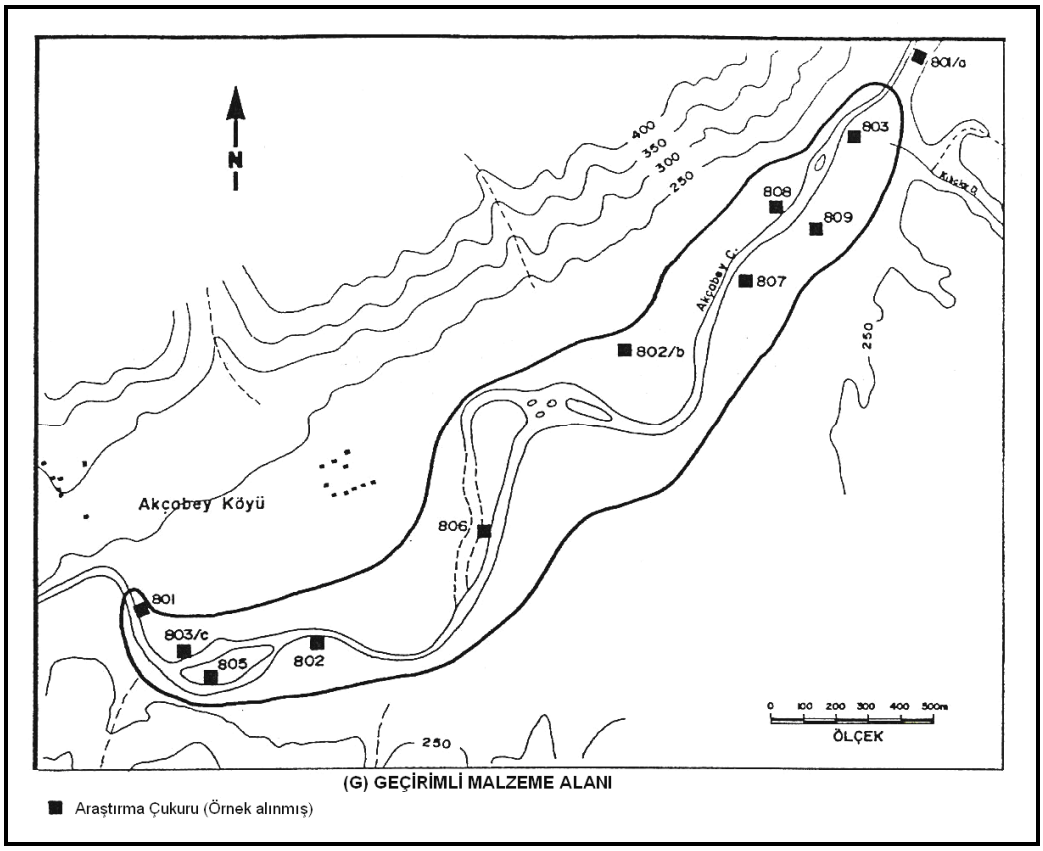
(F) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																			
SIRA NO	NUMUNE NO	GRUP SEMBOLÜ	DOĞAL SU İÇERİĞİ (%)	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ			KOMPAKSİYON		POROZİTE (n) %	BOŞLUK ORANI-e	PERMEABİLİTE K= cm/sn	KONSOLİDASYON KATSAYISI (Cv= cm2/sn)	ÜÇ EKSENLİ KESME		
					LL	PL	PI	% (200 No)	% (4 No)	> 76.2 mm	γ max- t/m3	Wopt.- %					C - kg/cm2	Φ°	qu - kg/cm2
1	701	SC-SM		2.82	21.5	14.5	7.0	17.0	43.0	40.0	2.20	8.20							
2	701/a	SC GC		2.79	23.3	15.5	7.8	18.0	42.0	40.0	2.09	8.60			$1.48x10^{-4}$		0.35	26.0	
3	702/b	CL		2.75	24.9	17.5	7.4	56.0	38.0	6.0	1.76	17.50			$2.00x10^{-7}$		0.90	18.0	
4	703/c	CL		2.76	32.5	21.3	11.2	61.0	35.0	4.0	1.73	17.50			$6.00x10^{-6}$		1.00	15.0	
5	704	SC-SM		2.73	23.2	13.5	9.7	18.0	43.0	35.0	2.17	8.60							
6	706	SP-SM		2.7	-	-	-	14.0	56.0	30.0	2.12	9.20							
7	707	SC-SM		2.73	23.7	14.0	9.7	23.0	43.0	34.0	2.07	9.40							
8	709	SW-SM		2.71	-	-	-	16.0	46.0	38.0	2.05	10.70							
9	712	GC-GM		2.75	26.5	15.9	10.6	18.0	32.0	50.0	2.08	8.80							

3.3.3 Geçirimli Malzeme Alanları

3.3.3.1 (G) Geçirimli Malzeme Alanı

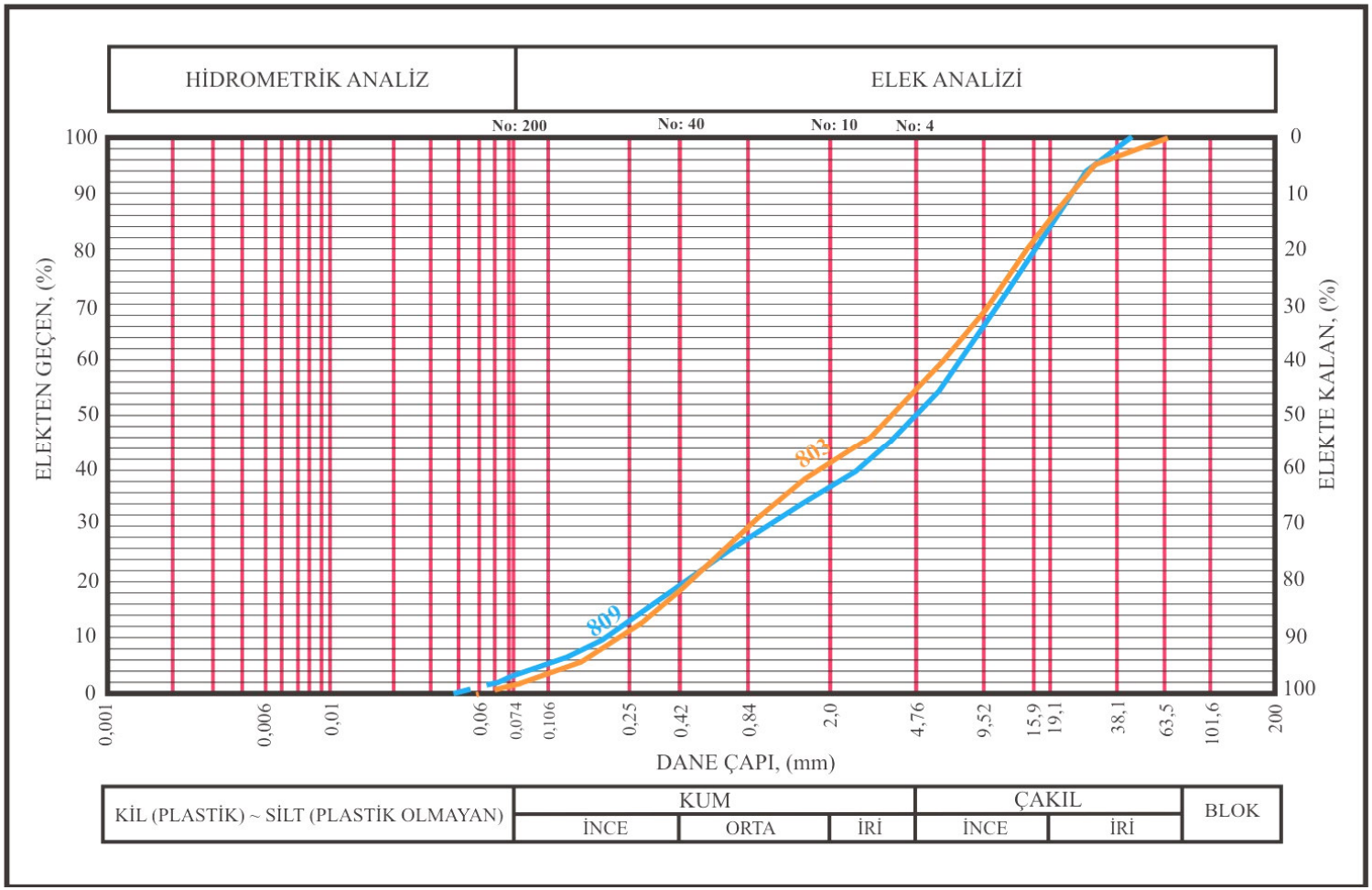
Baraj ekseninin mansabında Akçabey Köyü, Dere Mahallesinin güneybatısından Ensekuzu Mahallesinin güneybatısına kadar uzanan Devrek Çayı (Akçabey Çayı) yatağındaki alüvyonlardır. Baraj ekseni uzaklığı mevcut yoldan 9,5 km olup, mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılmaktadır (EK–5).

Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla alanda 11 adet araştırma çukuru açılmıştır (Şekil 3.3.31).

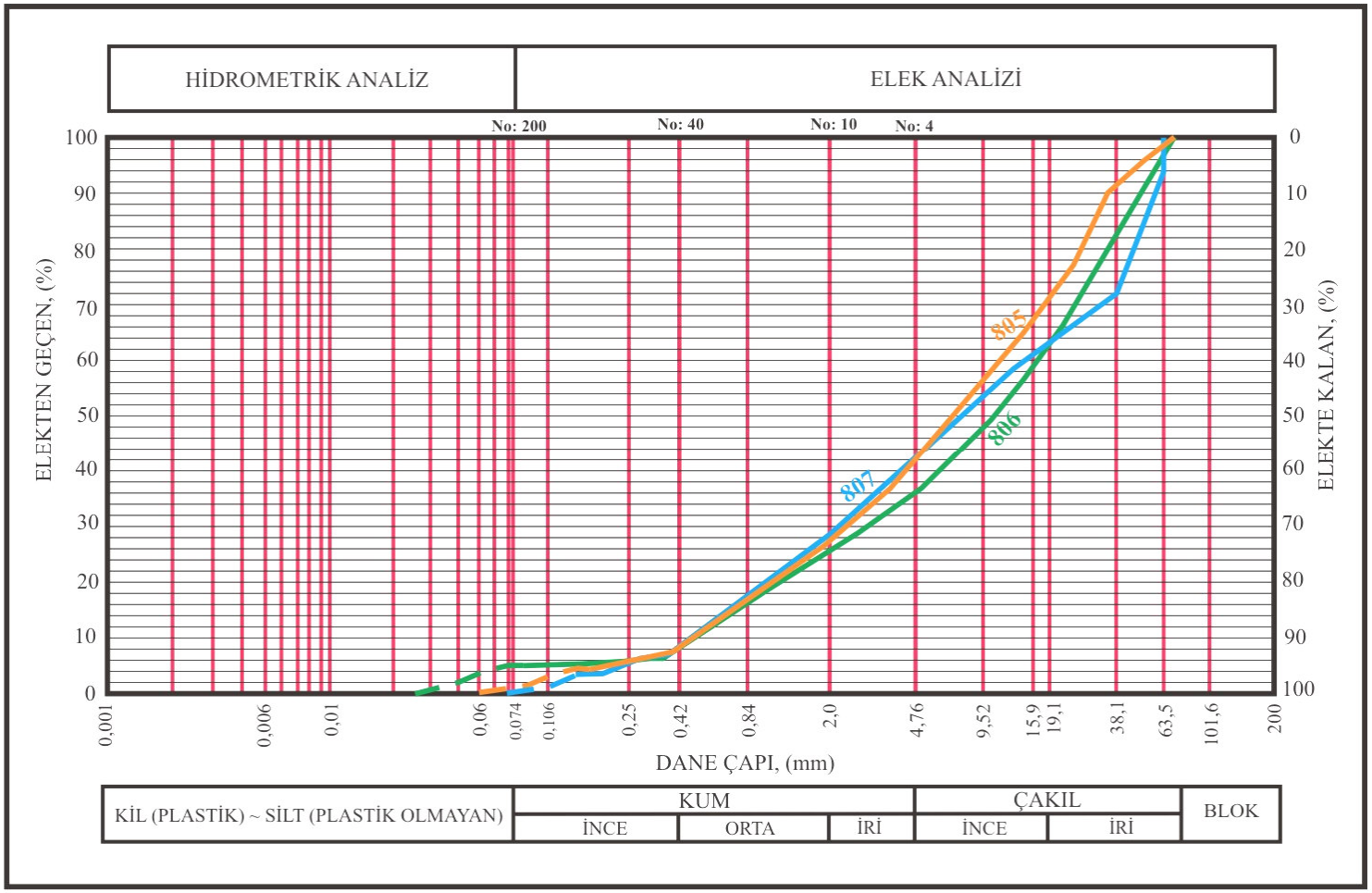


Şekil–3.3.11 (G) Geçirimli malzeme alanı örnek alınan araştırma çukuru yerlerini gösterir harita

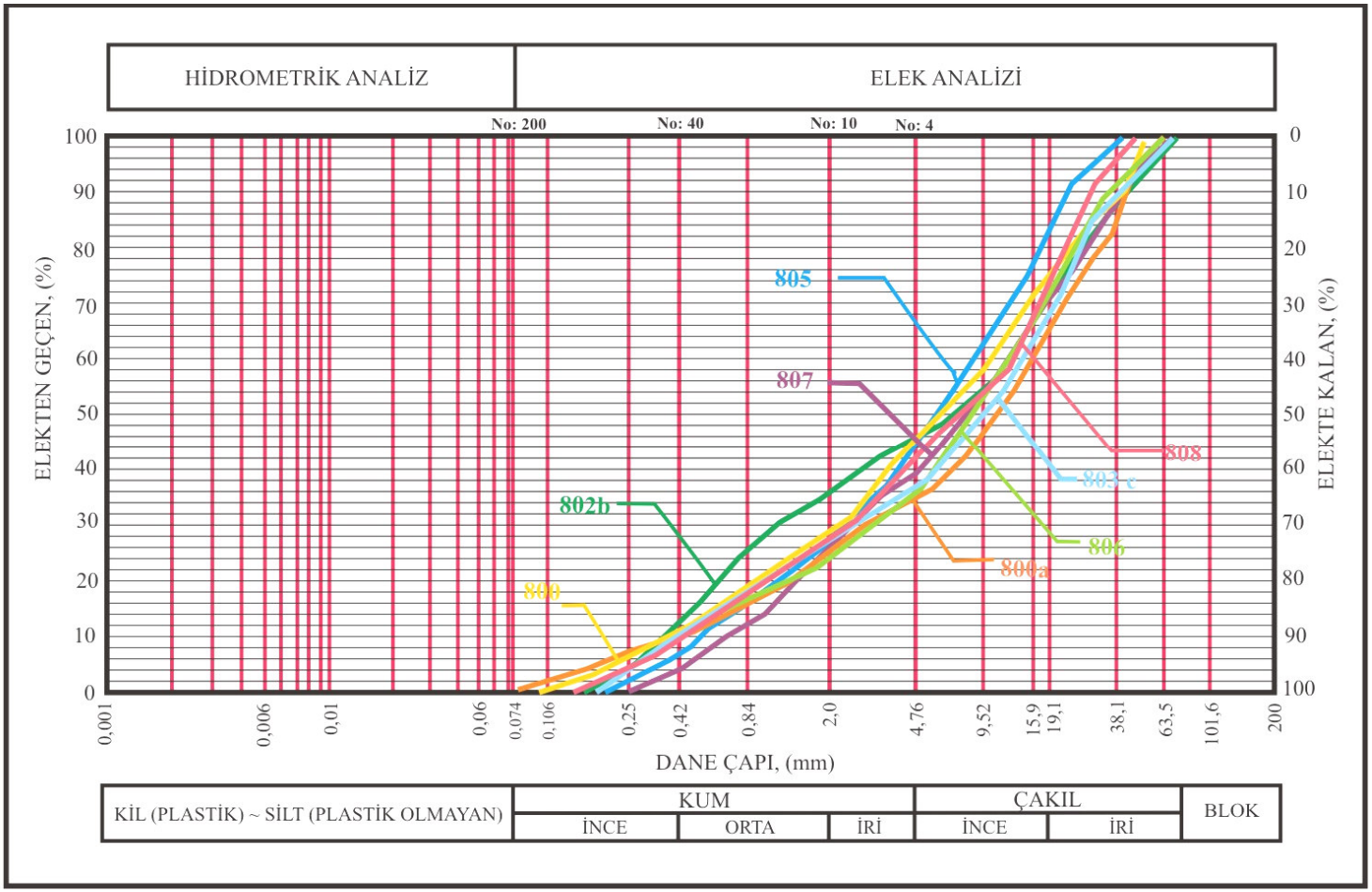
Araştırma çukurlarında 1–3.50 m' ler arasında yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Malzeme alanı, alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuar deneylerine ve arazi gözlemlerine göre genellikle (GW-SW), (GP-SP) karakterindedir (Şekil 3.3.32, 33, 34, 35; Tablo 3.3.8). İnce malzeme miktarı %1–3 arasında değişmekte olup genel olarak temiz malzeme özelliğindedir. Alınacak malzeme, 7.5 cm den iri bloklar elendikten ve yıkandıktan sonra geçirimli dolgu, filtre ve beton agregası olarak kullanılabilir özelliktedir. (G) malzeme alanının toplam alanı 1.100.000 m^2 olup 5 m kazı derinliği ile 5.500.000 m^3 geçirimli malzeme alınabileceği düşünülmektedir.



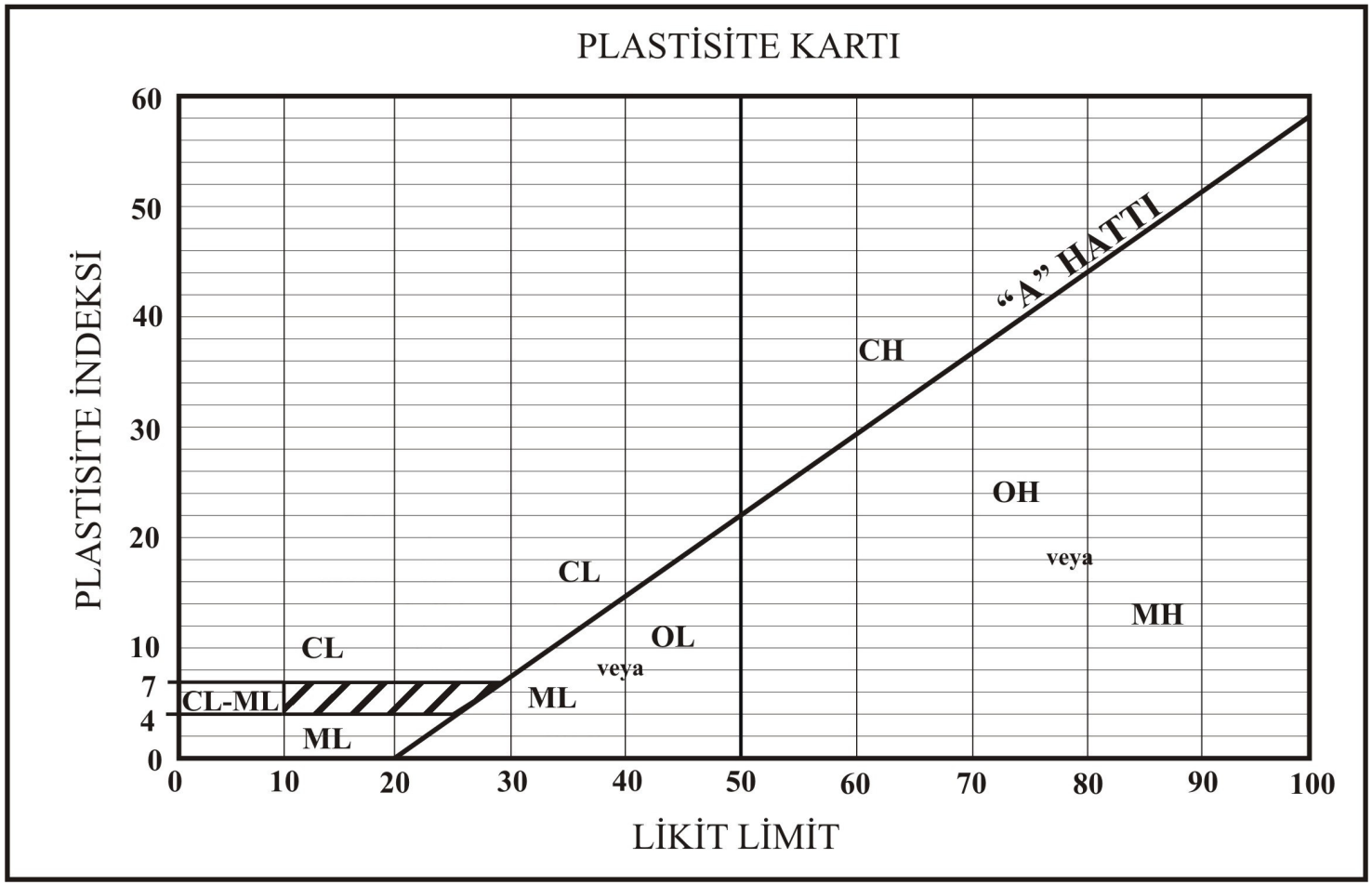
Şekil 3.3.32 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.33 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.34 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait elek analizi sonuçları



Şekil 3.3.35 (G) Geçirimli malzeme alanından alınan numunelere ait plastisite indeksi sonuçları

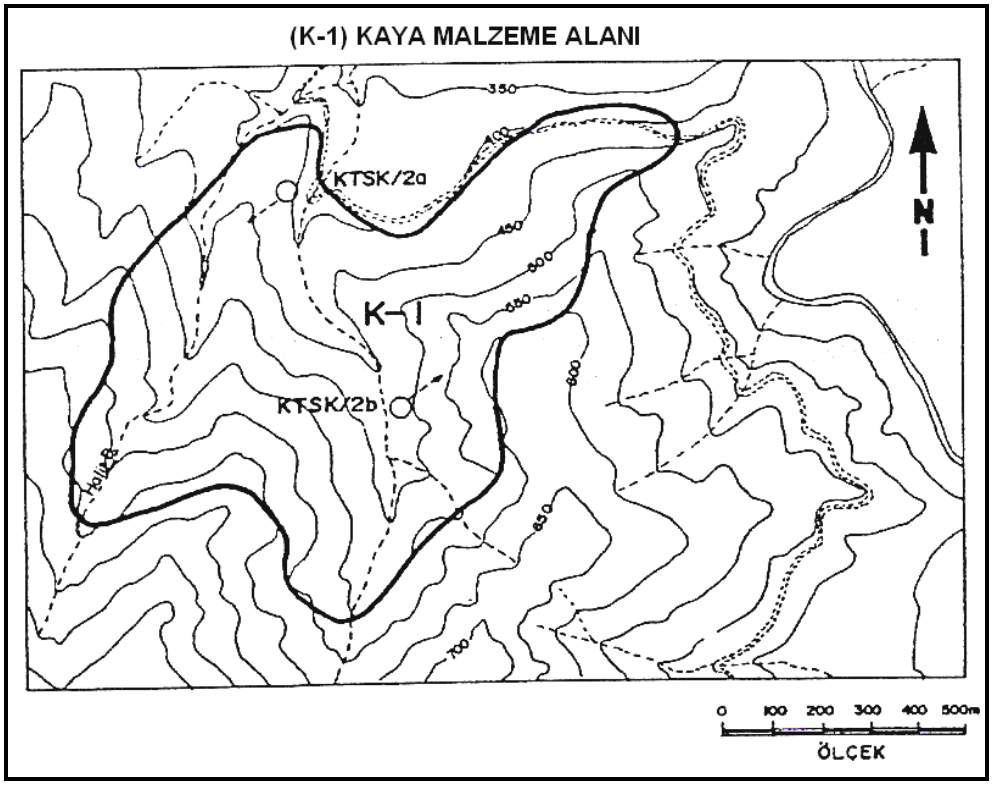
Tablo 3.3.8 (G) Geçirimli malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

(G) MALZEME ALANI LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI																	
SIRA NO	NUMUNE NO	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm3)		ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm3)		SU EMME (%)		200 No ELEKTEN GEÇEN MİKTAR (%)		KİL TOPAKLARI (%)		DON KAYBI (Na2SO4) - %		LOS ANGELES DENEYİ (%)		POROZİTE (%)	
		KUM	ÇAKIL	KUM	ÇAKIL	KUM	ÇAKIL	KUM	ÇAKIL	KUM	ÇAKIL	KUM	ÇAKIL	100 DEVİR	500 DEVİR	KUM	ÇAKIL
1	G–801	1.74	1.98	2.71	2.72	1.00	0.80			8.89	0.40	9.70	14.50	4.60	22.40		
2	G–802	1.75	2.00	2.68	2.75	2.00	0.70			7.66	0.34	12.90	23.30	4.60	24.60		
3	G–803	1.80	1.96	2.71	2.73	0.80	0.70			3.82	0.09	6.90	11.80				
4	G–804	1.82	1.93	2.70	2.73	1.30	0.60			1.64	0.06	5.80	16.90				
5	G–805	15.81	17.91	2.73	2.70	1.00	0.80							3.80	15.80	2.73	2.16
6	G–806	18.43	17.91	2.72	2.71	1.20	1.00							2.60	13.80	3.26	2.71
7	G–807	18.02	18.27	2.71	2.73	1.00	0.80							3.40	14.00	2.71	2.20
8	G–808	17.64	18.27	2.73	2.74	1.00	0.60							3.30	14.70	2.73	1.64
9	G–809	18.20	18.27	2.73	2.72	1.00	0.60							2.90	15.20	2.73	1.63
10	G–801/a	1.63 1.78	1.68 1.81	2.70	2.70	1.00	0.80	1.81	0.15	0.67	0.15						
11	G–802/b	1.59 1.76	1.69 1.83	2.69	2.71	0.90	0.70	2.57	0.05	0.27	0.09						
12	G–803/c	1.61 1.82	1.71 1.85	2.73	2.72	0.90	0.60	3.62	0.11	1.41	0.15						

3.3.4 Kaya Malzeme Alanları

3.3.4.1 (K–1) Kaya Malzeme Alanı (Granodiyorit)

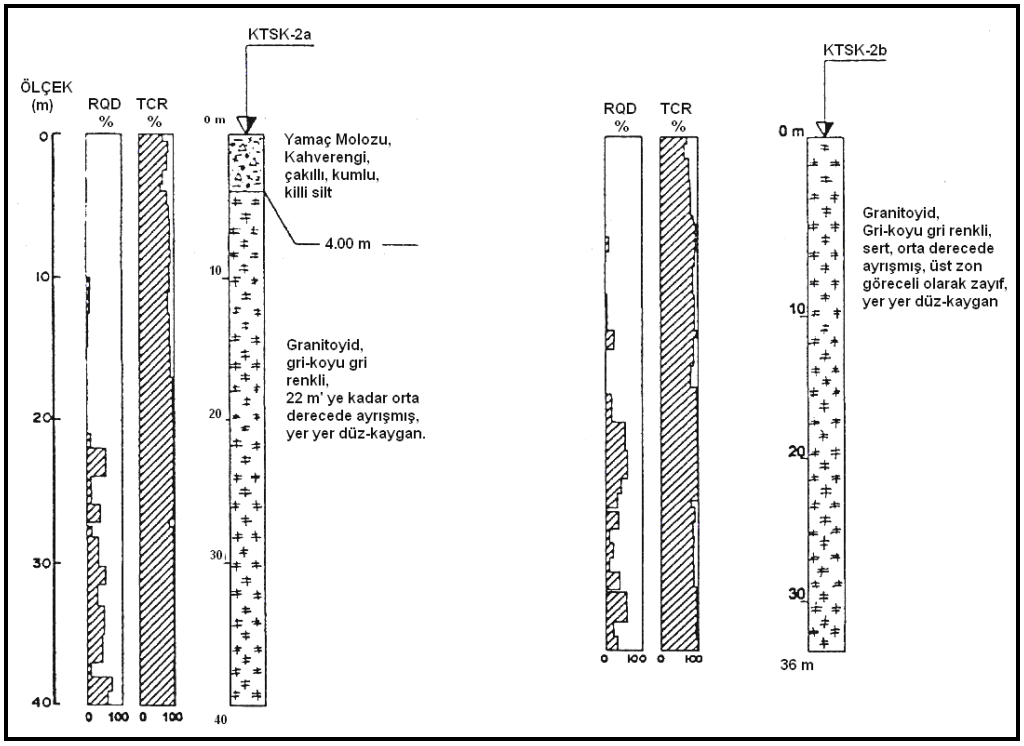
Baraj ekseninin 600 m güneybatısında, Bolu çayının sol sahilinde Halit derenin sağ sahilinde yer alan ve Halit Tepe' yi oluşturan Granodiyoritler baraj yerine en yakın kaya malzeme alanıdır (EK–5).



Şekil 3.3.36 (K–1) Kaya Malzeme Alanı örnek alınan araştırma sondajı yerini gösterir harita

Malzeme alanı hazineye ait olup, bir kısmı mera olarak kullanılmaktadır. Baraj eksenine uzaklığı, 600–1000 m olup, yeni taşıma yolu yapılması gerekmektedir. Görünür kalınlığı 100 m' den fazla olan saha az-orta eğimli, güneydoğuya doğru dik eğimlidir (Şekil 3.3.36). Yamaç eteğinde 5 m ye varan yamaç molozu bulunmaktadır.

Granodiyoritler özellikle yüzeyden 5–10 m ye kadar çok çatlaklı ve ayrışmıştır. Derinlere doğru ayrışma ve çatlaklılık azalmakta olup, kayaç sert, sağlam görünüm kazanmaktadır. Genel olarak iri kristalli, breşimsi-kataklastik yapıda, sert ancak gevrek ve çekiç darbesiyle dağılabilir özelliktedirler. Alınabilecek malzemenin miktarını ve niteliğini öğrenebilmek amacıyla sahada 2 adet araştırma sondajı açılmıştır (Şekil 3.3.37). (K–1) kaya malzeme alanı, laboratuar sonuçlarına göre "zayıf-orta kaya" niteliğindedir.

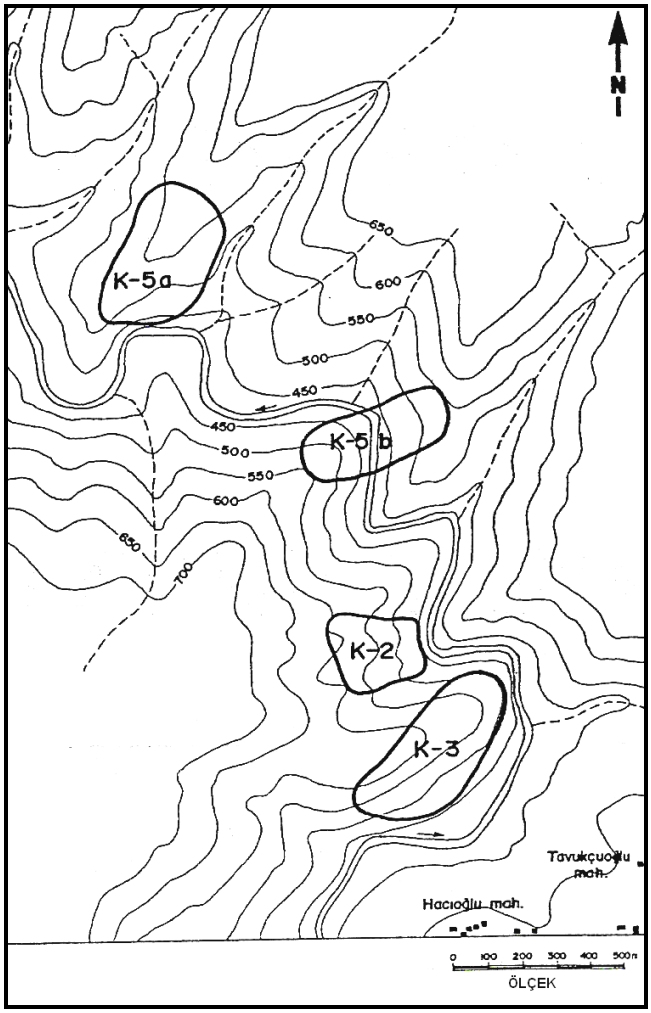


Şekil 3.3.37 Kaya malzeme alanı araştırma sondajları

Kayacın, sert-sağlam görünüşte olmasına rağmen kataklastik metamorfizma sonucu çok gevrek ve kırılgan olması nedeniyle taş ocağı işletmesinde genelde ufak boyutlu (20–40 cm) malzeme verebileceği tahmin edilmektedir. (K–1) kaya alanının toplam alanı 711.000 m^2 olup, 5 m sıyırma, 24 m kazı ile en az 10.000.000 m^3 kaya malzeme alınabileceği düşünülmektedir.

3.3.4.2 (K–2) Kaya Malzeme Alanı (Kireçtaşı)

Saha, baraj eksenin 6.5 km güneydoğusunda bulunmaktadır. Köprübaşı barajı gölü içerisinden geçen Köprübaşı Köyü-Gökçesu Beldesi yolunun kenarında yer almaktadır (EK–5).



Şekil 3.3.38 (K–2, K-3,K-5a, K-5b) Kaya Malzeme Alanlarını gösterir harita

Bu yoldan baraj ekseni 11.5 km mesafede olup, mevcut yol yer yer dar stabilize yoldur; ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilecektir. Alan hazineye ait olup, kamulaştırma sorunu yoktur. Sahada beyazımsı-bej renkli kristalize kireçtaşları mostra vermektedir. DSİ XXIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1999

yılında yapılan doğal yapı malzemeleri çalışmaları sırasında alandan alınan 3 adet numune üzerinde yapılan laboratuar deneyleri sonuçları kaya dolgu malzemesi için uygun bulunmuştur. Yapılan petrografik analizlerde birimin, poligonal şekilli, orta-kaba tane iriliğinde kalsit kristallerinin ana bileşeni olduğu, kuvars, muskovit ve grafit içeren kristalize kireçtaşı olduğu belirlenmiştir. Alanın topografyası, sarp yamaçlar ve yamaçların üstünde yer yer düz taraçalardan oluşmuştur. Alanın görünür kalınlığı 60 m kadar olup, sık bitki örtüsü ile kaplıdır. Kireçtaşları, tektonizmanın etkisiyle çok faylı, kırıklı ve eklemli yapı kazanmışlardır. Toplam alanı, 50.000 m^2 olup 3–4 m sıyırma ve 53 m kazı ile 2.650.000 m^3 kaya dolgu için uygun malzeme alınabileceği düşünülmektedir.

3.3.4.3 (K–3) Kaya Malzeme Alanı (Gnays)

Saha, baraj yerinin güneydoğusunda, Musluoğlu Mahallesinin kuzey-doğusunda, Tavukçuoğlu Mahallesinin kuzeybatısında, (K–2) sahasının 100 m kadar güneydoğusundaki gnayslardır (EK–5). Baraj eksenine uzaklığı 12.000 m dir. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilir. Saha Hazine arazisidir. DSİ XXIII. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan doğal yapı malzemeleri çalışmaları sırasında alandan alınan 1 adet numune üzerinde yapılan laboratuar deneyleri sonuçları kaya dolgu malzemesi için uygun bulunmuştur. Görünür kalınlığı 150 m olan, iri feldispat ve mika kristalli gnayslar, yüzeyde 3–10 m civarında ayrışmaya uğramış olup derinlerde sert ve sağlam yapıdadır. Birim tektonizmanın etkisiyle faylı ve az çatlaklı bir yapı kazanmıştır. (K–3) kaya malzeme alanının toplam alanı 114.000 m^2 dir. 5 m sıyırma ve 55 m kazı ile 5.700.000 m^3 kaya dolgu için uygun malzeme alınabileceği düşünülmektedir.

3.3.4.4 (K–5/a) v e (K–5/b) Kaya Malzeme Alanları (Kireçtaşı)

K–5/a sahası, baraj ekseninin 9,5 km güneydoğusunda, Sarıkayalar Tepenin güneybatısında, Musluoğlu Mahallesinin kuzeyinde, Bolu çayının sağ sahilindedir

(EK–5). Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilir. K–5/b sahası, K-5/a' nın, 750 m kadar güneydoğusunda, Bolu çayının sağ ve sol sahilinde mostra veren kristalize kireçtaşlarıdır. Baraj eksenine uzaklığı mevcut yoldan 10.500 m dir. Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yolu olarak kullanılabilecektir. Alan, hazine arazisidir. Görünür kalınlığı 250 m olan bej renkli kireçtaşları yer yer çok faylı ve çatlaklıdır. Alanın topografyası, oldukça sarp yamaçlar ve yamaçlar üstünde yer alan düz sırtlardan oluşmaktadır. DSİ XXIII. Bölge Müdürlüğü tarafından, doğal yapı malzemeleri çalışmaları sırasında alandan alınan 1 adet numune üzerinde yapılan laboratuar deneyleri sonuçları kaya dolgu malzemesi için uygun bulunmuştur. K–5/a sahası 110.000 m^2, K-5/b sahası 75.000 m^2 dir. Bitki örtüsü ile kaplı sahalardan 1 m sıyırma sonucu, 53 m kazı derinliği ile toplam 9.500.000 m^3 uygun malzeme alınabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.3.9 Kaya malzeme alanına ait laboratuar deney sonuçları

ALAN ADI	ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/ cm3)	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/ cm3)		SU EMME - (%)		BASINÇ DAYANIMI (Kgf/cm2)	DON SONUCU BASINÇ DAYANIMI (Kgf/cm2)	(Na2SO4) DON KAYBI (%)	TABİİ DON DENEYİ DAYANIM AZALMASI - (%)	POROZİTE (%)		DOLULUK ORANI (%)
		KURU	DOYGUN	KÜTLECE	HACİMCE					GÖRÜNÜR	GERÇEK	
KTSK-2a	2.90	2.59	2.65	2.30	5.90	-	-	-	-	6.00	10.70	89.30
KTSK-2a	2.97	2.72	2.75	1.10	3.00	440	-	3.00	-	3.00	8.40	91.60
KTSK-2a	3.18	2.87	2.90	1.10	3.20	265	-	-	-	3.20	9.70	90.30
KTSK-2b	3.00	2.78	2.80	0.70	2.00	-	-	-	-	1.90	7.30	92.70
KTSK-2b	3.14	2.77	2.79	0.70	1.80	-	-	-	-	1.90	11.80	88.20
KTSK-2b	2.93	2.85	2.86	0.30	1.00	-	-	-	-	0.90	2.70	97.30
KTSK-2b	3.00	2.80	2.81	0.50	1.50	-	-	-	-	1.40	6.70	93.30

Tablo 3.3.10 Sınıflandırılmış Toprak Zeminlerin Kullanılabilme Özelliklerini gösterir tablo

Gurup Sembolü	Tipik İsim	Önemli Özellikler				Muhtelif kullanış yerleri için izafi uygunluk derecesi									
						Toprak barajda			Kanallar da		Temeller de		Yollar da		
		Sıkıştırılmış halde iken geçirgenlik	Sıkıştırılmış ve doygun halde iken kayma mukavemeti	Sıkıştırılmış ve doygun halde iken oturma	İnşaat malzemesi olarak işlenebilme özelliği	Homojen Dolgu	Çekirdek Dolgu	Memba ve Mansap Dolgu	Erozyona mukavemet	Şıkıştırılmış toprak kaplama	Sızma önemli ise	Sızma önemsiz ise	Dolma: Don imkansız ise	Dolma: Don Mevcut ise	Stabilize
GW	İyi derecelenmiş çakıl,kum-çakıl karışımları İnce taneleri az veya hiç olmayan malzemeler	Geçirimli	Çok iyi	İhmal edilebilir	Çok iyi	-	-	1	1	-	-	1	1	1	3
GP	Kötü derecelenmiş çakıl,kum-çakıl karışımları İnce taneleri az veya hiç olmayan malzemeler	Çok geçirimli	İyi	İhmal edilebilir	İyi	-	-	2	2	-	-	3	3	3	-
GM	Siltli çakıllar, kötü derecelenmiş çakıl-kum, silt karışımları	Yarı geçirimli ila geçirimsiz	İyi	İhmal edilebilir	İyi	2	4	-	4	4	1	4	4	9	5
GC	Killi çakıllar, kötü derecelenmiş çakıl-kum, kil karışımları	Geçirimsiz	İyi ila orta	Çok az	İyi	1	1	-	3	1	2	6	5	5	1
SW	İyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar, İnce taneleri az veya hiç olmayan malzemeler	Geçirimli	Çok iyi	İhmal edilebilir	Çok iyi	-	-	3 Çakıllı ise	6	-	-	2	2	2	4
SP	Kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar, İnce taneleri az veya hiç olmayan malzemeler	Geçirimli	İyi	Çok az	Orta	-	-	4 Çakıllı ise	7 Çakıllı ise	-	-	5	6	4	-
SM	Siltli kumlar, kötü derecelenmiş kum - silt karışımları	Yarı geçirimli ila geçirimsiz	İyi	Az	Orta	4	5	-	8 Çakıllı ise	5 Erozyon kritik	3	7	8	10	6
SC	Killi kumlar, kötü derecelenmiş kum - kil karışımları	Geçirimsiz	İyi ila orta	Az	İyi	3	2	-	5	2	4	8	7	6	2
ML	İnorganik silt ve çok ince kumlar, taş unu, az plastik siltli veya killi ince kumlar	Yarı geçirimli ila geçirimsiz	Orta	Orta	Orta	6	6	-	-	6 Erozyon kritik	6	9	10	11	-
CL	Alçaktan orta dereceye doğru plastisite de inorganik killer,çakıllı kumlu killer,yağsız killer	Geçirimsiz	Orta	Orta	İyi ila orta	5	3	-	9	3	5	10	9	7	7
OL	Organik siltler ve alçak plastisite de organik silt kil karışımları	Yarı geçirimli ila geçirimsiz	Zayıf	Orta	Orta	8	8	-	-	7 Erozyon kritik	7	11	11	12	-
MH	İnorganik siltler, diyatomeli veya ince mikalı kumlu veya siltli topraklar, elastik siltler	Yarı geçirimli ila geçirimsiz	Orta ila zayıf	Fazla	Zayıf	9	9	-	-	-	8	12	12	13	-
CH	Yüksek plastisiteli inorganik killer, yağlı killer	Geçirimsiz	Zayıf	Fazla	Zayıf	7	7	-	10	8 Erozyon kritik	9	13	13	8	-
OH	Ortadan yükseğe plastisiteli organik killer	Geçirimsiz	Zayıf	Fazla	Zayıf	10	10	-	-	-	10	14	14	14	-
Pt	Turba ve organik topraklar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.3.11 Köprübaşı barajı doğal malzeme alanlarının karşılaştırılması

KÖPRÜBAŞI BARAJI GÖVDE DOLGU MALZEME ALANLARI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU								
MALZEME ALANI		ALAN (m^2)	HACİM (m^3)				BARAJ EKSENİNE UZAKLIK (m)	MEVCUT YA DA YAPILACAK YOLDAN BARAJ EKSENİNE UZAKLIK (m)
			GEÇİRİMSİZ	YARI GEÇİRİMLİ	GEÇİRİMLİ	KAYA DOLGU		
A	A1	200.000	1.200.000				1500	2600 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	A2	198.000	800.000				2500	3500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	A3	140.000	560.000				3500	5000 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
F		157.500		700.000			2750	4500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
G		1.100.000			5.500.000		6000	9500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
I		210.000	830.000				750	1000 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
L		275.000	1.100.000				2750	4000 m (Yeni taşıma yolu yapılmalıdır.)
M	M1	160.000	640.000				2500	4000 m (Yeni taşıma yolu yapılmalıdır.)
	M2	248.000	1.100.000				2250	4000 m (Yeni taşıma yolu yapılmalıdır.)
K	K1	711.000				10.000.000	600	600-1000 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	K2	50.000				2.650.000	5500	9500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	K3	114.000				5.700.000	6250	10500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	K5/A	110.000				5.650.000	6500	11500 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	K5/B	75.000				3.850.000	6900	12000 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
	K1/A	528.000				13.000.000	860	2700 m (Mevcut yol ıslah edilerek taşıma yol olarak kulanılabilir.)
TOPLAM			6230000	700000	5500000	40850000		

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Köprübaşı barajı proje alanında Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (gnays, şist, fillit v.d.) ve merceksel kireçtaşları mostra vermektedir. Bu birimlerin üstüne diskordansla Alt-Orta Jura yaşlı granitoyidler gelmektedir. Köprübaşı baraj ekseni, granotoyidler üzerinde yer almaktadır. Bu birim, genel olarak granodiyorit, granit ve siyenitlerden oluşmaktadır ve yer yer 7-10 m kalınlıkta diyabaz daykları ile kesilmişlerdir. Granotoyidlerin üstüne Üst Kretase yaşlı kireçtaşları ve Üst Paleosen yaşlı birimler uyumsuz olarak gelmektedirler. En üstte ise Kuvaterner yaşlı taraça, yamaç molozu ve alüvyonlar bulumaktadır.

2. Proje alanında, KD-GB yönlü faylar ve bindirmeler mevcuttur. Deprem yönünden Ülkemizin en aktif fayı olan "Kuzey Anadolu Fayı (KAF)", Köprübaşı baraj ekseninin 27 km güneyinden, yine 12 Kasım 1999 yılında meydana gelen Düzce depremi ile aktif olduğu belirlenen "Mengen fayı" da 12 km güney-güneydoğusundan geçmektedir. Proje alanı "1. Derece Tehlikeli Deprem Bölgesi" içerisinde yer almaktadır. Kil Çekirdekli Kaya dolgu tipinde projelendirilen Köprübaşı barajında yatay yer ivmesi (deprem katsayısı)' nın 0.20 g olarak alınması uygun olacaktır.

3. Köprübaşı baraj yerindeki Granitoyidler genel olarak yüzeyden 4.50–8.50 m derinliğe kadar çok parçalı ve ayrışmıştır. Daha derinde ise taze, ancak kataklastik metamorfizma sonucu gevrek ve kırılgan bir yapıda; "düşük-orta dayanımlı kaya" özelliğindedir. Çekirdek hendeğinde sol sahilde ve alüvyon altında 4-5 m; sağ sahilde ise 8-10 m; gövde altında ise her iki yamaçta 4-5 m derinlikteki kazı yeterli olmaktadır.

4. Basınçlı su deneylerinde, su kayıpları az, çoğunlukla 1-5 lugeon arasında; 30 m derinlikten sonra "0" lugeon değerlerindedir. Ancak sağ yakada üst seviyelerde yer yer 5 lugeon' dan daha yüksek değerler bulunmaktadır. Buna göre

baraj yerindeki granitoyitik kayaçlar "Az Geçirimli-Geçirimsiz" kabul edilebilir.

5. Baraj yerinde, ırmak yatağında DSİ tarafından açılan 3 adet sondajda (SK–3, 7, 8) alüvyon siltli, kumlu çakıl ve blok tan oluşmakta ve en çok 9.00 m kalınlıkta olduğu görülmektedir. Serbest permeabilite deneylerine göre geçirimliliği K= 10^{-3} – 10^{-4} cm/sn dir (geçirimli). Çekirdek hendeğinde alüvyonun kaldırılması güvenlik açısından uygun olmaktadır.

6. Bu projede, yer altı santralinin, sağ yakada baraj yerinin 500 m kuzeyinde, topoğrafik yüzeyden 210 m (talvegden yaklaşık 110 m) derinde inşa edilmesi planlanmaktadır. Yer altı santralı ve ilgili yapıları (yaklaşım tüneli, enerji tüneli v.d.) granitoyidler içerisinde yer almaktadır. Yer altı santral yerinde 270 m derinlikte açılan DDV–1 sondajına göre kayaç "orta dayanımlı-dayanımlı"; su kayıpları "0" lugeon mertebesindedir. Buna göre yer altı suyu seviyesi altında yapılacak kazılara gelebilecek yüksek basınçlı yeraltı suyunun, eklem ve çatlaklar boyunca çok düşük debide olması beklenmektedirr.

7. Yeraltı santralında türbünlenen su, yaklaşık 4717 m uzunluktaki kuyruksuyu tüneli ile deşarj edilecektir. Bu tünel tümüyle granitoyidler içerisinde açılacaktır. Genel olarak kaya "orta-iyi kaya" niteliğinde, ancak 3000 m 'den sonra yersel faylar geçilecektir; çıkış ağzına doğru granitoyidlerde ayrışma kalınlığı da artmaktadır. Kuyruk suyunun son 200 m' si az killi-siltli, kum-çakıllı alüvyonda açılacak açık kanalla Devrek çayına ulaştırılması planlanmaktadır.

8. Köprübaşı barajı göl alanında, geçirimsiz metamorfik seriler yer almaktadır. Bunların içerisindeki karstik kireçtaşları merceksel ve geçirimsiz birimlerle çevrilmiş durumdadır. Bu nedenle geçirimlilik yönünden bir sorun beklenmemektedir. Duraylılık yönünden ise yamaç molozu ve göl alanı sonunda flişlerde görülen ufak akma-kaymalar dışında önemli bir duraylılık sorunu bulunmamaktadır.

9. Köprübaşı barajı ve HES inşaatında doğal yapı malzeme ihtiyacı; geçirimsiz malzeme 935.700 m^3, geçirimli malzeme (filtre ve beton agregası) 1 034 300 m^3, kaya dolgu ve riprap malzemesi 5 205 500 m^3, tür. Bu ihtiyacın sağlanması için 6 adet geçirimsiz, 1 adet geçirimli, 1 adet yarı geçirimli, 5 adet kaya malzeme alanları seçilmiş, incelenmiş ve bu alanlardan ihtiyacın yaklaşık iki katı kadar uygun malzeme elde edilebileceği saptanmıştır. Ayrıca dolusavak kazılarının yaklaşık 10 m derinlikten sonraki taze, az ayrışmış granodiyoritler barajın mansabında kaya dolgu malzemesi olarak kullanılabilecek özelliktedir.

KAYNAKLAR

Aktimur, T., Algan, Ü., Ateş., Ş., Oral., A., Ünsal., Y. 1983. Bolu ve yakın çevresinin yerbilim sorunları ve muhtemel çözümleri. MTA. Rapor No. 6561.

Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., ve Özçelik, Y. 1987. Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. TJK. Bülteni, 30, I, 1-14.

Blumenthal, M.M. 1948. Bolu civarı ile Aşağı Kızılırmak mecrası arasındaki Kuzey Anadolu silsilelerin jeolojisi, M.T.A. Der., seri b, 13, Ankara.

Canik, B. 1980. Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeolosinin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Fak. Yayını, No 1, Konya.

Cerit, O. 1983. Mengen (Bolu NE) yöresinin jeolojik incelenmesi : Hacettepe Üniv., Yük. Müh. Tezi, 160 s. (Yayınlanmamış).

Cerit, O. 1984. Mengen (Bolu kuzeydoğusu) yöresinin jeolojik incelenmesi I: litostratigrafi birimleri. Yerbilimleri, 11, 75-89.

Cerit, O. 1985. Mengen (Bolu) yöresinin jeolojik incelenmesi II: tektonik ve jeolojik evrim. Yerbilimleri, 12, 93-103.

Cerit, O. 1990. Bolu Masifinin Jeolojik ve Tektonik İncelenmesi: Doktora Tezi, Hacettepe Üniv., 217 s.

Erendil, M., Aksay, A., Kuşcu, I., Oral, A., Tunay, G., ve Temren, A. 1991. Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi. MTA. Raporu derleme No. 9425.

Görmüş, S., 1980, Yığılca (Bolu NW) Yöresinin Jeolojik İncelenmesi: Doktora Tezi, Hacettepe Üniv., Ankara, 210 s. (Yayınlanmamış).

Görmüş, S., 1982, Yığılca (Bolu NW) Yöresinin Stratigrafisi: Yerbilimleri, 9, s. 91-110

Tokay, M. 1973. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede-Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler. Symposium on the North Anatolian Fault and earthquake belt, March 29-31, 12-29, 1972.

Demirtaş, R. 2000. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Abant-Gerede Arasinda Kalan Bölümünün Neotektonik Özellikleri Ve Paleosismisitesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 199 s.

Murat, H., 2004, Yeni Avusturya Tünel Açma Metodunun Selatin Ve Karşıyaka Tünellerine Uygulanması, Kanyılmaz Matbaası, 308 s., İZMİR

Kaya, O., 1978, İstanbul Ordovisiyen ve Siluriyeni: Yerbilimleri, No:4, s.1-22.

Kaya, O., Dizer, A., 1981-1982a, Mengen (Bolu) Eosen Kömür Havzasının Stratigrafisi: MTA derg. 97/98, s. 123-139.

Kaya, O., Dizer, A., 1981-1982b, Bolu Kuzeyi Üst Kretase ve Paleojen Kayalarının Stratigrafisi ve Yapısı: MTA Derg; 97/98, s. 57-77

Kayabalı, K., Ünsal, N. ve Karayılanoğlu, Z., 1995, Gümüşova-Gerede otoyolu boyunca seçilmiş lokasyonlarda sıvılaşma potansiyeli analizi: Türkiye Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mart, 645-654.

Önalp, A., 2002, Geoteknik Bilgisi I. Çözümlü Problemlerle Zeminler Ve Mekaniği, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, 407 s.

Özaydın, K., 2004, Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., 261 s., İSTANBUL

Öztürk, A., İnan, S. Ve Tutkun, S. Z., 1984, Abant-Yeniçağa (Bolu) Yöresinin Stratigrafisi, C. Ü. Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi 1, 1-18 s., ADANA

Reading, H.G. (ed), 1979, Sedimentary Environments and Facies, Blackwell Scientific Publ, 557 s.

Robert, F. L. and Allen, W.H., 1988, Geology and Engineering, Exlusive rights by McGrow-Hill Book Co., Singapore, s.613

Serdar, H.S. Ve Demir, O., 1983, Bolu-Mengen-Devrek Dolayının Jeolojisi ve Petrol Olanakları: TPAO Rapor No: 1781 (Yayınlanmamış).

Şaroğlu, İ., Herece, E., Sarıaslan, M., Emre, Ö., 1995, Yeniçağa- Gerede- Eskipazar Arasının Jeolojisi Ve Kuzey Anadolu Fayı' nın Genel Özellikleri, M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, 48 s., ANKARA

Ulusay, R., 2001, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38, Genişletilmiş 4. Baskı, 385 s.

Uzuner, B. A., 2001, Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi Mimarlık-Mühendislik Yayınları, Ankara, 412 s.

Yergök, A.F., Akman, Ü., Keskin, İ., İplikçi, E., Deveciler, E., Mengi, H., Karabalık, N.N. Ve Armağan, F., 1987, Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (1): MTA Rap. Derleme No: 8273.

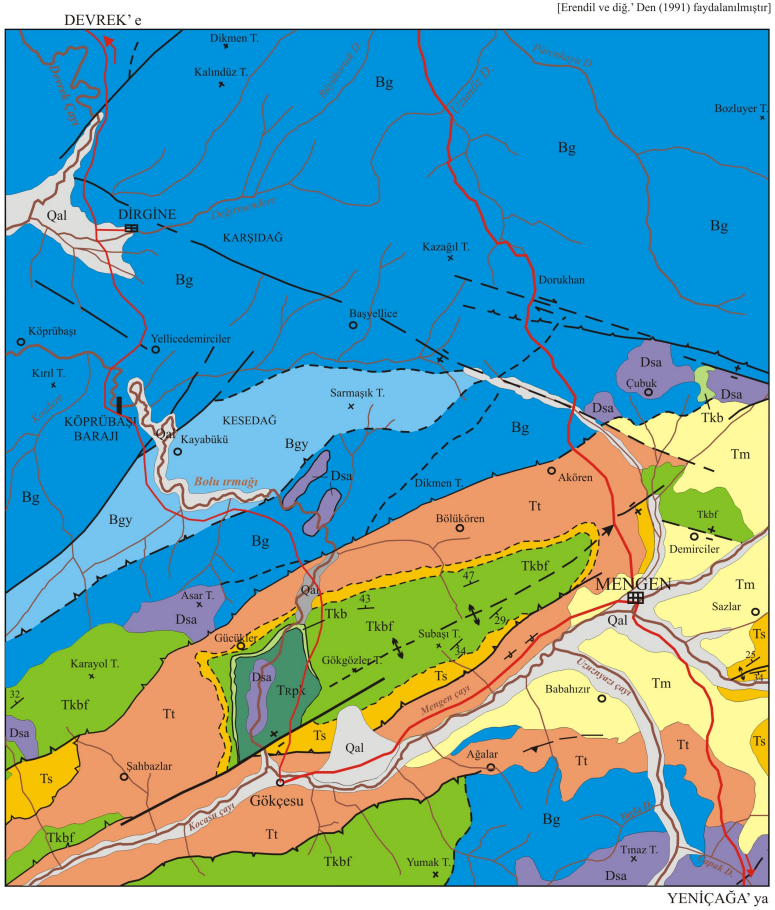
Yıldız, M., Demiröz, A., 2002, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Zemin Araştırmalarının Yeri Ve Önemi, İnşaat Mühendisleri Odası Konya Şubesi Haber Bülteni, 2002-sayı 14

KÖPRÜBAŞI BARAJI ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLOJİ HARİTASI

EK-1

Zafer PAMUKSUZ, 2007

[Erendil ve diğ.' Den (1991) faydalanılmıştır]



AÇIKLAMALAR

Qal	Alüvyon ve Yamaç molozu	- KUVATERNER
Tm	Mengen Formasyonu	- PLİYOSEN
Tt	Tokmaklar Formasyonu	- ALT - ORTA EOSEN
Ts	Sazlar Formasyonu	
Tkb	Buldandere Formasyonu	- TURONİYEN (ÜST KRETASE)-PALEOSEN
Tkbf	Fındıklı üyesi	- KAMPANİYEN (ÜST KRETASE) - İLERDİYEN
Trpk	Kırık Formasyonu	- ÜST PERMİYEN- ALT TRİYAS
Dsa	Aksudere Formasyonu	- ÜST SİLURİYEN - ALT DEVONİYEN
Bg	Bolu Granitoidi	- ALT- ORTA JURA
Bgy	Yellice Üyesi	- ÜST ORDOVİSİYEN

Formasyon sınırı (Kesin-olası)

Tabaka doğrultu ve eğimi

Eğim atımlı normal fay

Bindirme fayı

Sağ yönlü doğrultu atımlı fay

Dalımlı senklinal ekseni

Yerleşim merkezi

Sulu ve kuru dere

Asfalt yol ve stabilize yol

N

0 1000 2000 3000 4000 5000 m

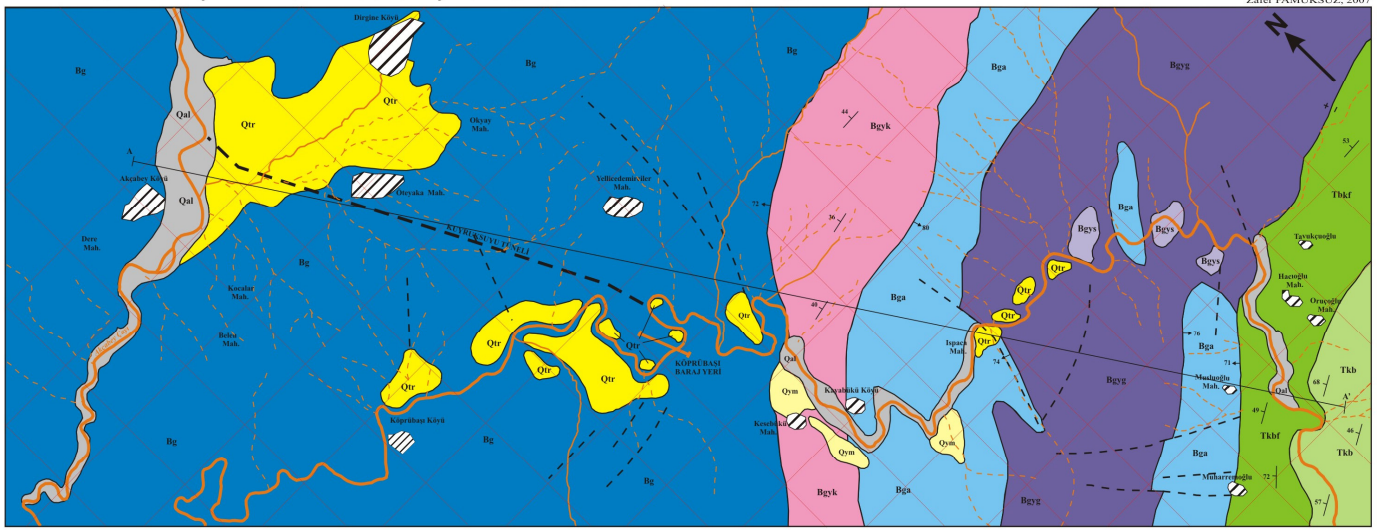
0 5 km

ÖLÇEK

EK-2

KÖPRÜBAŞI BARAJI ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLOJİK HARİTASI

Zafer PAMUKSUZ, 2007



AÇIKLAMALAR

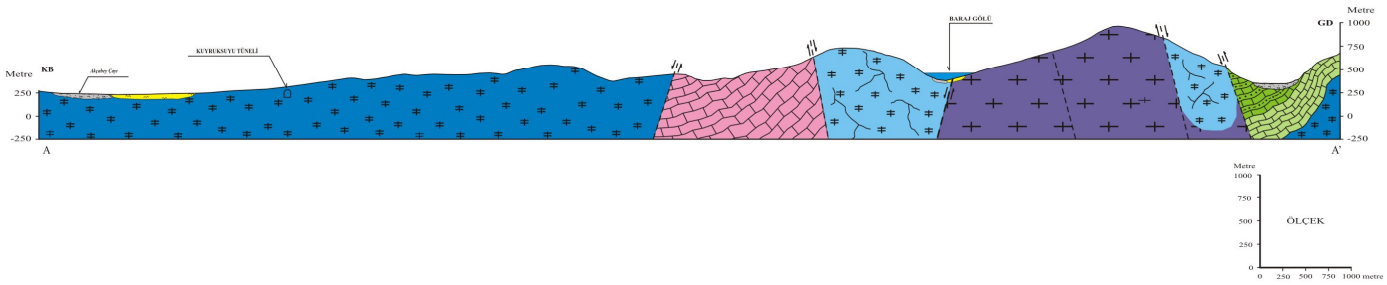
KUATERNER	Qal	Alüvyon
	Qym	Yamaç molozu
	Qtr	Taraça
PALEOSEN	Tkbf	Fliş
ÜST KRETASE	Tkb	Kireçtaşı
ALT-ORTA DEVONİYEN	Bga	Altere granitoyid
	Bg	Granitoyid
PALEOZOYİK	Bgyk	Kireçtaşı
	Bgys	Şist
	Bgyg	Gnays

- Formasyon sınırı
- Tabaka doğrultu ve eğimi
- Fay eğim yönü ve miktarı
- Göreceli fay
- Yerleşim alanı
- Nehir
- Sulu ve kuru dere
- Kesit çizgisi

EK-3

KÖPRÜBAŞI BARAJI ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLOJİK KESİTİ (A-A')

Zafer PAMUKSUZ, 2007



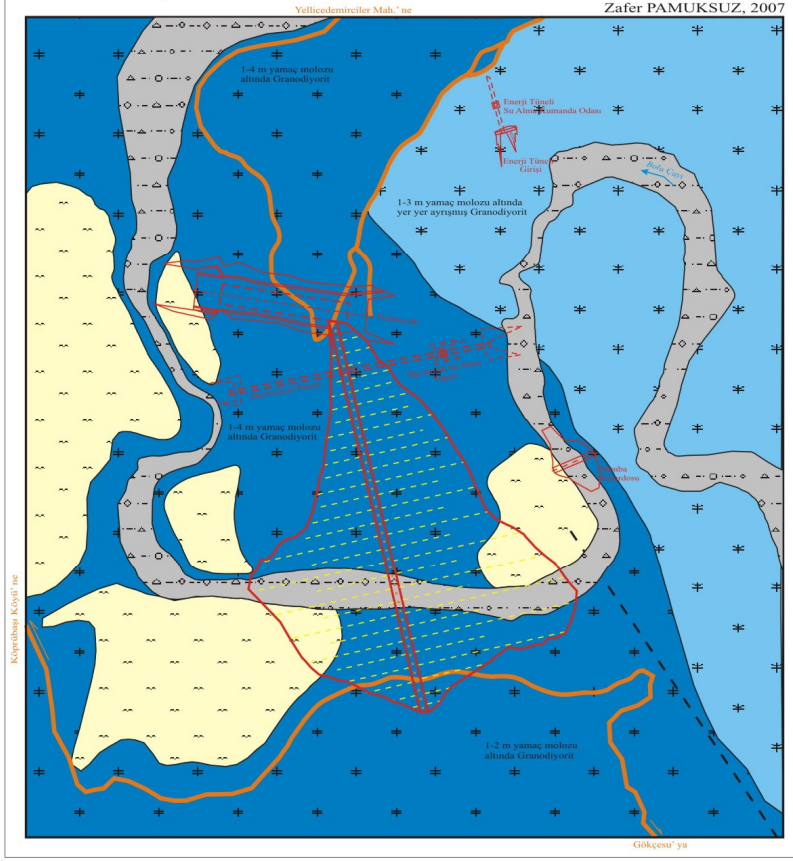
AÇIKLAMALAR

- KUVATERNER
  - Alüvyon
  - Taraça
- PALEOSEN
  - Fliş
- ÜST KRETASE
  - Kireçtaşı
- ALT.ORTA JURA
  - Altere granitoyid
  - Granitoyid
- PALEOZOYİK
  - Kireçtaşı
  - Gnays

KÖPRÜBAŞI BARAJI GÖL ALANI JEOLOJİ HARİTASI

EK- 4

Zafer PAMUKSUZ, 2007



AÇIKLAMALAR

KUVATERNER
- ALÜVYON
- TARAÇA

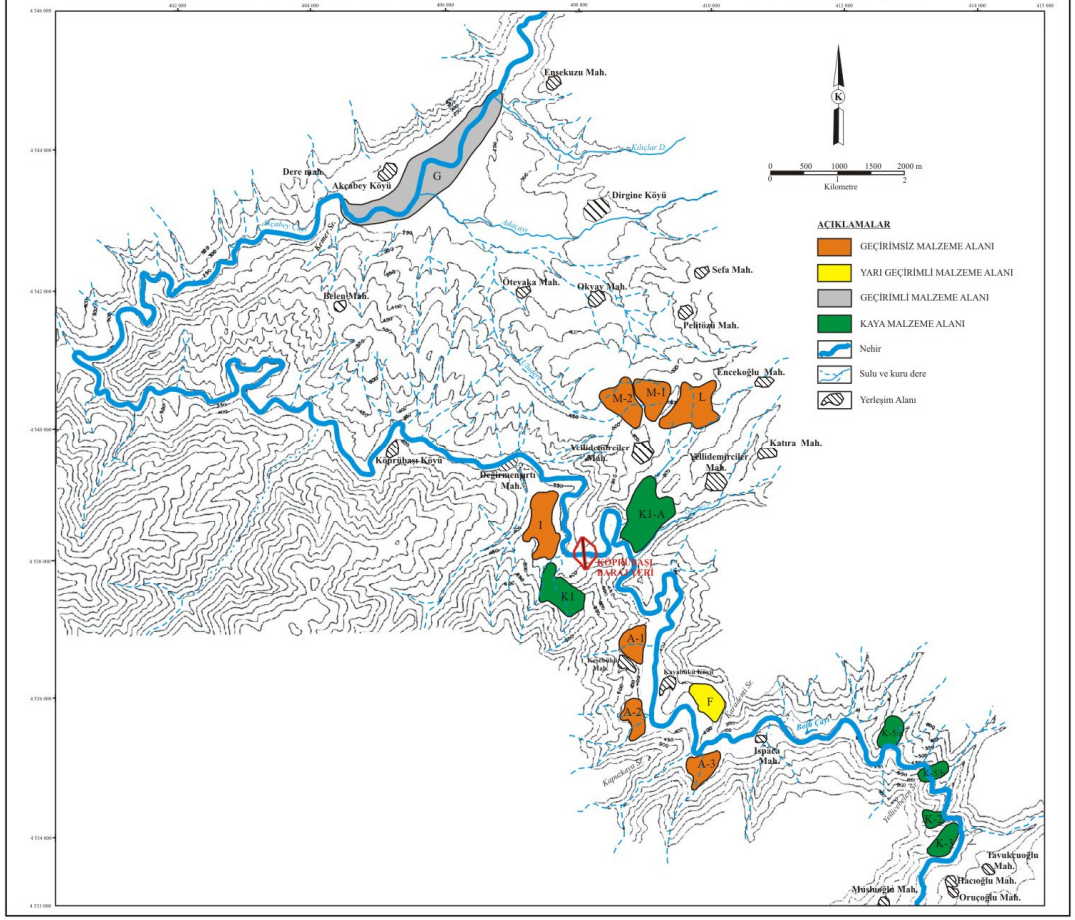
ALT-ORTA JURA
- GRANODİYORİT
- AYRIŞMIŞ GRANODİYORİT

- FORMASYON SINIRI
- OLASI FAY
- STABİLİZE YOL

KÖPRÜBAŞI BARAJI MALZEME ALANLARI HARİTASI

Zafer PAMUKSUZ, 2007

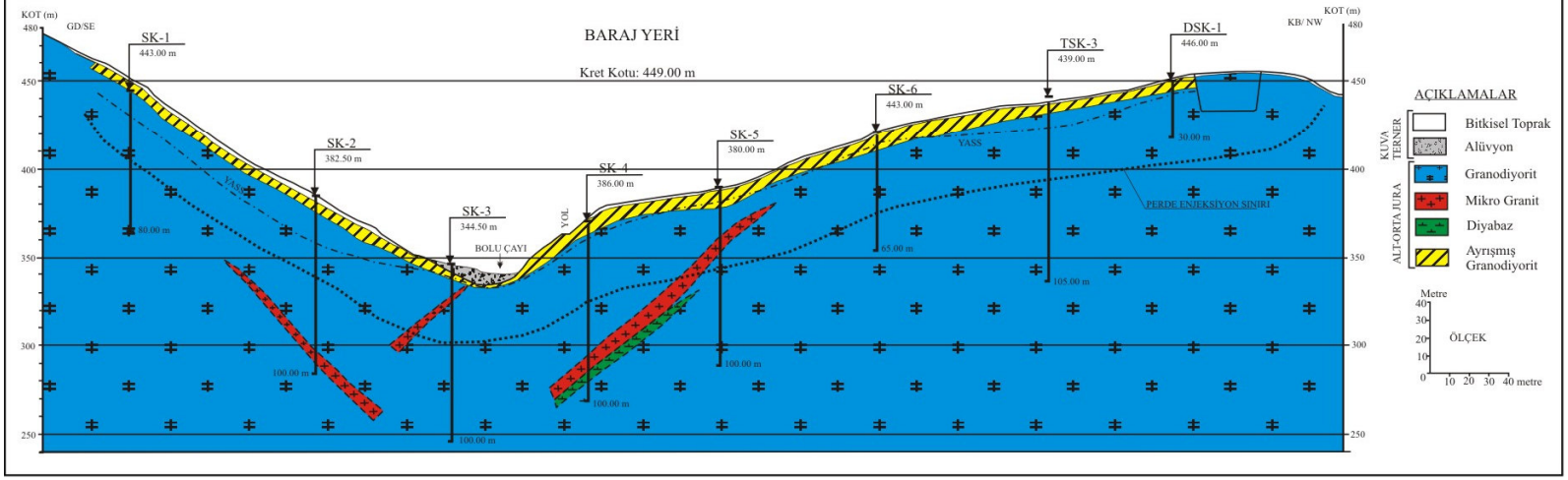
EK-5



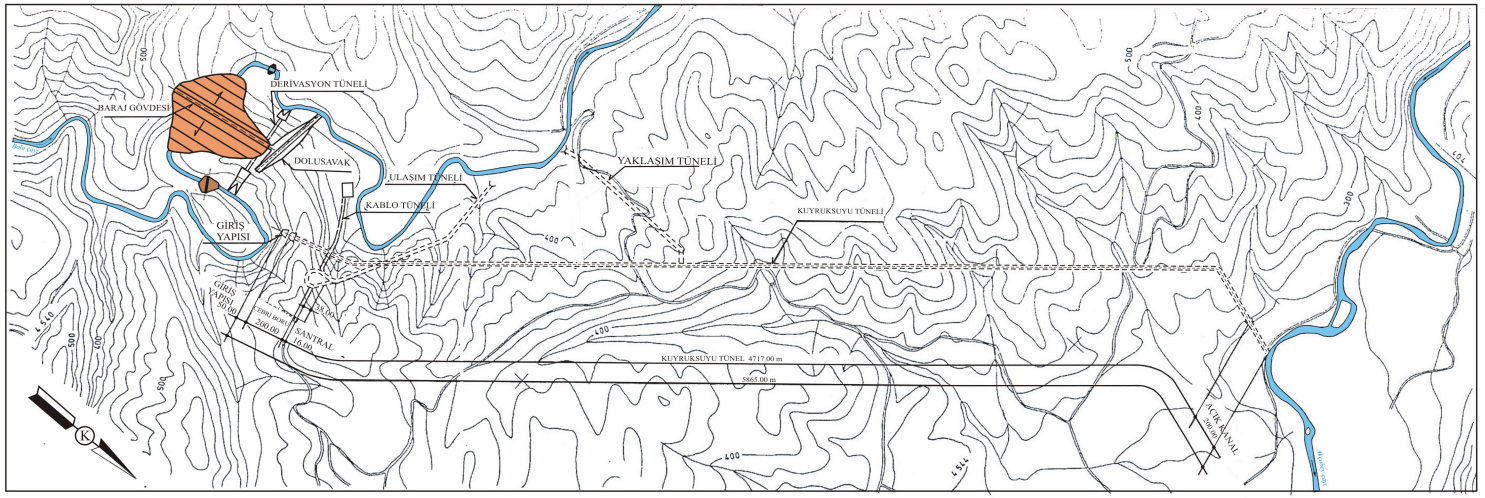
EK-6

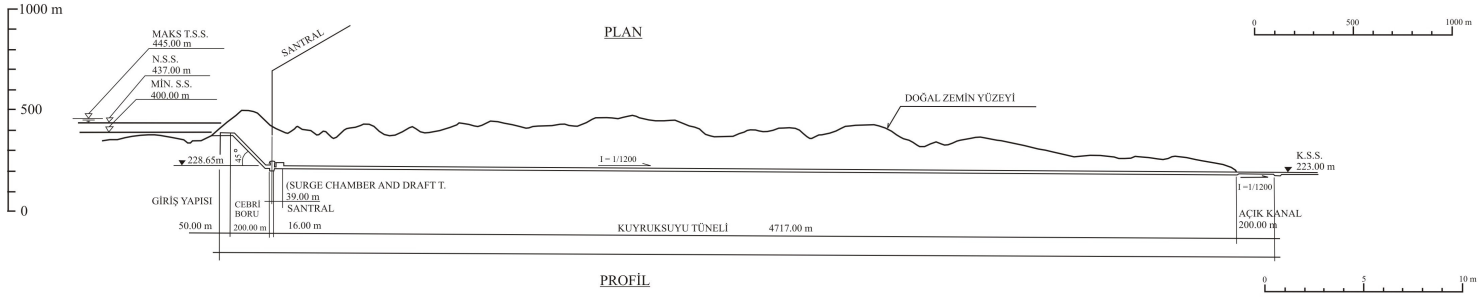
KÖPRÜBAŞI BARAJI VE HES İNŞAATI AKS YERİ SONDAJ NOKTALARI

Zafer PAMUKSUZ, 2007



KÖPRÜBAŞI BARAJI VE HES İNŞAATI GENEL YERLEŞİM PLANI





EK-7