

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK
BARAJI MÜHENDİSLİK VE ÇEVRE JEOLJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süveyda MUŞ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK
BARAJI MÜHENDİSLİK VE ÇEVRE JEOLJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Süveyda MUŞ
(505111320)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mahir VARDAR

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505111320 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Süveyda MUŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI MÜHENDİSLİK VE ÇEVRE JEOLJİSİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mahir VARDAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **19 Ocak 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Konya ili Seydişehir ilçesinde bulunan Eti Alüminyum İşletmesi tesislerinde, böhmitik boksit yataklarından alüminyum üretim prosesi sonucunda ortaya çıkan demir içeriği yüksek kırmızı çamur atığının depolandığı tesise ait I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın, boksit rezervleri tükenene kadar kullanılabilirliğinin jeolojik, hidrojeolojik ve çevresel etmenlere göre araştırılması yapılarak, işletme süresi dolduktan sonra atık barajında yapılabilecek rehabilitasyon çalışmaları tasarlanmıştır.

Bu çalışmada I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda yapılan yükseltme sonrası barajın duraylılığı ve seddelerin filtrelenerek sızdırmazlık kazandırılması sırasında kullanılan malzemelerin özellikleri mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir.

Tez çalışmalarım sırasında benden yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Mahir VARDAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında her konuda yardımcı olan, değerli zamanını bana ayıran sayın hocam Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL' e teşekkürlerimi sunarım.

Rehabilitasyon çalışmaları sırasında desteğini esirgemeyerek, her türlü konuda yardımcı olan Prof. Dr. Nur ESİN' e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin her aşamasında, özellikle Phase² 8.0 sonlu elemanlar ve Slide 5.0 şev stabilitesi yöntemleri ile yapılan hesaplamalarda yardımını esirgemeyerek beni destekleyen Yük. Müh. Cenk KOÇAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana destek ve yardımcı olan arkadaşım Jeo. Müh. Melda YÜRÜR' e teşekkür ederim.

Ocak 2015

Süveyda Muş
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışma Metodu	2
1.3 Literatür Çalışması	2
1.4 Atık Barajları.....	4
2. İNCELEME ALANININ VE PROJENİN TANITILMASI	9
2.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım	9
2.2 Morfoloji	10
2.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	11
2.4 Akarsular ve Barajlar.....	12
2.5 Ekonomik Jeoloji.....	12
2.6 Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi Genel Bilgileri.....	14
2.6.1 Maden-açık işletme	14
2.6.2 Alümina fabrikası.....	15
2.6.3 Dökümhane	15
2.6.4 Haddehane.....	15
2.6.5 Makina teçhizat fabrikası	16
2.6.6 Enerji ünitesi	16
2.6.7 Oymapınar hes işletme müdürlüğü	16
2.6.8 Yardımcı işletmeler	17
2.7 Kırmızı Çamur Atık Kaynağı Alümina Tesisinin İşleyişi.....	17
2.7.1 Kırmızı çamur atık barajının gelişme aşamaları	21
2.7.2 I. Aşama: 1973-1975.....	22
2.7.3 II. Aşama: 1975-1983	23
2.7.4 III. Aşama.....	25
2.7.5 IV. Aşama: I. Kırmızı çamur atık barajının mevcut durumu	26
3. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJLARI VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ.....	27
3.1 Jeolojik Evrim	27
3.2 Yapısal Jeoloji	28
3.2.1 Bölgenin genel yapısal özellikleri.....	29
3.2.2 Post eosen tektonik özellikler	31
3.2.2.1 Beyşehir fayı	31
3.2.2.2 Lütesiyan napları bindirmesi.....	32

4. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ I. KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI VE DOLAYININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ.....	33
4.1 Stratigrafi.....	33
4.1.1 Seydişehir formasyonu.....	34
4.1.2 Pınarbaşı formasyonu.....	36
4.1.3 Traverten ve kalker tüfü.....	37
4.1.4 Eski ve yeni alüvyonlar.....	38
4.2 I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın Mühendislik Jeolojisi.....	38
4.2.1 Baraj eksen yeri ve göl alanı mühendislik jeolojisi.....	40
4.2.2 Seydişehir formasyonu'nun mühendislik özellikleri.....	43
4.2.3 Pınarbaşı formasyonu'nun mühendislik özellikleri.....	45
4.3 I. Kırmızı Çamur Barajı Gövde Dolgularında Kullanılan Malzemelerin Mühendislik Özellikleri.....	45
4.4 Depremsellik.....	50
4.5 Kırmızı Çamur Barajının Duraylılığı.....	52
5. HİDROJELOJİ VE İŞLETME ATIKLARININ ÇEVRESEL SU KAYNAKLARI İLE İLİŞKİSİ.....	59
5.1 Hidroloji.....	59
5.2 Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	70
5.3 Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi Atıklarının Çevresel Su Kaynakları İle İlişkisi.....	71
5.3.1 Proses ve kirlenme profili.....	71
5.3.2 Su analizleri.....	75
5.4 Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	83
5.4.1 Kimyasal çöktürme arıtılabilirlik çalışması.....	84
5.4.2 Membran filtrasyon arıtılabilirlik çalışması.....	86
6. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM I. KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI KULLANIMI SONLANDIRMA VE REHABİLİTASYON.....	87
6.1 A Bölgesi (Kırmızı Çamur Barajı) Rehabilitasyon Çalışmaları.....	88
6.2 B Bölgesi (Kırmızı Çamur Barajı Gövde Önü) Rehabilitasyon Çalışmaları... 94	94
6.3 C Bölgesi (Malzeme Alınan Bölge) Rehabilitasyon Çalışmaları.....	96
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
kg	: Kilogram
mW	: Megawatt
kWh	: Kilowatt Hour
atm	: Standart Atmosfer
ISRM	: International Society of Rock Mechanics
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
µm	: Mikrometre

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bilya kompozisyonu.....	19
Çizelge 2.2 : 2006 ve 2007 yılları 6. tikiner altı kırmızı çamurların özellikleri	20
Çizelge 2.3 : Eti Alüminyum Alümina tesisine ait kapasite bilgileri	21
Çizelge 4.1 : Kayaçlarda bozunma derecelerinin tanımlanması.....	44
Çizelge 4.2 : Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda kullanılmış olan malzemelerin mühendislik özellikleri.....	46
Çizelge 4.3 : Kırmızı Çamur Atık Barajı Çevirme Bendi'nde kullanılmış olan malzemelerin mühendislik özellikleri.....	46
Çizelge 4.4 : Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda kullanılmış olan geçirimsiz malzemelerin mühendislik özellikleri	48
Çizelge 4.5 : Plastisite derecesinin plastisite indisine göre belirlenmesi.....	49
Çizelge 4.6 : Plastisite derecesinin plastisite indisine göre belirlenmesi.....	49
Çizelge 4.7 : İndeks özelliklerine göre zeminlerin şişme yüzdesi ve derecesi.....	49
Çizelge 4.8 : Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri.....	52
Çizelge 5.1 : Konya bölgesi meteorolojik verileri.....	61
Çizelge 5.2 : Seydişehir ilçesine ait meteorolojik değerler	63
Çizelge 5.3 : Seydişehir ilçesine ait meteorolojik değerler	64
Çizelge 5.4 : Seydişehir Penman su bilançosu değerleri	66
Çizelge 5.5 : Seydişehir Penman su bilançosu değerleri	67
Çizelge 5.6 : Seydişehir ilçesine ait yağış değerleri ile ortalama değere göre hesaplanmış eklenik sapma değerleri.....	68
Çizelge 5.7 : Alınan su örneklerinin tanımı.....	75
Çizelge 5.8 : Alınan numunelerde alüminyum konsantrasyonları.....	77
Çizelge 5.9 : Proses atıksuyu karakterizasyonu.....	78
Çizelge 5.10 : Atık barajlarında atıksuyu karakterizasyonu.....	79
Çizelge 5.11 : pH ve Alüminyum konsantrasyon değerleri.....	82
Çizelge 5.12 : Arıtılabilirlik çalışmasının yürütüldüğü baraj suyunun karakterizasyonu	84
Çizelge 5.13 : Kimyasal çöktürme analiz sonuçları	85
Çizelge 5.14 : Membran filtrasyon analiz sonuçları.....	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tipik maden işletmesi üretim aşamaları.....	4
Şekil 1.2 : Yükseltile tip baraj yapımı	6
Şekil 1.3 : Atıkların üzerinin kapatılması	8
Şekil 2.1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.	9
Şekil 2.2 : Akdeniz bölgesi coğrafi yapılar.....	10
Şekil 2.3 : Seydişehir Bölgesi'nin topoğrafyasını gösterir uydu görüntüsü.	11
Şekil 2.4 : Seydişehir ve çevresinde yer alan barajlar ve yerleşim alanları.....	12
Şekil 2.5 : Toros kuşağı önemli alüminyum kaynakları ve manganez yatakları ve Seydişehir-Akseki boksit provensinin jeoloji haritası.....	13
Şekil 2.6 : Seydişehir boksit ocakları.....	14
Şekil 2.7 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri.	15
Şekil 2.8 : Birincil alüminyum ve hadde ürünleri.....	16
Şekil 2.9 : Alümüne tesisi akım şeması.	18
Şekil 2.10 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri ve atık depolama barajlarının konumları	22
Şekil 2.11 : 1973'de yapılan ilk projelendirmenin su çevrim modeli.	22
Şekil 2.12 : Kriyolitın I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na karışmasıyla suyun proste geri dönüşümle kullanılamaması.....	23
Şekil 2.13 : Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın ilk durumu ve yükseltmeden sonraki durumu.....	24
Şekil 2.14 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı fazla suyunun Kriyolit Barajı'na yönlendirilmesi.....	25
Şekil 2.15 : Kriyolit ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajları'nın konumu.....	26
Şekil 2.16 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın yükseltme sonrası kesiti.....	26
Şekil 3.1 : Konya Bölgesinin açıklamalı jeoloji haritası.	27
Şekil 3.2 : İnceleme alanı ve yakın dolayının jeoloji haritası.....	28
Şekil 3.3 : Orta toroslara ait jeolojik birliklerin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kesiti	30
Şekil 4.1 : Seydişehir I. Kırmızı Çamur Atık Barajı civarı jeoloji haritası	33
Şekil 4.2 : Seydişehir Formasyonu şist ve kuvarsvake birlikteliği.....	34
Şekil 4.3 : Seydişehir Formasyonu şistlerinin farklı seviyeleri ve ayrılmış kesimi ..	35
Şekil 4.4 : Siyahımsı gri ve yeşilimsi sarı şistler içerisinde meta kumtaşları.....	36
Şekil 4.5 : Seydişehir Formasyonu üzerinde açılal uyumsuz bulunan Pınarbaşı Formasyonu.....	36
Şekil 4.6 : Pınarbaşı Formasyonu genel görünümü	37
Şekil 4.7 : II. Kırmızı Çamur Barajı çevresinde yüzeyleyen travertenler	37
Şekil 4.8 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Barajı çevresindeki jeolojik birimlerin yayılışı	38
Şekil 4.9 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevresinin jeoloji haritası	39

Şekil 4.10 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı jeolojik kesiti	40
Şekil 4.11 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı eksen yeri ve göl alanının jeoloji haritası ve araştırma kuyusu lokasyonları	41
Şekil 4.12 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Barajı araştırma kuyuları dikey kesitleri	42
Şekil 4.13 : Seydişehir Formasyonu şeyl seviyeleri genel görünümü	43
Şekil 4.14 : Yarı geçirimli ve geçirimsiz malzeme sahasından bir görünüm	45
Şekil 4.15 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda kullanılmış olan geçirimsiz malzemenin temini için araştırılmış yerler	47
Şekil 4.16 : Konya ve çevresindeki temel ve örtü kayaçları ile önemli fayları gösteren jeoloji haritası	51
Şekil 4.17 : Konya'nın deprem haritası	51
Şekil 4.18 : Analizlerde kullanılan SEM hesap modeli	53
Şekil 4.19 : Gövdede gelişen maksimum birim deformasyonlar ve SEM ile hesaplanan güvenlik sayıları.....	54
Şekil 4.20 : SEM yöntemiyle gövdede gelişen maksimum toplam deplasmanlar	55
Şekil 4.21 : Fellenius koşuluna göre yapılmış hesaplamalarda güvenlik sayısı ve olası kayma daireleri	56
Şekil 4.22 : Janbu yöntemiyle yapılmış hesaplamalarda güvenlik sayısı ve olası kayma daireleri	57
Şekil 5.1 : Seydişehir çevresindeki akarsular ve Seydişehir Eti Alüminyum Tesislerinin atık barajı	59
Şekil 5.2 : Konya ili aylık en düşük, ortalama ve en yüksek sıcaklık değerleri ilişkisi	60
Şekil 5.3 : Konya ili aylık ortalama yağışlı gün sayısı ve toplam yağış değerleri ilişkisi	62
Şekil 5.4 : Seydişehir ve çevresinin 1953-2005 yılları arasındaki yağış ilişkisi.....	69
Şekil 5.5 : Seydişehir ve çevresinin 1953-2005 yılları arasındaki yağış verileri ile hesaplanmış eklenik sapma grafiği	70
Şekil 5.6 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi proses akım şeması.....	73
Şekil 5.7 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi kirlenme profili	74
Şekil 5.8 : Alınan su örneklerinin şematik konumu.....	76
Şekil 6.1 : Bozulma ve kirlenme etki alanı	87
Şekil 6.2 : Seydişehir Eti Alüminyum I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve çevresindeki rehabilitasyon alanının şematik gösterimi.....	88
Şekil 6.3 : Kırmızı çamur boşaltma ağızlarının baraj üzerinde gezdirilmesi, aşamalı olarak kırmızı çamurun çöktürülmesi, 4. bölgede sızdırılarak elde edilen kostiki suyun prosese geri gönderilmesi	89
Şekil 6.4 : Baraj dolgu ve çamur katmanları yayılımını ve sıralamasını gösteren detay	89
Şekil 6.5 : Baraj ana gövdesi üstünden başlatılan dolgu çalışmaları	90
Şekil 6.6 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı için rehabilitasyon alanları	91
Şekil 6.7 : Baraj dolgusu ve rehabilitasyon süreci gelişim aşamaları.....	92
Şekil 6.8 : Kırmızı Çamur Barajı'nın kapatılması mühendislik çalışmalarını gösteren perspektif.....	93
Şekil 6.9 : B Bölgesi drenaj ve ağaçlandırma doğrultularını ve su toplama havuzunu gösteren çizim	94
Şekil 6.10 : Drenaj kanalı detayı.....	95
Şekil 6.11 : Drenaj kanalı karolajı	95

Şekil 6.12 : Dolgu bölgeleri.....	96
Şekil A1 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 18 numaralı sondaj logu.....	106
Şekil A2 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 22 numaralı sondaj logu.....	107
Şekil A3 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 23 numaralı sondaj logu.....	108
Şekil A4 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 24 numaralı sondaj logu.....	109
Şekil A5 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 26 numaralı sondaj logu.....	110
Şekil B : Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Jeoloji ve Malzeme.....	111
Şekil C : Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Gövde Plan ve Kesitleri.....	112
Şekil D : Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Dolguların Stabiliteleri.....	113

SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI MÜHENDİSLİK VE ÇEVRE JEOLJİSİ

ÖZET

Seydişehir ilçesinin kuzeyinde 1973 yılında kurulan, 1977 yılında tam kapasite ile üretime geçen ve Türkiye'nin tek sıvı alüminyum üreticisi olan Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi, yılda 460.000 ton boksit işleyerek 340.000 ton hidrat, 35.000 ton alüminyum sülfat, 200.000 ton kalsine alümina ve 60.000 ton birincil alüminyum üretim kapasitesine sahiptir. Ana amacı boksit, alümina, alüminyum döküm ve hadde ürünleri üretmek ve satmak olan işletmede, boksitten alüminyum üretimi prosesi sonucunda açığa çıkan ve yüksek demir içeriğinden dolayı kırmızı renkte olan atığın depolandığı, 9 milyon³ kapasiteli I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na yılda 100-110 bin ton civarında kırmızı çamur atılmaktadır. Üretim sürecine giren boksitin yaklaşık %35-%40'ı, pH'ı 12-13 civarında, %10-%30 oranında katı madde içeren, ana bileşenleri demir ve alüminyum oksitler olan kırmızı bir bulamaç halinde atılır. Tesisin üretime başladığı tarihten itibaren yaklaşık 3,5-4,0 milyon ton civarında atık biriktiği tahmin edilmektedir.

Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi'nde proses ürünü olan florlu gazların çöktürülmesi ile oluşan kriyolit, I. Kırmızı Çamur Atık Barajına atılan çamurdaki suyun proseste tekrar kullanılabilmesine engel olacağı için ayrı olarak, tesise ait Kriyolit Barajı'nda depolanmaktadır. Bunun için I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın ilk planlanması da, baraja gelen katı proses atığı ve su bileşiminin geri dönüşüme uygun olarak proseste tekrar kullanılabilmesi üzerine yapılmıştır. Fakat Kriyolit Barajı'na giden atık suyun iletimini sağlayan borunun kabuklanma ile tıkanması sonucu buraya basılan su kırmızı çamur ile birleştirilerek uzaklaştırılınca mevcut I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndaki atık içeriğine kriyolit karıştığı için su prosese geri döndürülemeyerek barajın planlanan zamandan daha önce yetersiz kalmasına neden olmuştur.

Bunun üzerine 1975 yılında baraj yükseltme projeleri başlamış ve mansap yükseltilerek işletme kotu 1137'den 1147'ye getirilmiş, eski drenaj kuşatma kanalı da baraj suyu altında kaldığından yeni kuşatma kanalı projelendirilmiştir. Mansapta yükseltilen baraj gövdesinin phase² yazılımından yararlanılarak duraylılık analizleri yapılmış, barajın kullanımının sorunsuz olarak devam edebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kriyolit içeriğinden dolayı bileşimi geri dönüşüme uygun olmayan suyun hem I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda hem de Kriyolit Barajı'nda birikmesiyle her iki barajın su işletme kotları dolduğundan Kriyolit Barajı önüne, arazisi travertenler ve karstik yapı nedeniyle su tutma bakımından sorunlu olan II. Kırmızı Çamur Atık Barajı yapılmıştır.

Su sisteme geri döndürülemediğinden barajlarda hızla su miktarı artmaya devam etmiş ve artan depolama ihtiyacı ve atık suyun deşarjı amacıyla işletme tarafından

önlem olarak suyun dışarı sızmasını durdurabilmek için I. Kırmızı Çamur Atık Barajı memba ve mansap seddelerinin filtre zonları geçirimsiz hale getirilmiş ve gövde üzerinden atıklar çöktürülerek dolma işlemi ile geçirimsizlik sağlanmıştır. Baraja sızdırmazlık özelliği kazandırmak için yapılan sedde filtreleme işlemlerinde kullanılan malzemelerin özellikleri bu çalışma kapsamında değerlendirilerek, şu anki durumda barajdan yer altı ve çevre sularına herhangi bir sızma olup olmadığının belirlenmesine yönelik olarak 22 farklı lokasyondan su örnekleri alınarak, analizleri akredite laboratuvarında yaptırılmıştır.

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri üretim aşamalarında boksit cevherinden kostik ilavesi ile alüminyum hidrat eldesine, ardından otoklav ünitesinde pulp oluşumuna, çöktürme tankına ve oradan yoğunlaştırma tanklarına ulaşana kadar olan tüm atıksu kaynakları belirlenerek bir kirlenme profili oluşturulmuştur ve buna göre üretim tesislerinden kaynaklanan atıksularda esas itibariyle florür, alıcı ortama deşarj durumunda ise buna ilave olarak alüminyum kirletici parametrelerdir ve alınan su örneklerine yaptırılan kimyasal analiz sonuçlarına göre I. Kırmızı Çamur Atık Barajı üst fazında alüminyum konsantrasyonu tahmin edildiği gibi yüksek çıkmıştır.

Baraj üst fazındaki suyun geri kazanılarak yeniden kullanılabilmesi için Gebze Teknoloji Enstitüsü Laboratuvarı'nda Prof. Dr. Bülent Keskinoğlu yürütücülüğünde kimyasal çöktürme ve membran filtrasyon arıtılabilirlik çalışmaları yürütülerek, kimyasal arıtma öncesi bir mekanik filtrasyon sisteminin yada çift kademeli nanofiltrasyon sisteminin kurulmasının gerekliliği nedenleriyle tez kapsamında sunulmuştur.

Mevcut durumda I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na, Alümina Fabrikası kırmızı çamur yıkama bölümü 6. yıkayıcı altı suları gönderilmektedir. I. Kırmızı Çamur Barajı'na gönderilen çözeltilerin içindeki katı kısımlar zaman içinde barajda çökerek depolanırken üst kısımda kalan sıvı çözelti çamuru sulandırmak amaçlı kullanılmaktadır. I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na çevreye, çevre ve yer altı sularına sızdırma yapmayacak şekilde tabanı, kenarları ve seddesinde sıkıştırılmış kil dolgu malzeme kullanılarak sızdırmazlık özelliği kazandırılmıştır. Barajın etrafı çitle çevrilmiş ve yağmur sularını toplayan bir drenaj sistemi oluşturulmuştur. Barajın tek yönüne betonarme set çekilerek doğal bir gölet yapısına sahip olması sağlanmıştır. Aşırı dolma durumlarında pompalarla by-pass amaçlı II. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na takviye yapılmaktadır.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın boksit rezervleri tükeninceye kadarki süreçte işlevsel olarak yeterliliğinin sorgulandığı bu çalışmada, yerinde yapılan gözlemler ve yükseltme sırasında kullanılan malzemelerin değerleri kullanılarak yapılan duraylılık analizleri ve barajın bulunduğu havzanın yağış durumları incelenerek, barajın dolgu temel zemini, kazı, geçirimsizlik örtüsü, hesaplama ve boyutlandırma kriterleri açısından kullanımının devam edebileceği sonucuna varılmıştır.

Tez kapsamında, maden işletmelerinin daha kurulum aşamasında yapması gereken, işletim sonrası rehabilitasyon çalışmaları da Seydişehir Eti Alüminyum I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve çevresi için mevcut zemin durumunun farklılığı nedeniyle üç aşamalı olarak planlanmıştır. İlk aşama olarak baraj göl alanının konsolidasyon çalışmaları yapılırken, aynı anda gövde önünün rahabilitasyon işlemleri başlayabilecektir. Son olarak ise baraj göl alanı dolgusu için malzeme alınacak bölgenin tatlı su göletine çevrilmesiyle rehabilitasyon işlemleri, baraj kullanımı devam ederken yapılabilecektir.

THE ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY OF SEYDİŞEHİR ETİ ALUMINIUM COMPANY'S RED MUD TAILING DAM

SUMMARY

As a precaution of environment, from liquid and solid waste materials, which are the result products of ore preparation processes, the wastes are being stored in a specific place, the structures which are used for this precaution phase are called tailing dams which some examples can be found in Konya. Seydişehir is one of the township, which is located in southwest of Konya.

Seydişehir Eti Aluminium Company, which established in 1973 in the northern side of the Seydişehir township; started to manufacture full power in 1977 and only liquid aluminium manufacturer of Turkey, has capacity of producing, 340.000 ton hydrate, 200.000 ton calcined alumina and 60.000 ton primary aluminium, by 460.000 ton bauxite process. The main purpose of the company is producing and selling of, bauxite, alumina, aluminium casting, rolled products. In the process of manufacturing aluminium from bauxite, annually 100-110 thousand red colored waste -because of the high iron frequency- is thrown away, to the 9 million³ capacity, I. Red Mud Tailing Dam. The 35%-40% of the bauxite in the manufacture process resulted in the production of red muddy waste, which is pH approximately 12-13, rate of the solid mass is, between 10%-30%, the main components are iron and aluminium oxides, is thrown away. Since the beginning of the manufacture process of the company it is forecasted that, the total waste is around 3,5-4,0 million ton.

Cryolite which is a process product of gas precipitation process with fluorine element, is thrown away separately from the mud of, I. Red Mud Tailing Dam, to the Cryolite Dam owned by the Seydişehir Eti Aluminium Company, because it will be a barrier for the re use in the process, of the water which thrown away in mud in I. Red Mud Tailing Dam. In the first planning phase of I. Red Mud Tailing Dam, the plans have been made appropriate to this requirement, so the pressed solid waste and the water component of the waste, comes towards to dam, will be able to recycle.

But because of the incrustation of waste water tunnel that is send to Cryolite Dam, the water which is directed here, is eliminated after union with red mud. Because of this union, cryolite becomes one of the I. Red Mud Tailing Dam waste components, because of that, water cannot be reused, so the dam is inadequate before the date which is planned. To able to overcome this problem, the re-heighting of dam, projects have begun in 1975. River mouth has been raised and company elevation has come to 1147 from 1137. Because old drainage surround canal is under dam water, new surround canal has been projected. Dam structures-sensitivity data have been analyzed by phase² software which have been re-heightened at river mouth. This software program's data results showed that dam is completely ready for going on usage.

In the scope of the thesis, for rised river mouth, dam susceptibility tests have been made, and the result of the these tests initiated that, the useing of the dam will be problem free.

Because, of non fit to recycle water -because of the cryolite- accumulation, resulted as over running elevation of water processing in both of the dams, I. Red Mud Tailing Dam and Cryolite Dam, there has been founded another dam, II. Red Mud Tailing Dam, in front of Cryolite Dam, which is problematic of water absorption because of the karst and travertine origin of land. Water has been keep rising in the dams, because of the non return of the water to the system, so it resulted as more need for storing.

And for the discharge of the waste water from dams, as a precaution by the company for the leakage of the water, I. Red Mud Tailing Dam's fount and river mouth barriers, filter zones have been made impervious. And waste have been collapsed on the body, with the filling process, non leakage situation has been succeeded.

In this study, the materials exclusivity have been determined that used for barrier filter processes, so the dam can be founded as water proof.

In the mean time, it has been established that, if there is any leakage from the dam toward to enternal water fountains or to groundwater, with the analysis of water samples taken from dam, these datas have been added to study. Samples from 22 different locations have been collected and their analyzes have been made by accredited laboraties.

Seydişehir Eti Aluminium Company; in the manufacturing processes, addition of cauistic bauxuite resulted as aluminium hydrate; in the following phase with autoclav unite, pulp formation has been observed. A wastedwater profile have been trackted from settling tank to thickener. Depend on this studies, wastewaters which is based from manufacturing processes are heavily includes flouride. In the option of decharge to taker side, addition to flouride, aluminium is a wasting parameter also.

Water samples have been tested by chemical analysis, and test results showed that I. Red Mud Dam top phases aluminium concentration was high as expected it to be.

Recycle experiments of the top phases of the dam have been made at, Gebze Techinal Institute Laboratory, by the supervisement by Prof. Dr. Bülent Keskinoglu. Chemical precipitation, increasement of membrane filtration experiments have been made. These experiments suggested that before chemical precipitation phase; double chemical precipitation or double nanofiltration system is a necessity, they have been added to thesis context.

In this situation, Alumina Factory's 6. washer sub water send to I. Red Mud Tailing Dam. The solutions that is send to I. Red Mud Dam, solid compenents, precipitates in the dam and storages as such, the liquid on the upper part is used to dilute the mud. To make waterproof the I. Red Mud Dam towars ground waters and enternal fountains, clay filling materials have been used in dams corners, in foundation and in barrier. Till bouxite reservoir of I. Red Mud Dam gets over processes, with observations have been made in the processes places, and re heightening products sensitivity tests, climate of the dam area have been calculated. And results showed that Dam is can be used for ongoing. Fundemantal of the dam, have been added to study. Dams surrondings have been fenced and a drainage system has been founded that collects rainwater. Reinforced concrete has been made in the one side of the

dam, for natural pond structure. In the situations of over full filling, by bass is made towards to second dam, to II. Red Mud Tailing Dam.

In the scope of thesis, mine company's must have processes which must plan in the set up phase and, rehabiliton studys after operating have been planned for Seydişehir Aluminium I. Red Mud Waste Dam and the environment. Because or the environment of Seydişehir Eti Aluminium, it must have been calculated as tree layers. First of all lake area consodelition studies have been made. In the mean time, front skeleton rehabilitation process can be made.

As a last part of the whole process, material absorbing areas turning to fresh water lake rehabilitation process can be made while dam usage is going on.

1. GİRİŞ

1973 yılında kurulan, Türkiye'nin tek sıvı alüminyum üreticisi olan Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi'ne ait son proses atıklarının depolandığı I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın tarihsel gelişimi sırasında, yapılan mansap yükseltme ve filtreleme çalışmalarının yeterliliği yerinde yapılan gözlemlerle incelenerek, barajın imalat, dolgu ve sızdırmazlık durumları irdelenmiştir. Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi'nin bulunduğu Seydişehir ilçesinin 1000 yıllık yağış rejimi hesaplanarak barajın tesis kullanım ömrü boyunca yeterliliği araştırılmıştır. Tesiste, üretim aşamalarında boksit cevherinden kostik ilavesi ile alüminyum hidrat eldesine, ardından otoklav ünitesinde pulp oluşumuna, çöktürme tankına ve oradan yoğunlaştırma tanklarına ulaşana kadar olan tüm atıksu kaynakları belirlenerek kirlenme profili oluşturularak yapılabilecek atıksu sistemleri ve barajın kullanılması sırasında alınması gereken önlemler belirlenerek, kullanım ömrü dolduktan sonra I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve çevresinde yapılabilecek rehabilitasyon çalışmalarının planlaması yapılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu projenin konusu, Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi'nin boksitten bayer prosesi ile alüminyum üretimi sonucu ortaya çıkan kırmızı çamur atıklarının çevreye ve çevre sularına zarar vermeden uzaklaştırılarak işletme bünyesindeki mevcut barajlarda depolanması ve baraja basılan suyun proseste tekrar kullanılarak, I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın, işletilecek boksit rezervleri tükenene kadar işlevini yerine getirebilmesi için teknik yeterliliğinin jeolojik, hidrojeolojik ve çevresel etmenlere göre irdelenmesi ve bu anlamda kalıcı teknik çözümler getirilerek, atık barajının emniyetli şekilde terk edilmesi için gereken kullanımı sonlandırma projesinin hazırlanmasıdır.

1.2 Çalışma Metodu

Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi mevcut durum ve koşulları dikkate alınarak yapılacak çalışmalar adına gerekli olan bilgi ve bulguların derlenmesi amacıyla tesis arşivindeki belgeler incelenmiştir.

Seydişehir Bölgesi'nin literatürde bulunan detaylı jeolojik haritaları incelenerek, I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve çevresinin jeolojik ve mühendislik jeolojisi haritaları yerinde yapılan çalışmalarla çıkarılmış ve tesise ait barajları çevreleyen jeolojik birimlerin geçirimsizlik özellikleri bulunarak, barajların verimliliği ve sızdırmazlığı incelenmiştir.

Arşivden yararlanılarak I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ilk yapım ve yükseltme projeleri incelenerek, barajın son yükseltme sonrası mevcut durumu için Phase² 8.0 sonlu elemanlar ve Slide 5.0 şev stabilitesi yöntemleri ile duraylılık analizleri yapılmıştır.

Çevrenin hidrojeolojik durumu araştırılarak, ayrıntılı iklim özellikleriyle potansiyel yağış-buharlaşma miktarları bulunmuştur.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın ve işletmeye ait diğer barajların şu anki durumları ve çevresel etkileşimleri, yerinde yapılan gözlemlerle incelenmiştir.

Tesis içinde ilgili uzmanlarla görüşmeler yapılarak üretim süreci, proses sonunda ortaya çıkan çamurun arıtılma prensibi, tesise giren-çıkan su miktarları ve atığın kimyasal içeriği irdelenmiştir.

Atık barajları çevresinden su örnekleri alınarak akredite laboratuvarda kirlilik analizleri yaptırılmış, tesisten kaynaklı çevreye herhangi bir sızıntı olup olmadığı araştırılmıştır.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın kullanım ömrünü tamamladıktan sonra bulunduğu çevreye uyumlu olarak yapılabilecek rehabilitasyon çalışmalarıyla ilgili planlamalar yapılmıştır.

1.3 Literatür Çalışması

Öztürk ve Hanılçı (1999), Doğankuzu ve Mortaş Boksit Yatağının Jeolojisi ve Sülfürlü Zonların Özellikleri, Orta Toroslar, Türkiye, başlıklı çalışmada;

Türkiye boksit yataklarının Kokaksu yatağı (Zonguldak) hariç tamamının Toros kuşağında bulunduğunu ve en önemlilerinin ise Seydişehir-Akseki arasında yer aldığını belirtmiştir. Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları rezervleri ve konumları açısından Seydişehir-Akseki boksit provensinin en önemli yataklarıdır. Her iki yataktan açık işletme yöntemiyle uzun yıllar cevher üretimi yapılmıştır. Günümüzde cevher üretimi Doğankuzu yatağından yapılmaktadır. Doğankuzu yatağından üretilen yıllık 300 bin ton cevher Seydişehir alüminyum fabrikasına taşınmakta ve yaklaşık 60 bin ton metal Alüminyum elde edilmektedir. Boksiti oluşturan mineraller çokluk sırasına göre böhmit, kaolinit, hematit, anatas, dijaspor, götit, pirit, markasitten oluşmaktadır. Seydişehir alüminyum fabrikası verilerine göre boksit cevherinin kimyasal bileşimi ortalama % 59 Al_2O_3 , % 16 Fe_2O_3 , % 8 Si O_2 , % 2.5 TiO_2 ve %12 H_2O şeklindedir.

Akay ve Uysal (1988), Orta Toroslar'ın Post-Eosen Tektoniği, adlı çalışmada;

Orta Toroslar'ın, Üst Eosen-Oligosen, Langiyen, Üst Tortoniyen ve üst Pliyosen dönemi olmak üzere dört ayrı sıkışma sisteminden etkilendiğini belirtmiştir. Üst Eosen-Oligosen sıkışma döneminde Beyşehir fayı ve Ecemiş fayı önemli olarak hareket etmiştir. Bölgede, Üst Oligosen-Miyosen havzasının öncesinde açılıp kapandığını gösteren, başkaca bir Oligosen havzasının çökellerine rastlanmaması, bu sıkışma dönemi sırasında bölgenin bir yükselim şeklinde kaldığının göstergesidir. Langiyen döneminde Lisiyen napı bindirmesi ve Davraz dağı bindirmesi gelişmiş ve bunları da Tortoniyen çökelleri örtmüştür. Üst Tortoniyen döneminde, tüm bölge, yoğun bir sıkışma rejiminden etkilenerek, önemli yapısal unsurlar kazanmıştır. Sıkışma döneminin sonrasında da Antalya Neojen havzasının üst Messiniyen-Pliyosen çökelleri bu yapısal unsurları örtmüştür. Üst Pliyosenden günümüze sıkışma dönemi daha çok mezoskopik faylara göre tanınabilmekte olup, tüm Orta Toroslar'ı kapsayacak şekilde etkinliği zayıf olmuştur.

Sarı ve İnan (2011) Seydişehir ile Beyşehir'in İklimlerinin Karşılaştırılması, adlı çalışmada;

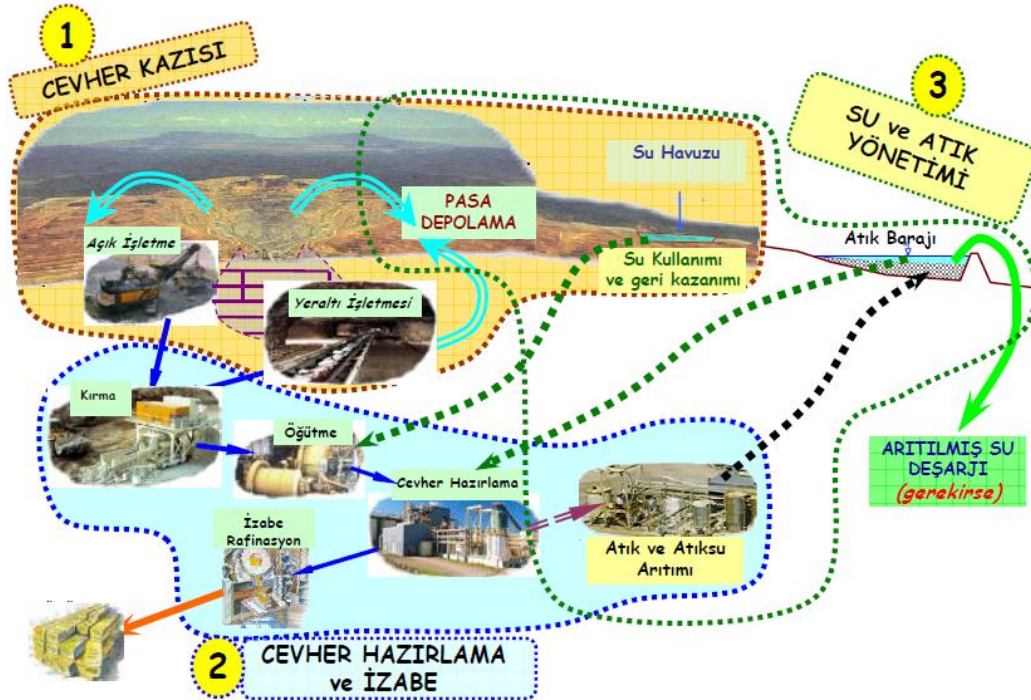
Beyşehir ile Seydişehir, Konya'nın güneybatısında ve Beyşehir-Suğla tektonik oluğu üzerinde yer aldığını belirtmiştir. Bu merkezlerin de içinde bulunduğu alanlar, Akdeniz makro iklimi dâhilindedir. Ancak araştırma sahasında artan yükselti, karasallık ve hava kütlelerinin tesir derecelerindeki farklılıklar, karakteristik Akdeniz

İklimi'nin buralarda değişmesine yol açmıştır. Akdeniz yağış rejiminin büyük ölçüde korunduğu, ancak yükselti nedeniyle sıcaklığın düştüğü Seydişehir'de, Akdeniz Dağ İklimi; Akdeniz tesirleri ile karasal tesirlerin birlikte etkili olduğu Beyşehir'de ise Karasal-Akdeniz geçiş iklimi hüküm sürmektedir.

1.4 Atık Barajları

Madencilik faaliyetlerinde cevher hazırlama proseslerini takip eden süreçte ortaya çıkan katı ve su, çeşitli ağır sıvılar, kimyasallar gibi sıvı karakterli malzemelerin çevreye etkilerini önleyici nitelikte kontrollü bir şekilde belirli bir alanda depolanmasını sağlamak amacıyla kullanılan yapılara atık barajı denir.

Madencilik atıklarının diğer sanayi faaliyetlerinde ortaya çıkan atıklardan farkları mevcuttur. Kimyasal ya da ısıl proses uygulamaları dışındaki tüm madencilik atıkları doğadan alındığı yerdeki özelliklerini taşır. Günün teknolojik ve ekonomik koşullarına göre atık olduğu halde gelişen ve değişen teknolojilere göre yeniden bir hammadde kaynağı olabilir. Madencilik sektöründe uzaklaştırma ya da depolama seçenekleri belirlenirken katı atıkların çökmesi sonucu kazanılan suyun bir bölümünün tekrar prosese girebileceği olasılığı göz önüne alınarak, proses atıkları ya doğrudan ya da arıtma işlemlerinden sonra atık barajlarında biriktirilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Tipik maden işletmesi üretim aşamaları (Zanbak, 2012).

Madencilikte tesis atıklarının genel özellikleri:

- Prosesler genellikle su kullanılan yaş sistemlerle yapılır.
- Ekonomik değer taşıyan mineraller alındıktan sonra kazı yapılan malzemenin önemli bir bölümü atık olarak ayrılır.
- Atık malzemeler günün ekonomik koşullarında değerlendirilemeyen niteliklerde mineraller içerir.
- Yaş proseslerde 1 ton katı için 2-8 ton arasında değişen su tüketimi vardır.
- Atılan atıkta bulunan su genellikle proseste kullanılmak üzere tekrar kazanılır.
- Atık su cevher cinsine ve uygulanan proseslere bağlı olarak ağır metaller, reaktifler, vb. gibi kirletici unsurlar taşıyabilir.
- Atıktaki kirlilik genellikle cevher yapısından ileri gelir.
- Kirleticilik prosesin değiştirilmesini gerektirecek bir sorun değildir. Atıktan kirleticilerin uzaklaştırılması için mühendislik çözümleri vardır.
- Herhangi bir proseste çevresel duyarlılık için uygulanacak atık kontrolü projenin önemli bir aşamasıdır.

Sonuç olarak madencilik atıkları su içeriği yüksek, düşük-orta geçirimsizlik ve kesme dayanımı gösteren, düşük plastisiteli, yüksek-orta sıkıştırılabilir özelliktedirler.

Atık barajlarının tasarım ve yapımında tesisten çıkması beklenen atıkların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinin yanında baraj alanının seçimi de oldukça önemlidir. Yer belirlemede sahanın jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, topoğrafya, iklim, ekoloji, işletme zorlukları ve ulaşılabilirlik gibi faktörlerle birlikte, yatırım tutarı, işletme ve kapatma maliyetleri de dikkate alınır. Genel olarak atık barajları ulaşımı zor, yüksek eğimli, hakim rüzgarlara açık, hassas eko sisteme sahip, fay hattı üzerinde bulunan ve kaynak suları içeren sahalarda inşa edilmez.

Son yıllarda kimyasal atıklar için, su tutma barajlarına benzer yapısal özellikler gösteren atık barajları yapılmaktadır. Yapım sırasında baraj gövdesinin emniyeti ve baraj tabanının sızdırmazlığı esas alınır. Barajın yapımına baraj tabanının hazırlanması ile başlanır. Önce baraj alanındaki bitki kökleri temizlenir, örtü toprağı sıyrılarak işletme sonrası iyileştirme çalışmalarında tekrar kullanılmak üzere yığın

Atık çamuru depolanmaya başlamadan önce her yönüyle geçirimsizliği sağlanmış, yamaç, akarsu yatağı ve dolgu gövdesinden kaçığı bulunmayan tam güvenli bir çekirdek barajın yapılması zorunludur. Baraj gövdesinin çekirdeğini çok iyi sıkıştırılmış kil oluşturur. Kum, çakıl ve kayadan oluşan dolgu malzemesi gövdenin iç ve dış yüzeyini kaplar. Zeminin geçirgenliğine bağlı olarak baraj gövdesinin tam altında bir sızdırmazlık perdesi de yerleştirilebilir. Atık baraj gövdesi, yapımının her aşamasında her koşuldaki kalıcı duraylılığı sağlamak zorunda oluşuyla diğer barajlardan farklıdır.

A 3D cutaway diagram of a dam structure, showing various layers and components labeled 1 through 8. The diagram illustrates the internal structure of the dam, including the core, filter, and various fill materials. The components are labeled as follows:

- 1 Geçirimsizlik Perdesi (Impermeable Curtain)
- 2 Kil Çekirdek (Clay Core)
- 3 Filtre Dolgusu (Filter Fill)
- 4 Kaya Dolgu (Rock Fill)
- 5 Yükseltilen Baraj Gövdesi (Raised Dam Body)
- 6 Geomembran (Geomembrane)
- 7 Koruma Dolgusu-Toprak Dolgu (Protection Fill-Soil Fill)
- 8 Dekapaj Dolgusu (Decapaj Fill)

6

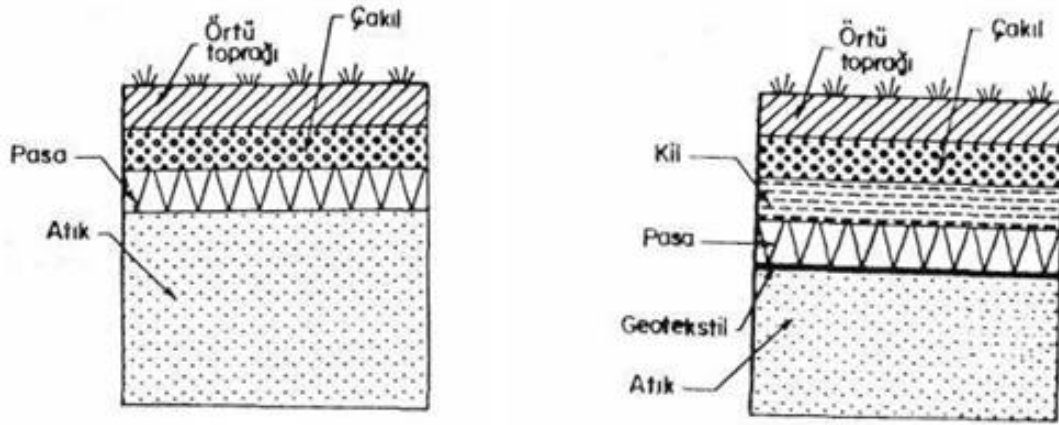
Atık barajının mansap ve memba şevlerinin eğimleri dolguların membada ya da mansapta olmalarına göre belirlenir. 40 metreyi aşan yükseklikteki baraj gövdelerinin atık çamuru üzerinde yükselen memba dolgulu yükseltilmesi özel önlemler alınmadıkça sakıncalıdır. Mansap dolgusunu güçlendirmek için ise genelde etek önünde geniş palyeli düşük eğimli bir destek dolgusu yapılır. Bu dolgu duraylılığı kanıtlanmış olan mevcut baraj gövdesini, ek yüklere karşı güvenceye almak ve rehabilitasyon çalışmalarına hazırlamak üzere tasarlanır. Barajın yükseltme dolguları DSİ baraj dizayn kriterleri kapsamında, statik güvenliği en az 1,5 ve dinamik güvenliği en az 1,1 olacak şekilde projelendirilir. Barajın yapım türü ne olursa olsun, başlangıçta temel kayacı üzerine oturtulan tam geçirimsiz ve hiç bir noktada zemin emniyet gerilmelerinin üzerine çıkılmayan, tam güvenli bir çekirdek barajın imalatı zorunludur. İnşaat aşamasının tamamlandığı üst kota gelindiğinde, gölet içindeki çamur boşluk suyunun drenajı sonucunda büyük ölçüde konsolide olduğu için memba destek dolgusuna dönüşerek duraylılığı arttırmaktadır. Doğal bozunmayı hızlandırmak için baraj alanı olabildiğince geniş tutulur ve atıkların baraj alanında ince tabaka oluşturmaya yönelik atık boşaltma sistemi geliştirilir.

Atık barajı tasarımında alıcı ortama sıfır deşarj prensibinden yola çıkılarak tesisinin ömrü boyunca üreteceği atıkların tümünü depolayabilecek baraj hacmi belirlenir. Katı atık hacmi kolayca hesaplanabilirken barajda birikecek suyun miktarı için yapılacak su dengesi hesaplamaları, göle giren ve çıkan su bileşenleri ve miktarları dikkate alınarak yapılır. Göl alanına yapılan tüm su beslemeleri, göl yüzeyine olan doğrudan yağışlar dışında tümüyle denetlenir. Rezervuarda, tesiste kullanılmak üzere biriktirilen ve bu amaç için yeterli olan depolama hacmi oluşturulurken nihai baraj gövde yüksekliği, yüz yılda bir tekrarlanma olasılığı olan yağışlardan kaynaklanacak yüzey sularını tutabilecek bir hacim ilave edilerek hasaplanır. Atık gölünden doğal ortama denetimsiz herhangi bir tehlikeli deşarj yapılamaz. Su dengesi sürekli izlenir ve stabilitenin olumsuz etkilenmesine neden olabilecek kaçaklara izin verilmez.

Mevcut rezervin işletilip tüketilmesinden sonra barajdan yayılması olası kirliliği önleme, atık barajına estetik bir görünüm verme ve sahayı tekrar üretime kazandırmaya yönelik olarak barajı kapatarak rehabilitasyon süreci başlar. Günümüzde rehabilitasyon planlaması madencilik çalışmaları başlamadan önce, kanunlarla ve yönetmeliklerle garanti altına alınmıştır. Maden işletmesi daha kurulma aşamasındayken, üretim sona erdikten sonra yapılacak rehabilitasyon

alışmaları planlanarak, üretim süreci dökümanlarıyla beraber yetkili kurumların onayına sunulmak zorundadır.

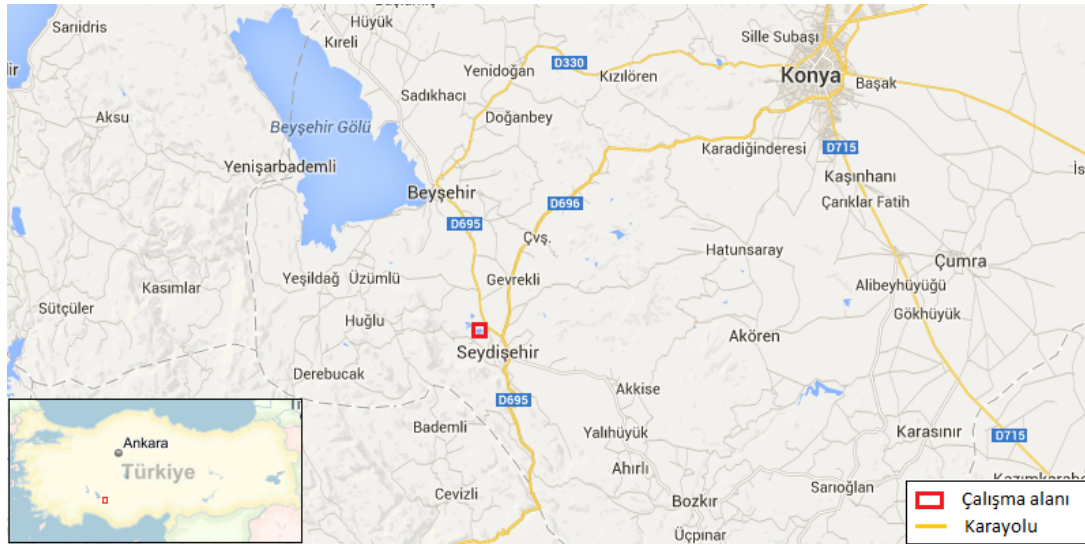
Rehabilitasyon çalışmalarında atık barajının yüzeyi buharlaşma ve alınan önlemlerle kurutularak, atık malzemesinin üstü önce geçirimsiz zon sonra da filtre malzemesi ile kapatılır. Erozyona karşı gerekli yüzey drenaj önlemleri alınarak bitkisel toprak serilip yeşillendirme yapılır (Şekil 1.3). Kapatma sonrasında dolusavak yapısı ve kuşaklama kanalı taşkın önleme yapısı olarak görev yapacak şekilde bakımlı tutulmalıdır.



Şekil 1.3 : Atıkların üzerinin kapatılması (Atalay, 1997).

2. İNCELEME ALANININ VE PROJENİN TANITILMASI

Eti Alüminyum İşletmesi Konya ili Seydişehir ilçesinde yer almaktadır. İlçe merkezi Konya'ya 87 km, Antalya'ya ise 208 km uzaklıktadır. 2.207 km²'lik ilçe toprakları kuzeydoğuda Meram (Konya), doğuda Akören, güneyde Ahırlı, Yalılıyük ve Akseki (Antalya), batıda Derebucak, kuzeybatıda da Beyşehir ile çevrilidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.

2.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım

Yeryüzü şekillerinin ana çizgisini Toroslar'ın belirlediği Akdeniz bölgesinin, dağlık ve oldukça engebeli bir yapısı vardır. Antalya Körfezi'nin iki yanında yer alan Batı Toroslar, kuzeyde Göller Yöresinde birbirine yaklaşıp sıkışır. Teke Yarımadası'nın batısında beliren Batı Toroslar ise Taşeli Platosu'na kadar uzanır. En yüksek noktası Bey Dağlarındaki 3096 m'lik Kızlar Sivrisi Tepesi olan Batı Toroslar, kırıklı ve kıvrımlı bir yapı göstererek genellikle kalker ve ofiyolitli kayalardan oluşur. Göller Yöresi'nin kalker oluşumu sarp dağlarının ortalama yüksekliği 2000-2005 m arasındadır. Yüksek kütleler arasında Avlan Gördes, Söğüt gibi karstik kökenli çanak biçimli çukur alanlar vardır. Bu kesim aynı zamanda düden, obruk, mağara yer altı dereleri, suyutan ve voklüz kaynakları gibi karstik şekiller bakımından da zengindir.

Beyşehir ve Eğridir gibi büyük tatlı su gölleri bu bölgededir. Batı Toroslar, dik eğimli yamaçlarından inen bol sulu akarsular tarafından parçalanmış ve genellikle boylamasına uzanan derin vadiler ortaya çıkmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Akdeniz bölgesi coğrafi yapılar (Url-1, 2014).

Seydişehir ilçesi, Ankara-Konya-Antalya karayolu üzerinde Torosların kuzey eteklerinde, Çarşamba Çayı boyunca uzanan verimli bir vadi olan Suğla Ovası'nda bulunur. İlçe merkezinin denizden yüksekliği yaklaşık 1120 m'dir. Bölgedeki en yüksek noktası 2500 m'yi aşan Geyik Dağları, kuşuçuşu mesafesi 100 km'den az olan Akdeniz'in ılıman ikliminin ilçede hissedilmesine engel olarak, ilçenin ikliminin Akdeniz ve karasal iklimlerinin geçiş özelliği taşımasına neden olur.

2.2 Morfoloji

Beyşehir’den güneye doğru yükseltisi artan arazide özellikle Seydişehir çevresinde eğimin birden artmasıyla yükselti hemen 2000 m’yi geçer. Burada batı bölgesinden güney bölgesine doğru uzanan Küpe Dağı (2321 m), Reze Dağı (2529 m) ve Gidengelmez Dağları (2199 m) yer alır. Beyşehir ve Seydişehir çevresindeki tüm dağlar genelde KB-GD doğrultuda uzanır. Seydişehir ilçesinin batı bölgesinden güney bölgesine doğru uzanan dağları arasında Suğla gölü ve ovalık alanlar da bulunur (Şekil 2.3). Küpe dağından çok sayıda su kaynağı ve pınar da çıkmaktadır.



Şekil 2.3 : Seydişehir Bölgesi'nin topoğrafyasını gösterir uydu görüntüsü.

2.3 İklim ve Bitki Örtüsü

Konya ili coğrafik konumu itibariyle kuzey-güney doğrultusunda geniş bir alanı kapsayan Konya kapalı havzasında yer almaktadır. Bu nedenle değişik iklim özellikleri görülmektedir. Havzanın güneyi kışları ılık ve yağışlı yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklimi, orta ve kuzey kesimleri kışları soğuk yazları sıcak ve kurak geçen karasal iklim; Karapınar ve çevresinde ise çöl iklimi hüküm sürmektedir. yağışlar kış ve ilkbahar aylarında görülür. Çalışma alanının bulunduğu Seydişehir ilçesinde artan yükselti nedeniyle Akdeniz yağış rejimindeki kış hakimiyeti ile Akdeniz kıyılarındaki yaz kuraklığı azalarak, ilkbahar yağış oranları da nispi olarak artar. Artan yükselti ve karasallık, düşük kış sıcaklıklarını ve düşük kış sıcaklıklarına bağlı olayları da beraberinde getirir. Bu yönüyle Seydişehir'in iklimi, Akdeniz dağ iklimi içinde değerlendirilir. Seydişehir'in çevresindeki dağlık alanlarda yağış miktarı yüksektir.

Çalışma alanı bitki örtüsü bakımından daha çok Akdeniz bitki örtüsü özellikleri taşır. Yüksekliğe ve yağış miktarına bağlı olarak, göller bölgesinde orman varlığını zenginleştirir. Bu kuşaktaki bitki türlerini orman ağaçları ve bozkır bitkileri oluşturur.

Hakim rüzgar yönlerini belirleyen dağların uzanış doğrultusu sebebiyle Seydişehir'de hakim rüzgar yönü KB-GD'dur.

2.4 Akarsular ve Barajlar

Seydişehir Eti Alüminyum tesisleri dolayında yağışlardan ve kaynak boşalımlarından beslenen çok sayıda sürekli ve mevsimsel akan dereler bulunmaktadır. Tesisler bölgesindeki Beyşehir kanalı, Karakış kanalı, Şehir çayı, Karakış çayı, Çiftçi çayı, Deli çay, Öz deresi ve Kuğulu deresi önemli akarsulardır. Karakış çayı üzerinde Seydişehir Eti Alüminyum tesislerinin atık barajı bulunmaktadır. İnceleme alanında I. ve II. Kırmızı Çamur Barajları, Kriyolit Barajı, Yenice Barajı ve temiz su sağlamak amacıyla yapılmış olan Taraşçı Barajı bulunmaktadır (Şekil 2.4).

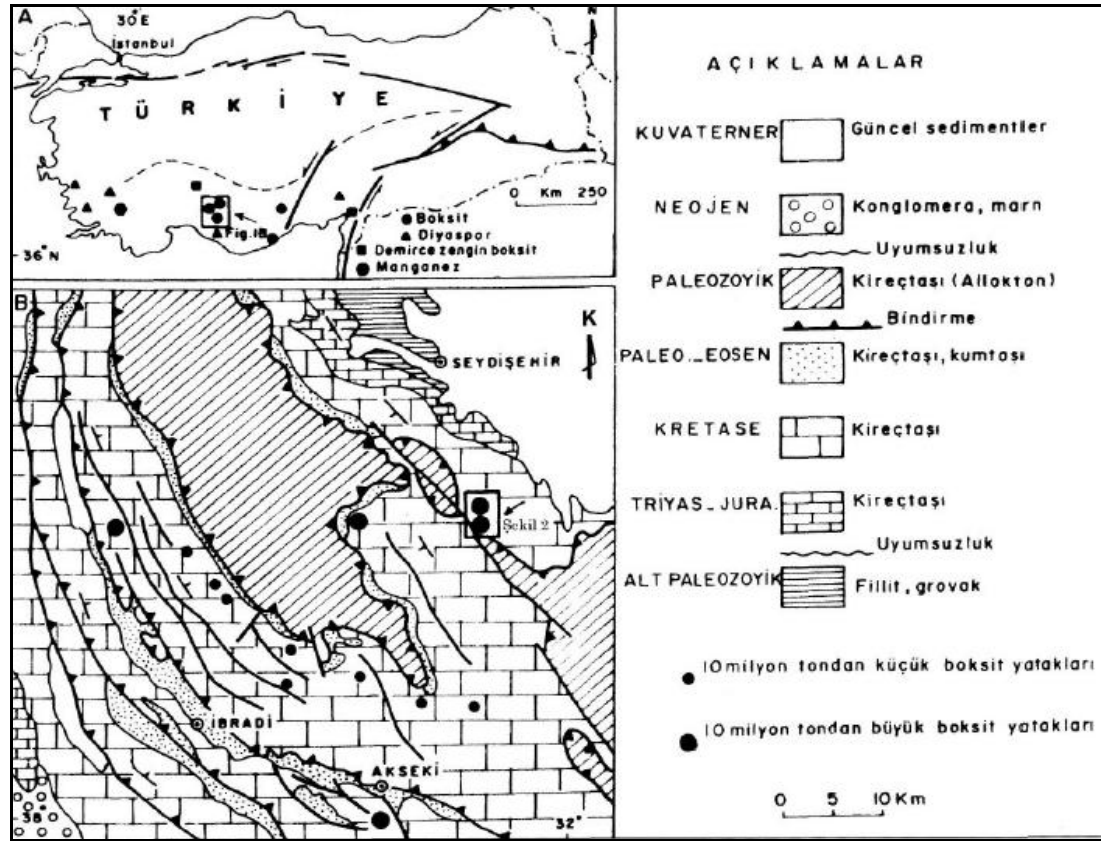


Şekil 2.4 : Seydişehir ve çevresinde yer alan barajlar ve yerleşim alanları.

2.5 Ekonomik Jeoloji

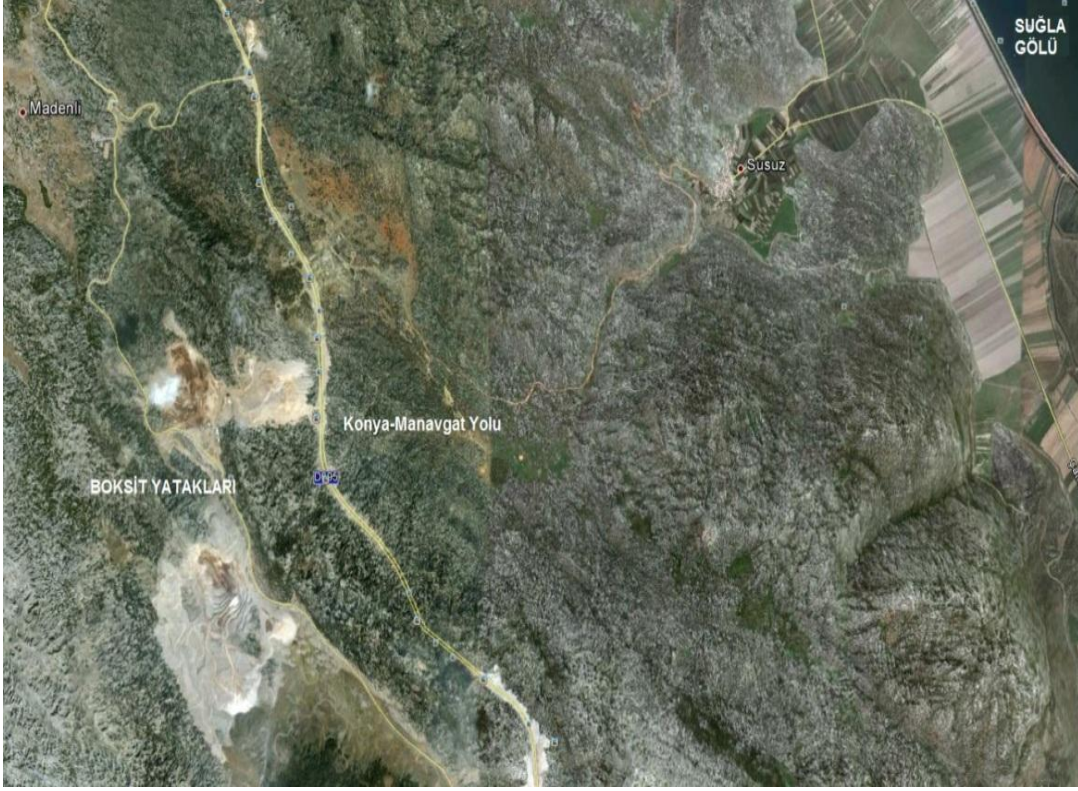
Muğla'dan başlayıp Hatay'a kadar uzanan Toros kuşağı boyunca, Türkiye'nin önemli boksit yatakları gözlenmektedir (Şekil 2.5). Akdeniz Bölgesi'nde batıdan doğuya doğru; Muğla merkez ve Milas ilçesi çevresinde (Diyasporit-Zımpara), Isparta-Yalvaç-Şarkıkaraağaç Yöresi'nde (Demirli Boksit), Konya-Seydişehir Yöresi'nde (Böhmitik Boksit), Antalya Akseki Yöresi'nde (Böhmitik Boksit), Antalya-Alanya Yöresi'nde (Diyasporitik Boksit), Bolkardağ (Mersin-Adana-K.Maraş-Adana)

Bölgesi'nde (Diyasporitik Boksit), Hatay-Payas Yöresi'nde (Demirli ve diyasporitik) boksit yatakları bulunmaktadır (Bahçeci, 1987, Erşen, 1989 ve Atak ve diğ., 1993).



Şekil 2.5 : Toros kuşağı önemli alüminyum kaynakları ve manganez yatakları ve Seydişehir-Akseki boksit provensinin jeoloji haritası (Öztürk, Hanılçı, 1999).

Bu yataklardan özellikle önemli olan Konya-Seydişehir ve Antalya-Akseki Bölgesi böhmitik boksit yatakları, Seydişehir'deki tesislerde işlenerek alüminyum metali üretilmektedir (Şekil 2.6). Bu bölgede Doğankuzu, Mortaş, Kızıltaş (Değirmenlik) yatakları en önemli boksit yataklarıdır. Yatakların oluşumu tartışmalı olup, kireçtaşları içindeki karstik boşluklar içinde gözlenmeleri nedeniyle kimyasal kalıntı tipi yataklar oldukları yaygın bir şekilde kabul edilmektedir. Köken olarak ise taban kireçtaşları ve bozunmaları sonucu oluşmuş terra rossa türü topraklar, bölgedeki Seydişehir formasyonu'na ait şistler, bölgedeki ofiyolitik kayalar içindeki sipilitik kayalar, Şarkikaraağaç yöresindeki boksitlerden taşınma gibi oldukça değişik malzemeler düşünülebilmektedir (Bahçeci, 1987; Karadağ, 1996; Erkan ve diğ., 1996 gibi).



Şekil 2.6 : Seydişehir boksit ocakları.

2.6 Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi Genel Bilgileri

1973 yılında kurulan ve 1977 yılında tam kapasite ile üretime geçen Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi, Seydişehir ilçesinin kuzeyinde kuruludur. Türkiye'nin tek sıvı alüminyum üreticisi olan Eti Alüminyum Tesisleri, herbiri başlı başına birer işletme niteliğinde olan Maden işletmesi, Alümina ve Alüminyum fabrikaları, Dökümhane ve Haddehane üniteleri ile 4'ü yardımcı üretim birimi olmak üzere toplam 24 destek biriminden oluşmaktadır (Şekil 2.7). Tesisler yılda 460.000 ton boksit işleyerek 340.000 ton hidrat, 35.000 ton alüminyum sülfat, 200.000 ton kalsine alümina ve 60.000 ton birincil alüminyum üretim kapasitesine sahiptir. Bu miktar alüminyum, dökümhane ve haddehanede işlenerek çeşitli vasıf ve ebatta külçe, ingot, profil, levha, rulo ve folyo halinde piyasaya sunulmaktadır. .

2.6.1 Maden-açık işletme

Seydişehir'e 28-31 km mesafede kurulmuş olan Eti Alüminyum İşletmesi bünyesinde, 28.700.408 ton seviyesinde boksit rezervine sahip ruhsatlı 6 adet maden sahası bulunmaktadır.



Şekil 2.7 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri.

2.6.2 Alümina fabrikası

Alümina Fabrikası, bayer prosesi ile 460.000 ton boksiti ısı ve basınç altında kostikli ortamında işleyerek 34.000 ton Alüminyum Hidroksit (Hidrat) ve bundan da 200.000 ton Alüminyum Oksit (Kalsine Alümina) üretebilecek kapasitededir. Üretilen hidratı kullanarak sülfat haline dönüştüren 35.000 ton kapasiteli Alüminyum Sülfat Fabrikası da 1980 yılında kurulmuştur.

2.6.3 Dökümhane

Elektrolizhanelerden gelen sıvı alüminyum ile alaşım metali ve çeşitli kaynaklardan temin edilen hurdayı işleyebilecek kapasitede olan dökümhanede yılda 76.000 ton döküm ürünü üretilmektedir. Döküm ürünleri yassı ingot, yuvarlak ingot, T-ingot ve külçe formunda olup (Şekil 2.8), müşteri talepleri doğrultusunda değişik alaşımlar da hazırlanabilmektedir.

2.6.4 Haddehane

Dökümhanede üretilen yuvarlak ingotların belli bir kısmı, yatay ekstrüzyon preslerinde değişik formlarda profil, yassı ingotlar ise sıcak haddeleme makinesinde rulo veya levha haline getirilmektedir. Sıcak haddeleme yöntemi ile üretilen bu rulolar, soğuk hadde makinesinde 0,5 mm'ye kadar inceltilerek rulo bundan da levha ve/veya şerit üretilmektedir. Soğuk ruloların bir kısmı folyo haddehanesinde 6,5 mikrona kadar inceltilerek metalik folyo ve bunun bir kısmı da kağıtlanarak kağıtlı folyo elde edilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Birincil alüminyum ve hadde ürünleri.

2.6.5 Makina teçhizat fabrikası

Alüminyum tesislerinde yedek parça niteliği taşıyan, katot kasası, anot pimleri, vanalar, makine parçaları, bant konveyörlerle birlikte değirmen bilyeleri ve sıcak işlem gören parçalar imal edebilen bu ünite de değişik özelliklere sahip toplam 247 tezgah çalıştırılmaktadır.

2.6.6 Enerji ünitesi

170 mW'lık kurulu güç ile tesislerin ihtiyacı olan 1,2 milyar kWh'lık enerjinin temin edilmesi ve bu enerjinin fabrika içinde dağıtımının yapılmasını üstlenmiş bulunan bu birim, tüm elektrikli teçhizatların işletilmesi, bakım onarım ve kalibrasyon faaliyetlerini yürütmektedir.

2.6.7 Oymapınar hes işletme müdürlüğü

Antalya ilinin, Manavgat ilçesinin kuzey yönünde D400 karayolundan 18 km mesafede kurulmuş olan Oymapınar Hidroelektrik Santrali, yaklaşık olarak yıllık 1.620.000.000 kWh üretim kapasitesine sahiptir.

2.6.8 Yardımcı işletmeler

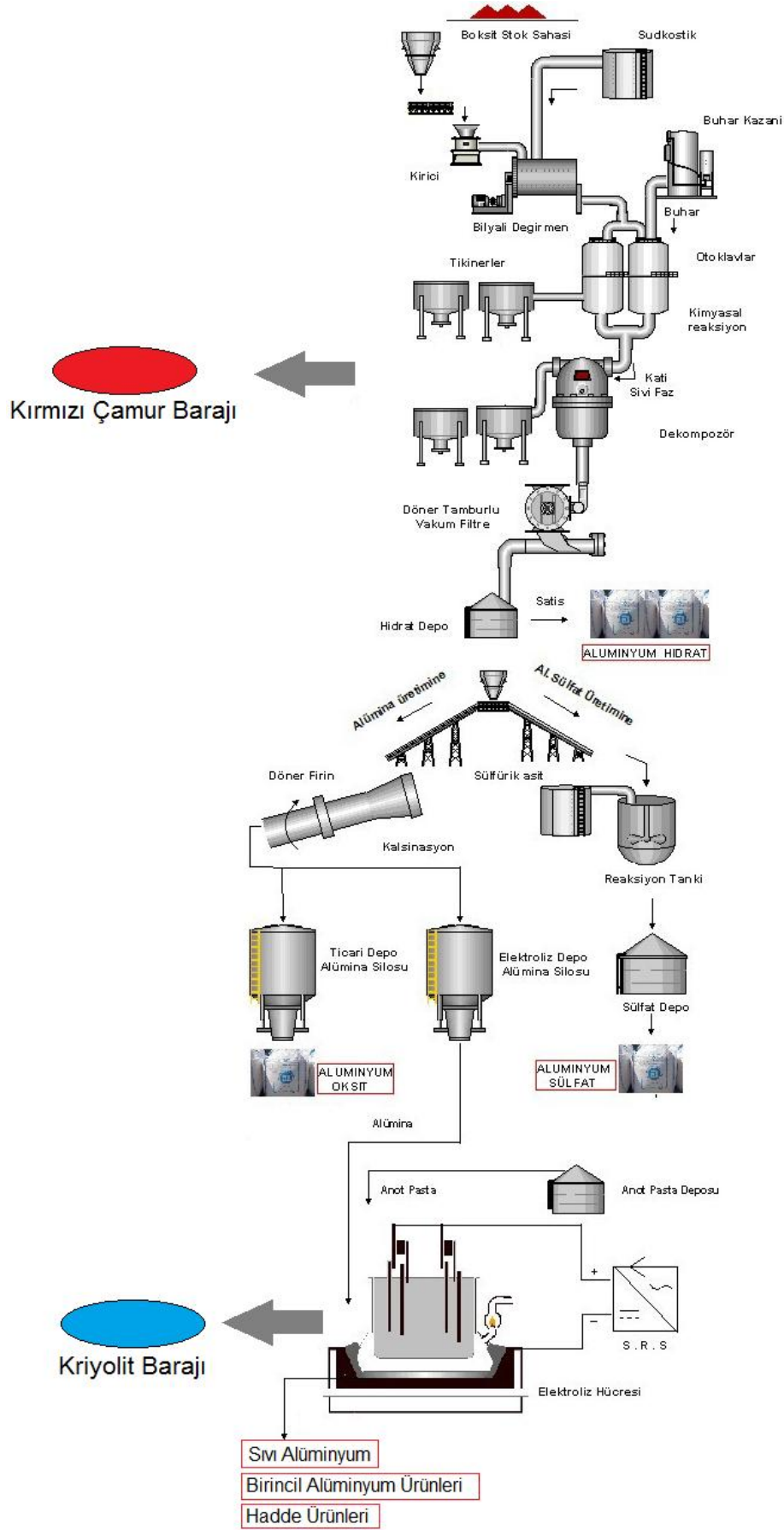
Tesiste üretim aşamasında gerekli olan 7 atm'lık 410.000.000 m³ basınçlı hava; 8 atm basınçta 230 °C sıcaklıkta ve 40 atm basınçta 350 °C sıcaklıkta olmak üzere toplam 2.500.000 ton buhar ve 63.000.000 m³ sirkülasyon suyunun üretim ve dağıtım faaliyetleri bu birimler tarafından yapılmaktadır.

2.7 Kırmızı Çamur Atık Kaynağı Alümina Tesisinin İşleyişi

Günde 1400 ton (yaklaşık 60 ton/saat) boksit besleyerek 1100 ton/gün alüminyum hidrat elde edilen Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri, yılda 460.000 ton boksit cevheri işlemek üzere kurulmuştur. Alüminyum hidratın, alüminaya dönüştürülmesinden sonra elektroliz işlemi ile yılda 60.000 ton civarında metal alüminyum elde edilmekte ve atık olarak da yılda 100-110 bin ton civarında kırmızı çamur atılmaktadır. Mevcut durumda üretimi gerçekleşmiyor olsa da tesiste yan ürün olarak alüminyum sülfat üretimi de yapılabilir (Şekil 2.9).

750 bin ton kapasiteli açık boksit stoklarından alınan cevher, Alümina tesisinde silis modülü Al₂O₃/SiO₂: minimum 7 olacak şekilde harmanlanarak, maksimum parça boyutu 400 mm olarak, 1000 tonluk bunkere alınmakta, bunkerden paletli besleyici ve bant konveyör bağlantıları ile çekiçli kırıcı öncesi 25 mm açıklıklı, 1750x3500 cm boyutlu titreşimli eleğe alınmaktadır. Elek üstü ürün ortalama 500 ton/saat kapasiteli ve 400 kW gücündeki çekiçli kırıcıya beslenmektedir. Alt çıkış açıklığı 25 mm'e ayarlı kırıcı çıkışı ürün ile elek altı ürün birleştirilerek, öğütme devresine beslenmek üzere 9000 tonluk 2 adet kapalı ara stok alanına alınmaktadır.

Kapalı stoklardan paletli besleyici, konveyör bant ve triper bant vasıtası ile 900'er tonluk 3 adet siloya alınan cevher, 3 adet disk besleyici ve bant konveyör bant yardımı ile çap 2700x3000 mm'lik (380 kW güç) 3 adet 1. kademe bilyalı değirmenlere beslenmektedir. 1. kademe değirmenlere toplam 37 ton maksimum çapı 100 mm olan ve kompozisyonu aşağıda verilen bilya beslenmektedir (Çizelge 2.1) .



Şekil 2.9 : Alümina tesisi akım şeması.

Çizelge 2.1 : Bilya kompozisyonu.

Bilya Çapı (mm)	Bilya Kompozisyonu (%)
100	28
80	24
60	24
50	24
Toplam	100

Değirmen iç hacminin (15 m^3) %40'ı kadar bilya beslemesinin yapıldığı değirmenlere, 1750 ton öğütme işlemi sonrası çapı 100 mm olan, 1750 kg bilya takviyesi yapılmaktadır. Değirmen beslemesine 230 gr/l Na_2O konsantrasyonunda, yaklaşık 100-120°C'lik kostik çözeltisi, sıvı/katı konsantrasyonu 0,6 olacak şekilde (PKO: %62,5) verilmektedir. Değirmenlerde öğütülen malzeme, çap 4500x3000 mm'lik 3 adet 1 no'lu karıştırıcılı tanka alınmakta, bu tanktan da yedekli 6 adet (100 kW güç) $135 \text{ m}^3/\text{saat}$ kapasiteli pompalar vasıtasıyla, çap 500 mm'lik 12 adet siklon devresine beslenmektedir.

Alt çıkış çapları (apeks) 48 mm olacak şekilde ayarlanan siklonların alt akımları, çap 2700x3000 mm'lik (380 kW güç) 3 adet 2. kademe bilyalı değirmenlere beslenmektedir. 2 kademe değirmenlerin beslemesindeki sıvı/katı konsantrasyonu 0,8-1,0 (PKO: %50-55) aralığında bulunmaktadır. 2. kademe değirmen çıkışları, 1 değirmen çıkışlarının beslendiği 1 nolu karıştırıcılı tanka alınmaktadır. 2. kademe değirmenlere toplam 37 ton maksimum çapı 50 mm olan ve kompozisyonu bilinmeyen bilya beslenmektedir. Değirmen iç hacminin (15 m^3) %40'ı kadar bilya beslemesinin yapıldığı değirmenlere, 1500 ton öğütme işlemi sonrası çapı 100 mm olan, 1750 kg bilya takviyesi yapılmaktadır. 1. kademe siklonların üst akımları, çap 4500x4500 mm'lik 3 adet karıştırıcılı tanka alınmakta, bu tanktan da $200 \text{ m}^3/\text{saat}$ kapasiteli (30 kW) 3 adet pompa vasıtası ile çap 500 mm'lik 12 adet 2. kademe siklon devresine verilmektedir. Alt çıkış çapı 34 mm olan siklonların alt akımları 1 no'lu karıştırıcılı tanka gönderilmektedir. 2. Kademe siklon üst akımları ise alüminyum hidrat üretimi için otoklav bölümüne gönderilmektedir.

Otoklavdaki çözündürme işleminden sonra seperatörler vasıtasıyla kademeli olarak soğutulan ürün, çöktürme tanklarında çamurun çöktürülmesinden sonra 6 adet (çap 32000, hacim 3800 m^3) ters akımlı dekantasyon amaçlı tikinerlerde yıkandıktan sonra, sıvı/katı oranı 2,5 olacak şekilde 6. tikiner alt akımından alınan kırmızı

çamurun sıvısındaki kostik konsantrasyonu 1,5-2,0 gr/l civarında bulunmaktadır. 6. tikiner altında alınan ve pulpta katı oranı ağırlıkça %28-29 olan kırmızı çamur, pompa basma kapasitesini artırmak için katı oranı bir miktar düşürülerek, 3 km uzaklıktaki atık barajına çift kademeli santrifüj pompalar ile (6 adet, 342 m³/saat, yaklaşık 30 kw) basılmaktadır. Eti Alüminyum İşletmesi'nin devreye alındığı 34 yıl boyunca biriken atık miktarının 3,5-4,0 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. 2006 ve 2007 yılları 6. tikiner altı kırmızı çamurların özellikleri aşağıda verilmektedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 : 2006 ve 2007 yılları 6. tikiner altı kırmızı çamurların özellikleri.

Bileşenler	2006 Yılı Değerleri (%)	2007 Yılı Değerleri (%)	Çalışma Değerleri (%)
SiO ₂	17,05	15,67	10-20
Fe ₂ O ₃	38,09	35,81	30-40
Al ₂ O ₃	19,20	20,23	15-20
TiO ₂	4 25	4,47	4-6
CaO	1,92	1,55	1-5
Na ₂ O	9,57	9,53	8-12
S	--	0,19	0-0,5
V ₂ O ₅	0,061	0,083	0-0,1
P ₂ O ₅	0,045	0,031	0-0,2
CO ₂	1,50	1,22	1-5
A.Z (110 ⁰ C)	7,71	8,43	6,5-8,5

Çoğunlukla boksit artığı da denen Eti Alüminyum İşletmesi'ne ait atık barajındaki kırmızı çamur, alüminyum üreten endüstrilerin oluşturduğu bir yan ürün olan demir oksitler nedeniyle genellikle kırmızı renkte olduğundan bu şekilde adlandırılmaktadır. Üretim sürecine giren boksitin yaklaşık %35-40'ı, pH değeri 12-13 civarında olan yüksek iyonik gücü bulunan ve %10-30 oranında katı madde içeren, ana bileşenleri genel olarak demir ve alüminyum oksitler, ikincil bileşenleri ise silisyum, titanyum, sodyum ve kalsiyum oksitler olan bir bulamaç şeklinde atılır. (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 : Eti Alüminyum Alümina tesisine ait kapasite bilgileri.

Kapasite Bilgileri	Birim	Miktar
Kurulu Kapasite	ton/yıl	460.000
Cevher Beslemesi	ton/gün	1400
Alüminyum Hidrat (Al(OH) ₃)	ton/gün	1100
1 ton Al ₂ O ₃ için gerekli (Al(OH) ₃)	ton/gün	1,7
1 ton Alüminyum metali üretmek için gerekli alümina	ton/gün	1,9
Atılan Kırmızı Çamur Miktarı	ton/gün	300-320 ton
Tüketilen Enerji	ton/ kWh	15.000
Enerji Üretimi (2006)	kWh/yıl	1.140.000.000
Enerji Gereksinimi	kWh/yıl	1.200.000.000
Su Gereksinimi	m ³ /saat	750

2.7.1 Kırmızı çamur atık barajının gelişme aşamaları

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri proses sonrasında oluşan kırmızı çamur, sürüklenme suyu ile karıştırılarak I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda depolanmaktadır.

Proses ürünü olan florlu gazların çöktürülmesi ile oluşan kriyolit depolanması için ise Kriyolit Barajı oluşturulmuştur fakat Kriyolit Barajı'na atık suyun iletimini sağlayan borunun kabuklanma ile tıkanması sonucu (kriyolit + su), buraya basılan su kırmızı çamur ile birleştirilerek uzaklaştırılınca mevcut I. Kırmızı Çamur Atık depolama barajının kapasitesinin yetersiz kalmasına, barajın planlanan kapasitesinin üstünde yüklenmesine neden olmuştur. Bunun üzerine kapasiteyi arttırabilmek için Kriyolit Barajı önüne II. Kırmızı Çamur Barajı yapımına başlanmıştır (Şekil 2.10).

Özetle, tesisin katı atıklarının uzaklaştırılması için yapılan bir dizi düzenlemenin I.Kırmızı Çamur Atık Barajı depolama barajının kapasitesinin yetersiz kalarak planlanan kapasitesinin üstünde yüklenmesine neden olmuştur.



Şekil 2.10 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri ve atık depolama barajlarının konumları.

2.7.2 I. Aşama: 1973-1975

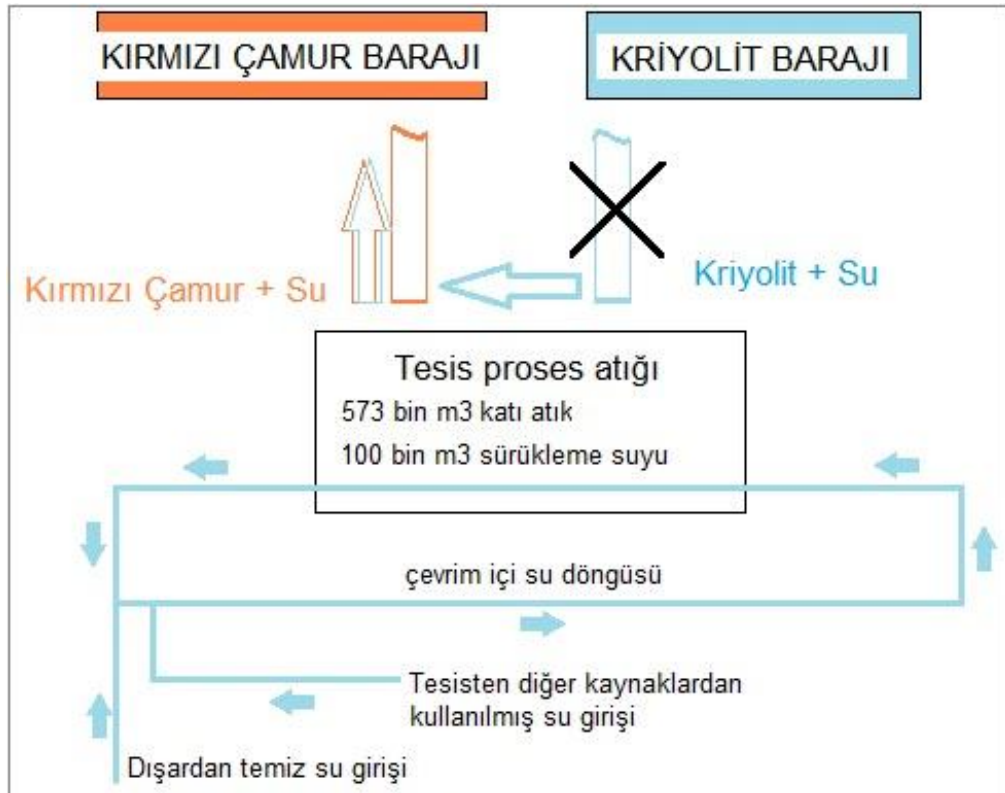
I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın ilk planlanması, baraja gelen katı proses atığı ve su bileşiminin geri dönüşüme uygun olarak proste tekrar kullanılması üzerine yapılmıştır. Bu dönemde kriyolit atık suya karışmadığı ve Kriyolit Barajı'na gönderildiği için I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndaki fazla su süzülme suyu olarak havzaya deşarj edilebilmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 : 1973'de yapılan ilk projelendirmenin su çevrim modeli.

2.7.3 II. Aşama: 1975-1983

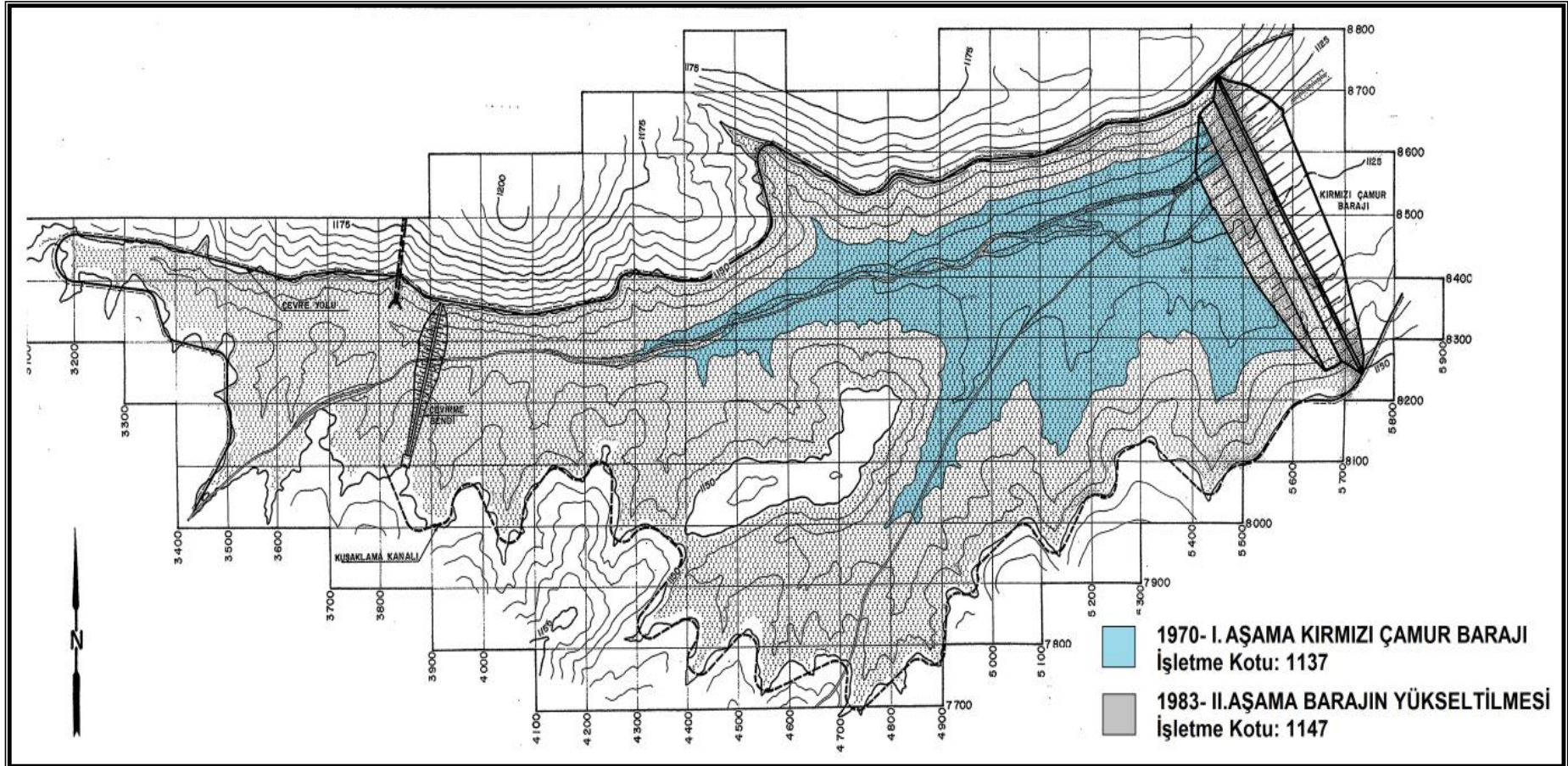
Kriyolit Barajı'na giden atık su kanallarına ait iki adet 30 cm çaplı borunun kabuklanma ile tıkanması sonucu (kriyolit+su) basılan su, kırmızı çamur ile birleştirilerek uzaklaştırılmıştır (Şekil 2.12). I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na giden suya kriyolitın karışması sonucu su proseste tekrar kullanılamadığı için doğrudan temiz su kullanılmış ve temiz su gereksiniminde artış olmuştur. Bu yüzden I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda atık su seviyesi birkaç sene içinde hızla yükselerek barajın planlanan zamandan daha önce yetersiz kalmasına neden olmuştur.



Şekil 2.12 : Kriyolit'in I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na karışmasıyla suyun proseste geri dönüşümle kullanılamaması.

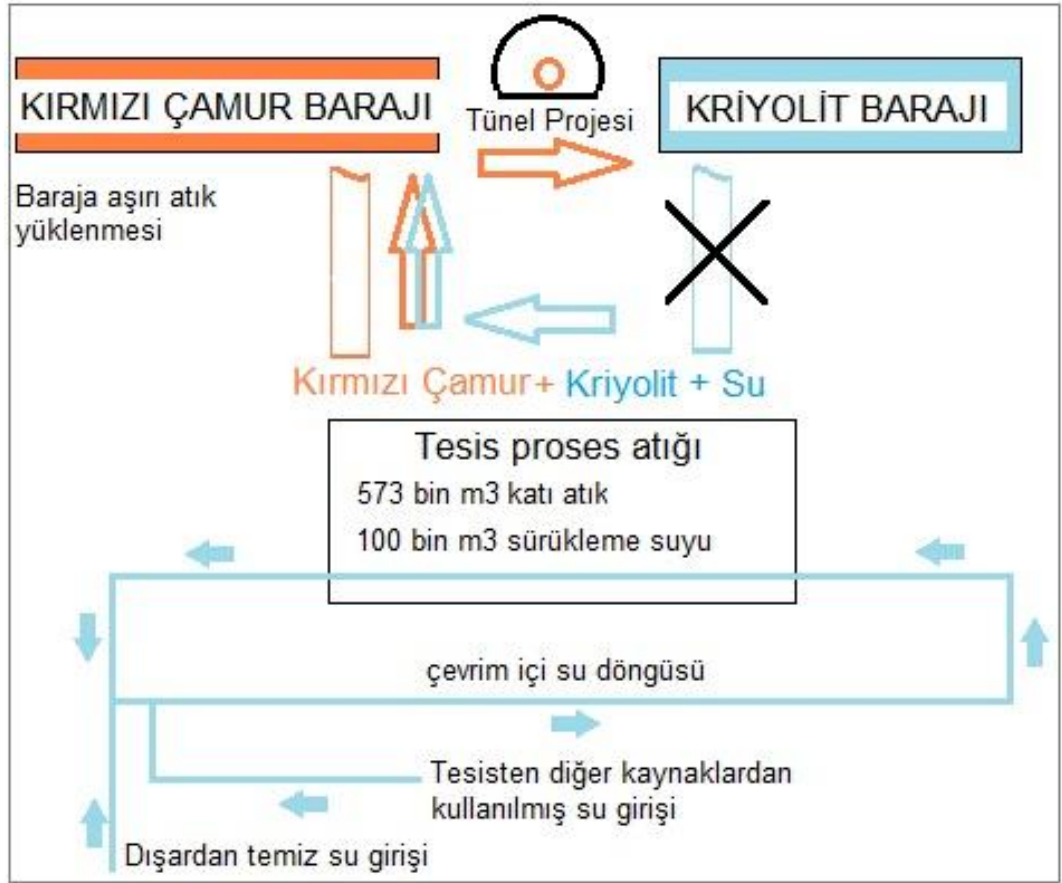
Bunun üzerine 1975'de baraj yükseltme projeleri başlamış ve mansap yükseltilerek kret kotu 1150 işletme kotu 1147 konumuna getirilerek eski drenaj kuşatma kanalı da baraj suyu altında kaldığından yeni kuşatma kanalı projelendirilmiştir (Şekil 2.13).

Memba ve mansap batardolarından oluşan yükseltme projesinde, membadan gelen suyun havza dışına taşınmasını ve memba batardosu sağ yamacına oturtulmuş olan dolu savaktan membaya dönen suyun serbest akışını sağlayacak bir tünel yapılmıştır. Bu tünelden, Kriyolit Barajı'na fazla atık suyun yönlendirilebilmesi için sonraki aşamalarda yararlanılmıştır.



Şekil 2.13 : Kirmizi Çamur Atık Barajı'nın ilk durumu ve yükseltmeden sonraki durumu.

Kirlenmiş atık suyun Kriyolit Barajı'na depolanmasını sağlamak ve hacim kazanmak için dolu savak 1 m kadar yükseltilmiştir. 300'lük bir emiş borusu ve pompa sistemiyle alınan su, tünel içinden geçirilerek Kriyolit Barajı'na taşınmıştır (Şekil 2.14). Ancak su sisteme geri döndürülemediğinden barajlarda hızla su miktarı artmaya devam etmiş, sorun giderek büyümüş, taşma ve sızma suları havzada gözlemlenir hale gelmiştir. Su, sızdırmazlık seviyesini aştığından yer altına kaçmış ve dolu savaktan atıksu dışa taşmıştır.



Şekil 2.14 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı fazla suyunun Kriyolit Barajı'na yönlendirilmesi.

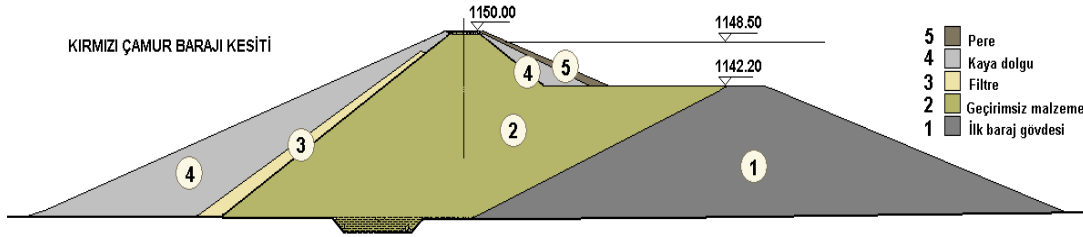
2.7.4 III. Aşama

Kriyolit karışmasından dolayı bileşimi geri dönüşüme uygun olmayan suyun hem I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda hem de Kriyolit Barajı'nda birikmesiyle her iki barajın su işletme kotları dolduğu için Kriyolit Barajı önüne II. Kırmızı Çamur Atık Barajı projesi başlatılmıştır fakat II. Kırmızı Çamur Atık Barajı arazisi travertenler ve karstik yapı nedeniyle su tutma bakımından sorunludur (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 : Kriyolit ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajları'nın konumu.

Artan depolama ihtiyacı ve atık suyun deşarjı amacıyla işletme tarafından önlem olarak suyun dışarı sızmasını durdurabilmek için memba ve mansap seddelerinin filtre zonları geçirimsiz hale getirilmiş ve gövde üzerinden atıklar çöktürülerek dolma işlemi ile geçirimsizliği sağlamıştır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın yükseltme sonrası kesiti.

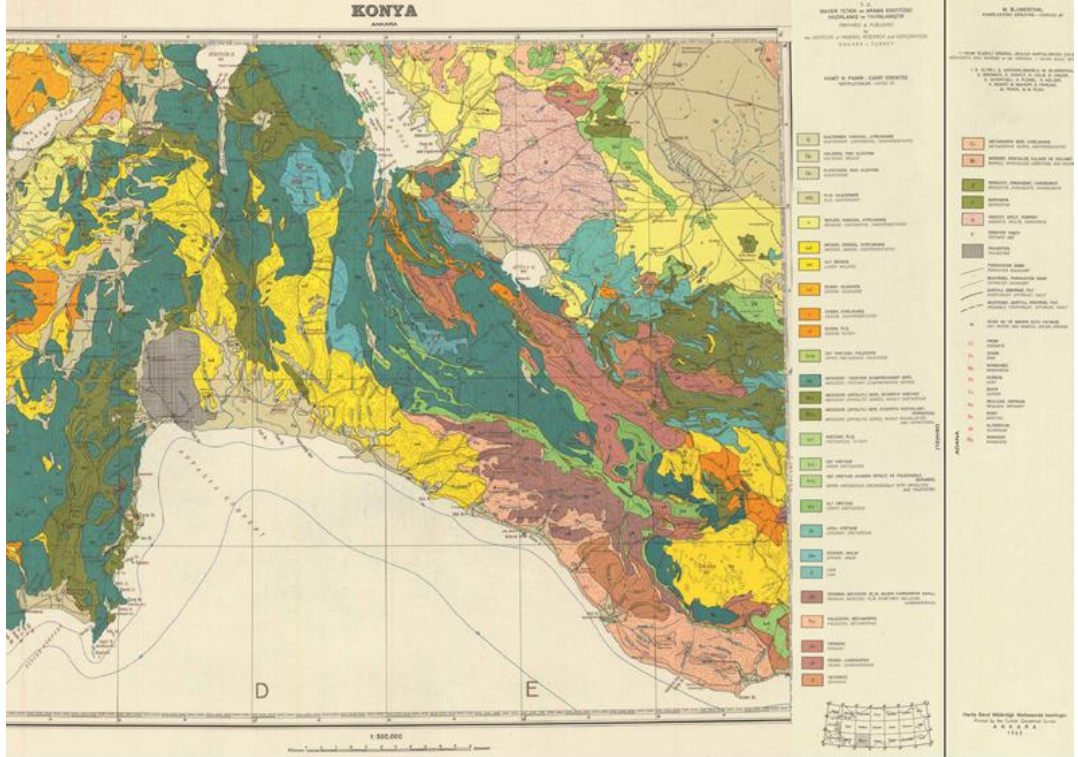
2.7.5 IV. Aşama: I. Kırmızı çamur atık barajının mevcut durumu

I. Kırmızı Çamur Atık Barajına, Alümina Fabrikası kırmızı çamur yıkama bölümü 6. yıkayıcı altı suları gönderilmektedir. Kırmızı Çamur Barajı'na gönderilen çözeltilerin içindeki katı kısımlar zaman içinde barajda çökelerek depolanırken üst kısımda kalan sıvı çözelti çamuru sulandırmak amaçlı kullanılmaktadır. Atık barajı alüminyum üretim tesislerine 3 km uzaklıkta 9 milyon m³ kapasiteli olup, Devlet Su İşleri ve Eti Alüminyum iş birliği ile çevreye, çevre ve yer altı sularına sızdırma yapmayacak şekilde tabanı, kenarları ve seddesinde sıkıştırılmış kil dolgu malzeme kullanılarak sızdırmazlık özelliği kazandırılmıştır. Barajın etrafı çitle çevrilmiş ve yağmur sularını toplayan bir drenaj sistemi oluşturulmuştur. Barajın tek yönüne betonarme set çekilerek doğal bir gölet yapısına sahip olması sağlanmıştır. Aşırı dolma durumlarında pompalarla by-pass amaçlı ikinci baraja takviye yapılmaktadır.

3. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJLARI VE ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ

3.1 Jeolojik Evrim

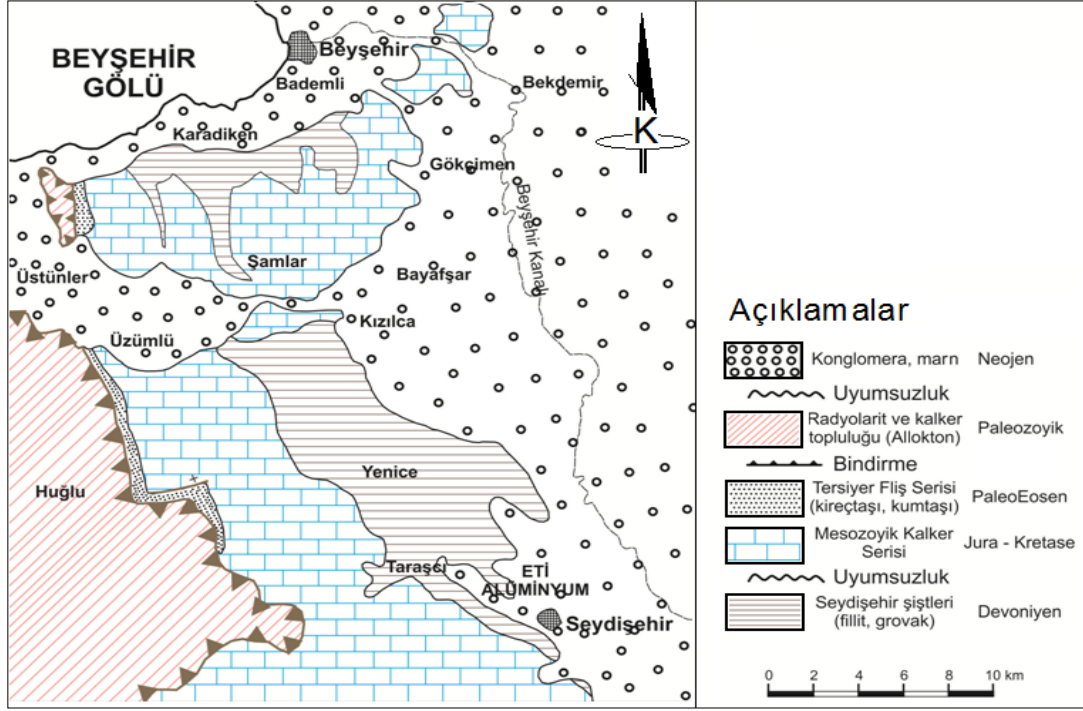
Seydişehir, Konya bölgesinde jeolojik yapısı çeşitli zamanlarda iyi etüd edilmiş bir bölgedir. Maden Tetkik Arama Kurumu'nun hazırladığı 1:500.000 ölçekli Konya bölgesi jeolojik haritası aşağıda verilmektedir (MTA, 1963) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Konya Bölgesinin açıklamalı jeoloji haritası (MTA, 1963).

Şeydişehir kuzeybatıda Eğridir gölünden, güneydoğuda Alanya'ya kadar uzanan, genişliği en fazla 100 km uzunluğu ise 250 km olan Batı Toros kuşağı içerisinde yer alır. Bölgedeki otokton temel üzerinde allokton birimler bulunur. Allokton ve otokton birimler ise post tektonik kırıntılılarla örtülüdür. Otokton temel kayalar (Özgül, 1997), Seydişehir çevresinde ince tabakalı, açık kahve grovaklar ve killi şistler (fillit, fillat) olarak izlenir. Bu kayaların üzerinde uyumsuz olarak Mesozoyik kalker serisi gelir.

Serinin Triyas ve Jura yaşı kayaçları, mavimsi-gri kalın katmanlı kireçtaşları, Kretase yaşı kayaçları ise km ölçeğinde kalınlığa sahip oldukça düzgün katmanlı kireçtaşlarından oluşur. Kretase yaşı karbonatlı kayaç olan kireçtaşları seride yaygın yayılım sunar. Serinin üzerinde Paleosen-Eosen yaşı fliş ortam çökeli olan sedimanlar gelir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : İnceleme alanı ve yakın dolayının jeoloji haritası (Oliver, 1966 ve Öztürk ve Hanılçı, 1999'dan yararlanılarak çizilmiştir).

3.2 Yapısal Jeoloji

Orta Toroslar Post Eosen dönemde, olasılı Üst Eosen-Alt Oligosen, Langiyen, Üst Tortoniyen ve Üst Pliyosen (Gelasiyen)'den günümüze olmak üzere dört ayrı sıkışma döneminin etkisinde kalmıştır. Üst Eosen-Alt Oligosen sıkışma döneminde, yanal ve normal atımları olan benzer karakterdeki Ecemiş ve Beyşehir fayları gelişmiştir. Bu faylar K-G doğrultuda bir sıkışmayla türemişlerdir. Langiyen sıkışma döneminde, Lisiyen napları kuzeybatıdan güneydoğuya doğru taşınarak yerleşmiş ve bu sıradaki tektonikten, Antalya Miyosen havzası ile Adana Miyosen havzası da kısmen etkilenmiştir. Üst Tortoniyen sıkışma döneminde, önce D-KD ile B-GB doğrultusunda sıkışmayla Aksu bindirmesi, Kırkkavak oblik ters fayı, Köprüçay senklinali, Beşkonak antiklinali, Radyoring antiklinali, Taşağıl senklinali ve Kargı ters fayları oluşmuştur. İzleyen ileri evrede sıkışma K-G yönüne dönmüş ve buna

bağlı olarak da Çakallar kıvrımları, Gökçeler normal fayı, Mut-Karaman'daki yayvan antiklinal ve Ulukışla'daki senklinal oluşmuştur. Üst Pliyosen'den günümüze olan sıkışma döneminde de, mezoskopik faylarla tanınabilen D-B doğrultusundaki sıkışma zonları gelişmiş ve ileri evrede sıkışmanın K-G yönüne dönmesiyle Gökçeler ile Ecemiş fayı üzerindeki diri faylar ve Antalya körfezi grabeni gelişmiştir.

3.2.1 Bölgenin genel yapısal özellikleri

Orta Toroslar farklı stratigrafik, litolojik, tektonik ve metamorfik özellikler sunabilen değişik birliklerden oluşmuştur. Bunlardan otokton durumunda olan Geyikdağı birliği (Özgül, 1976), Infra-Kambriyenden (Dumont, 1976) Eosene (Özgül, 1976; Monod, 1977) kadar değişen kaya stratigrafik birimlerini kapsamaktadır. Diğer yandan Beydağları otokton kayalar genellikle platform özellikli karbonatlardan oluşup, Jurasikten Miyosene kadar olan kayaları kapsar (Poisson, 1977).

Bu iki otokton arasında kalan Antalya napları ise çoğunluğu derin deniz karakterli çökeller olup, yukarıda değinilen iki otokton arasındaki havzadan türeyerek yerleşmiştir (Poisson ve diğerleri, 1984).

Geyikdağı birliği ile Alanya metamorfikleri arasında kalan Antalya napları ise bu iki tektonik birliğin arasındaki havzadan türemiştir (Özgül, 1984). Lisiyen napları kuzeybatıdan güneydoğuya doğru taşınarak Miyosen'de yerleşmiştir (Poisson, 1977). Devoniyenden Üst Kretase'ye kadar yaştaki kayaları kapsayan Hadım napı (Monod, 1977; Özgül, 1976) ile Bolkardağı birliği (Özgül, 1976; Demirtaşlı, 1983) üzerine Triyas–Kretase yaşındaki pelajik kireçtaşlarından oluşan Bozkır birliği, Beyşehir Hoyran napları ve ofiyolitik kayalardan oluşan ofiyolit napı Üst Kretase'de yerleşmiştir (Özgül, 1984; Tekeli ve diğerleri, 1984; Demirtaşlı ve diğerleri, 1984). Daha sonra bu dört birlik, yeniden taşınarak, Üst Lütasiyen–Alt Priyaboniyen (Orta–Üst Eosen) de Geyikdağı birliği üzerine yerleşmiştir (Özgül, 1976; Monod, 1977) (Şekil 3.3). Yüksek derecede metamorfik Niğde masifi ise Paleozoyik'den Mesozoyik'e varan yaştaki kayaç topluluklarından oluşmuştur (Göncüoğlu, 1981). Ecemiş fayının doğusu, ofiyolit napı ve Devoniyen'den Kretase'ye kadar yaşta kayaları kapsayan Aladağ naplarından oluşmuştur (Tekeli ve diğerleri, 1984).

Aladağlar'da ince, volkanitsiz Lütésiyen (Alt-Orta Eosen) çökelleri transgresif olarak temel üzerine oturmaktadır (Yetiş, 1984). Diğer yandan Ecemiş fayının batısında, doğusundaki Lütésiyen çökellerinin havzasal karakterine hiç benzemeyen, kalın, yaygın volkanitli Üst Mestrihtiyen (Üst Kretase)-Orta Eosen yaşında volkanotortullar bulunmaktadır (Oktay, 1982; Demirtaşlı ve diğerleri, 1984). Ayrıca, Ulukışla havzasının güneyinde, Bolkardağı birliği kuzeye doğru, Paleosen-Alt Eosen çökelleri üzerine bindirmiş, bunu da Üst Lütésiyen çökelleri kapak olarak örtmüştür (Demirtaşlı ve diğerleri, 1984).

3.2.2 Post eosen tektonik özellikler

Orta Toroslar, Üst Eosen-Oligosen, Langiyen (Orta Miyosen), Üst Tortoniyen (Orta-Üst Miyosen) ve Üst Pliyosen dönemi olmak üzere dört ayrı sıkışma sisteminden etkilenmiştir. Üst Eosen-Oligosen sıkışma döneminde Beyşehir fayı ve Ecemiş fayı önemli derecede hareket etmiştir.

Bölgede, Üst Oligosen-Miyosen havzasının öncesinde açılıp kapandığını gösteren, başka bir Oligosen havzasının çökellerine rastlanmaması, bu sıkışma dönemi sırasında bölgenin bir yükselim şeklinde kaldığını gösterir. Langiyen döneminde Lisiyen napı (bindirmesi) ve Davraz dağı bindirmesi gelişmiş ve bunları da Tortoniyen çökelleri örtmüştür. Üst Tortoniyen döneminde tüm bölge, yoğun bir sıkışma rejiminden etkilenerek, önemli yapısal unsurlar kazanmıştır. Sıkışma döneminin sonrasında yapısal unsurlar Antalya Neojen havzasının Üst Messiniyen (Üst Miyosen)-Pliyosen çökelleri ile örtülmüştür. Üst Pliyosen'den günümüze sıkışma dönemi daha çok mezoskopik faylara göre tanınabilmekte olup, tüm Orta Toroslar'ı kapsayacak şekilde etkinliği zayıf olmuştur. Orta Toros tektonik kuşağı içerisinde Seydişehir çevresindeki önemli yapısal unsurlar Beyşehir fayı ile Lisiyen napıdır.

3.2.2.1 Beyşehir fayı

Orta Toroslar'da Beyşehir'den Taşkent-Mut'a kadar uzanan Beyşehir fayı, Üst Eosen-Alt Oligosen sıkışma döneminin önemli bir yapısal unsurudur. Beyşehir yöresinde, allokon litolojilerle otokon litolojileri yan yana getiren Beyşehir fayı 1:500.000 ölçekli Konya jeoloji haritasında, Seydişehir'in 10 km kuzeyinde, Bostandere'nin yanında Bozkır birliğinin (Özgül, 1976) Dogger-Malm harita birimi ile Mesozoyik yaşta pelajik kireçtaşı yeşil volkanitler ile Seydişehir'in güneyindeki otokon birimlerin arasından geçer. Ayrıca, Bozkır-Hadım-Taşkent'in güneyinden geçen ve

kuzeydoğu bloğu çökmüş normal fay da Beyşehir fayının uzantısıdır. Beyşehir yöresinde faydaki önemli normal atım, Otoktonun Eosen çökelleri üzerine yerleşmiş naplarla (Monod, 1977), Otoktonun Ordovisiyen çökellerini neredeyse yan yana getirmiştir. Doğrultu atım bileşeni de olan fay Beyşehir yöresinde, Üst Lütisiyen-Alt Priyaboniye'de Beyşehir-Hoyran naplarının yerleşmesinden (Monod, 1977) sonra gelişmiş ve otokton ile alloktonları normal atımla yan yana getirmiş, Üst Pliyosen çökelleri (Blumenthal, 1947) tarafından örtülmüştür (Akay, 1981). Buna göre fay üst Eosen sırasında/sonrasında ve Üst Pliyosen öncesinde gelişmiştir. Fay, 1:500.000 ölçekli Konya jeoloji haritasında, Taşkent'in 14 km güneydoğusunda görülen Miyosen kireçtaşı tarafından da örtülmektedir. Miyosen çökellerinin asıl yaşı daha güneyde çalışan Gedik ve diğerleri (1979) tarafından Langiye-Serravaliye olarak saptanmıştır. O halde fay bu yörede Langiye öncesinde gelişmiştir.

Sonuç olarak, Beyşehir'den Taşkent'e kadar uzanan fay, Üst Lütisiyen-Alt Priyaboniye sonrasında Langiye öncesinde oluşmuştur. En azından 4 km'lik bir yanal atıma sahip olup, kuzeydoğu bloğu önemli miktarda alçalmıştır.

3.2.2.2 Lütisiyen napları bindirmesi

Lütisiyen napları, Isparta yöresinde, kuzeybatıdan güneydoğuya doğru taşınarak Beydağları ve Antalya napları üzerine yerleşmiş ve daha sonra da Tortoniye tabakaları tarafından transgresif olarak örtülmüştür (Gutnic ve diğerleri, 1979).

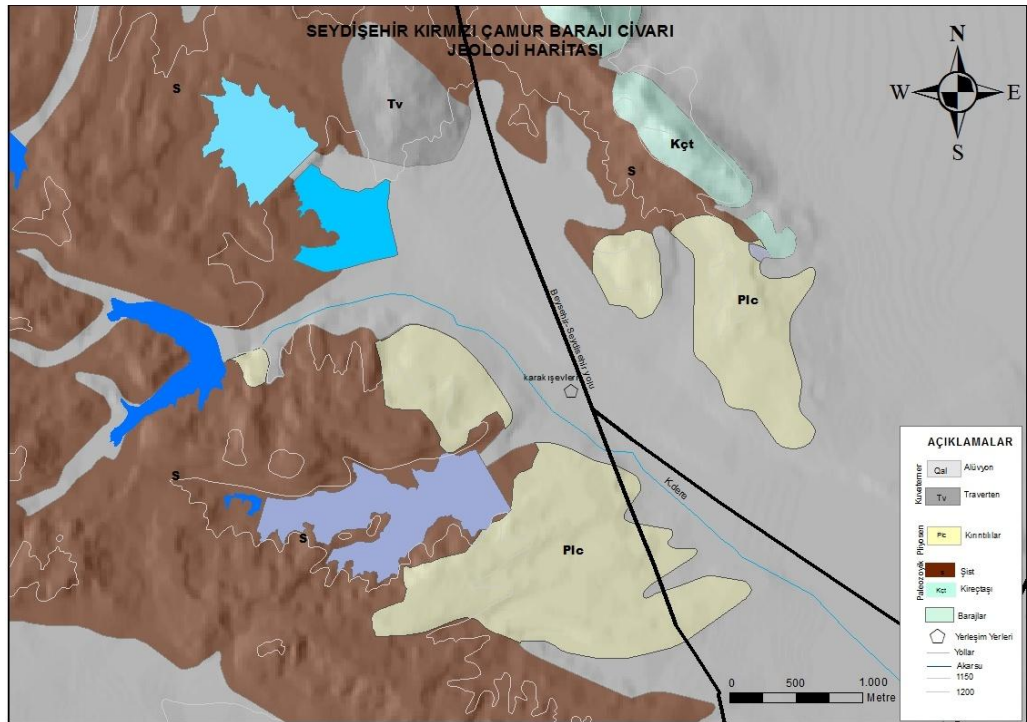
Aksu bindirmesi de Kargı-Çukur-Davraz güneyi ve Isparta yöresinden geçer ve kuzeybatıdan gelen Lisiye naplarının bindirmesiyle gelişmiştir. Yani Davraz dağı kısmen, Lisiye naplarıyla birlikte taşınarak Beydağları Miyosen havzasının (Akay ve diğerleri, 1985) Langiye çökelleri (Poisson, 1977) üzerine yerleşmiştir.

Sonuç olarak, Lütisiyen napları ile kısmen Davraz dağı çökelleri, birlikte kuzeybatıdan güneydoğuya doğru taşınarak Beydağları Miyosen havzası çökelleri (Akay ve diğerleri, 1985) üzerine Langiye'de (Poisson, 1977) yerleşmiştir.

4. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM İŞLETMESİ I. KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI VE DOLAYININ MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

4.1 Stratigrafi

Çalışma alanının temel kayacını Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı, kalınlığı 1000-1200 m arasında değişen, gri-yeşil şisti özellikte kilitaşı-şeyl ardalınamalı Seydişehir Formasyonu oluşturur. Yönelimi KB ve eğimi 20°-30° GB olan topoğrafya yüzeyinden 3 m kalınlığındaki ayrılmış kısmı hariç genellikle sıkı dokulu ayrılmamış şisti kayac içeren Seydişehir Formasyonu üzerine, açısal uyumsuzluk ile Pliyosen-Mesozoik yaşlı, kalınlığı 15-20 m olan çakıllı kumlu siltli kilden oluşan Pınarbaşı Formasyonu gelir. Bu litolojik seviyenin üzerinde II. Kırmızı Baraj yerinin kuzey ve kuzeydoğusunda kalınlığı 20 m olan traverten ve kalker tüfünden oluşan killi karbonatlı istif bulunur. Stratigrafik istiflenmenin en üst seviyesini Kuvaterner yaşlı, kalınlığı 0,5-1,2 m olan alüvyon çökeller ile 0,4-0,6 m kalınlığındaki bitkisel toprak oluşturur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Seydişehir I. Kırmızı Çamur Atık Barajı civarı jeolojî haritası.

4.1.1 Seydişehir formasyonu

Seydişehir Formasyonu boz, devetüyü, sarımtırak yeşil renkli, kıltaşı şeyl ardalanması, ince tabakalı laminalı, çapraz tabakalanmalı, kuvars damarlı, miltaşı ve şeyl ardalanmasından oluşur. Kuvars vake türü kayaları kapsayan Seydişehir Formasyonu, değişik oranda kuvars tanesi, muskovit serizit, albit şeklinde feldispat, %1,2 turmalin veya zirkon içerikli opak tane, %10'dan fazla serizitleşmiş ve kloritleşmiş kil hamuru bulundurur. Kuvars taneleri 30-50 mikron boyunda iyi boylanmış büyüme gösterirken opak taneler de iyi yuvarlanmıştır. Alt sınır şeylerle dereceli geçişlidir (Şekil 4.2).

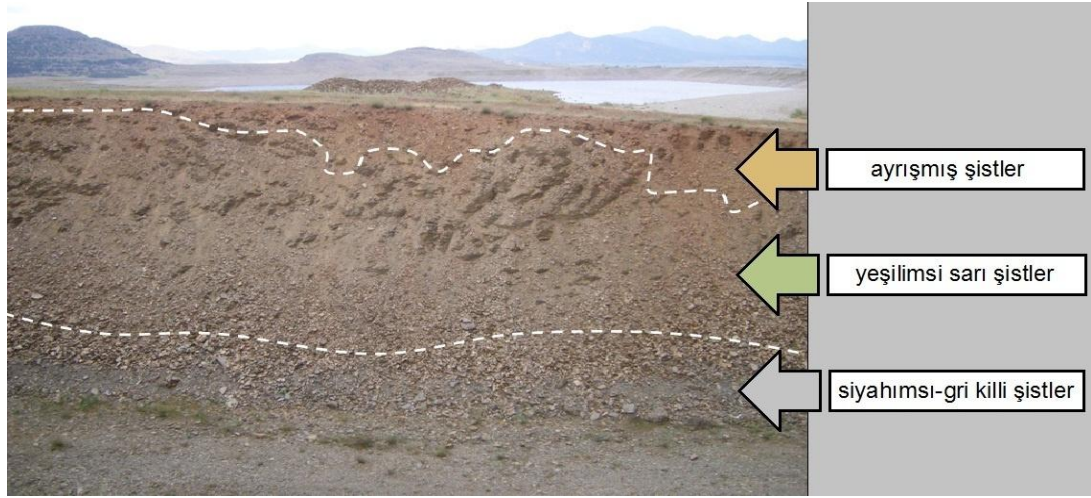


Şekil 4.2 : Seydişehir Formasyonu şist ve kuvarsvake birlikteliği.

- Şeyl (Miltaşı ve pek az kireçtaşı ara katkılı): Mor yeşilimsi kül rengi kırılğan kuvars damarlıdır. Başlıca kuvars vake türü kayaları içeren şeyller, %50-80 arasında değişen oranlarda boyutları 20-40 mikron arası olan kuvars taneleri, pek az feldispat, %1 zirkon, turmalin veya hematit içerikli opak tane ve %10'dan fazla oranda hamur bulundurur. Başlangıçta kil olan hamur, serizitleşme ve kloritleşme gösterir. İnce tabakalı kireçtaşı ara katkılıdır.
- Kuvarsit (Kuvars Arenit): Formasyon'un en alt birimidir. Açık yeşil, kül rengi, laminalı, çapraz tabakalı, şeyl arakatlı ve kuvars damarlıdır. Başlıca taneleri 40-50 mikron boyutunda iyi boylanmış, yuvarlanmışkuvars, az serizit, %1 oranında opak tane kapsar.

Kalınlığı 1000-1200 m arasında değişen Seydişehir Formasyonun yaşı Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen'dir. Stratigrafik olarak üzerine açısız uyumsuzluk ile Mesozoik yaşlı Pınarbaşı Formasyonu gelmektedir.

Şistlerin üzerinde iç ve dış kuvvetlerin etkisiyle gelişen ve yüzeyden itibaren kalınlığı 2 m'ye kadar ulaşabilen bir ayrışma zonu bulunur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Seydişehir Formasyonu şistlerinin farklı seviyeleri ve ayrışmış kesimi.

Seydişehir Formasyonu tabanda şistozite düzlemleri gösteren siyahımsı-gri renkli killi şistler ve onun üzerinde geçişli olarak belirgin şistoziteli ve kıvrımlı yeşilimsi sarı şistler ile temsil edilmektedir. Siyahımsı gri şistler yeşil şistlere oranla daha masif ve daha dayanımlıdır (Şekil 4.4). Her iki şist içerisinde kalınlığı 2-20 cm arasında değişen meta kumtaşı (Kuarsit) ara katmanları ve süt kuvars damarları bulunmaktadır.

Şistler içerisinde %5 ile %40 arasında değişen oranlarda yer alan meta kumtaşları boz, devetüyü, sarımtırak yeşil renkli, ince ve çapraz tabakalı, laminalı, çatlakları kuvars damarlı kıltaşı-şeyl ardalanmasından oluşur. Şisti özellikteki bu birim içinde bazen kuvars vake türü kayaçlar da bulunur. Formasyonu oluşturan kayaçlar hacimce %10'dan fazla olan serizitleşmiş ve kloritleşmiş kil hamur içinde değişik oranlarda 30-50 mikron boyunda iyi boylanmış kuvars ile muskovit, serizit, feldispat (Albit) ve %1 oranında iyi yuvarlanmış turmalin, zirkon tipi opak mineraller içerir.

Formasyonun tabanı, içerisinde az serizit ve %1 oranında opak tane içeren kuvarsitler ile başlar ve kuvars damarlı masif ve dayanıklı, kısmen şistozite düzlemlili siyahımsı-gri killi şistler ile devam eder. Taban seviyenin üzerinde bol şistozite düzlemlili yeşilimsi sarı şistler, siyahımsı-gri killi şistler ile geçişli olarak bulunur. Her iki şisti seviye içerisinde hacimce %5-%40 oranında, 2-20 cm kalınlıklı meta kumtaşı (kuarsit) ara katmanları ile kuvars damarları gözlenir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Siyahımsı gri ve yeşilimsi sarı şistler içerisinde meta kumtaşları.

Kalınlığı 1000-1200 m arasında değişen, Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı formasyonun stratigrafik olarak üzerine açısız uyumsuzluk ile Mesozoik yaşlı Pınarbaşı Formasyonu gelmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Seydişehir Formasyonu üzerinde açısız uyumsuz bulunan Pınarbaşı Formasyonu.

4.1.2 Pınarbaşı formasyonu

Pliyosen-Mesozoik yaşlı, kalınlığı 20 m olan konglomeratik görünümlü çakıllı kumlu siltli kilden oluşan Pınarbaşı Formasyonu kırmızı tutturulmamış veya çok az çimentolu çökel ortamdır. I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın her iki sahilinde Seydişehir Formasyonu üzerinde açısız uyumsuzluk ile yerleşmiş olan birim, kırmızı atık barajı çevresindeki şistlere göre daha geçirimli bir ortam oluştururken içerisindeki killerin hacimce yüksek oranda olması nedeniyle yeter düzeyde geçirimsizliği sağlamaya elverişlidir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Pınarbaşı Formasyonu genel görünümü.

4.1.3 Traverten ve kalker tüfü

Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi II. Kırmızı Çamur Barajı sol sahilinde bir traverten tepesi yer almaktadır (Şekil 4.7). Gözenekli ve erime boşluklu yapılarından dolayı su tutma açısından sorun oluşturan travertenlerin masif olanları bölgede doğal yapı taşı olarak işletilmektedir. Zaman zaman sıcak su boşalımının olduğu tepede traverten oluşumları günümüzde de devam etmektedir.



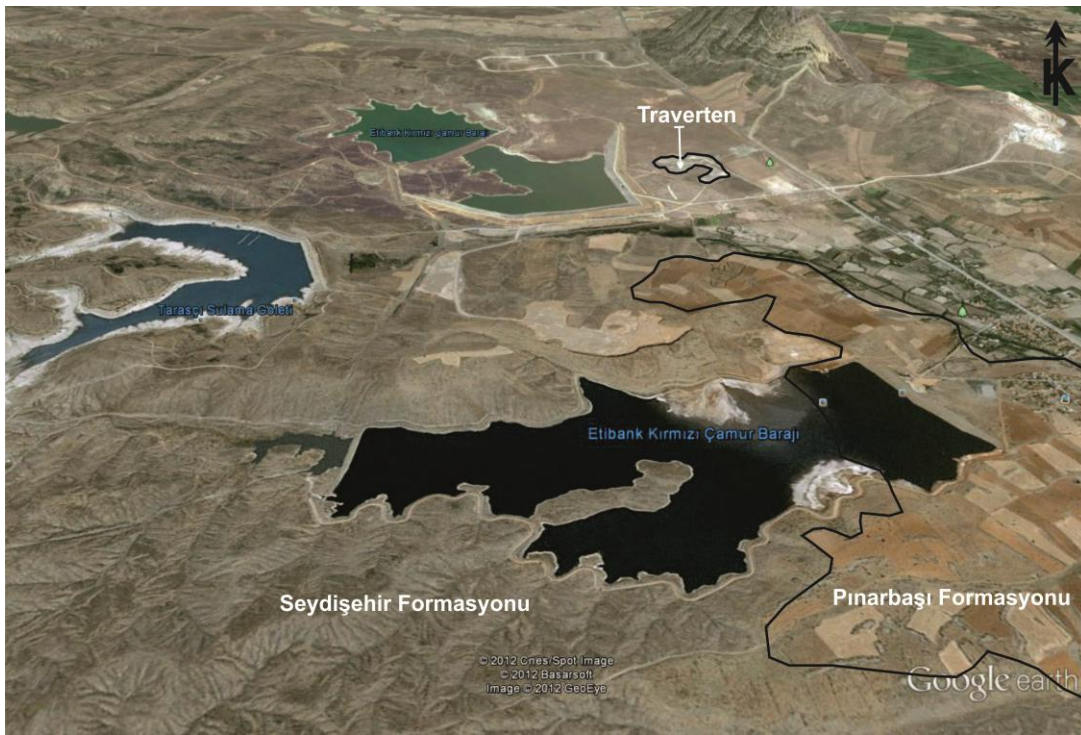
Şekil 4.7 : II. Kırmızı Çamur Barajı çevresinde yüzeyleyen travertenler.

Bu tepeden yayılan sıcak sulardan ortam koşullarına bağlı olarak çökelen beyaz ve bej travertenler baraj gölü sol sahilinde ve mansabında temel kaya üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. İncelenen I. Kırmızı Çamur Baraj eksen yeri ve göl alanında bu birimle karşılaşılmaz.

4.1.4 Eski ve yeni alüvyonlar

İnceleme alanında dere yatakları ile topoğrafik düşük kotlarda şistlerin ayrışması sonucu oluşan kil-kum boyutunda ve 50-200 cm kalınlığında güncel alüvyonlar ile eski alüvyonlar bulunur. Alüvyonlar gerek yayılım alanlarının dar olması gerekse altında çoğunlukla şisti kayaçların bulunması nedeniyle bitkisel toprak görünümündedir. Benzer malzemenin yamaçlarda yüzeylemiş kesimleri 10-30 cm kalınlıktaki yamaç molozunu oluşturur.

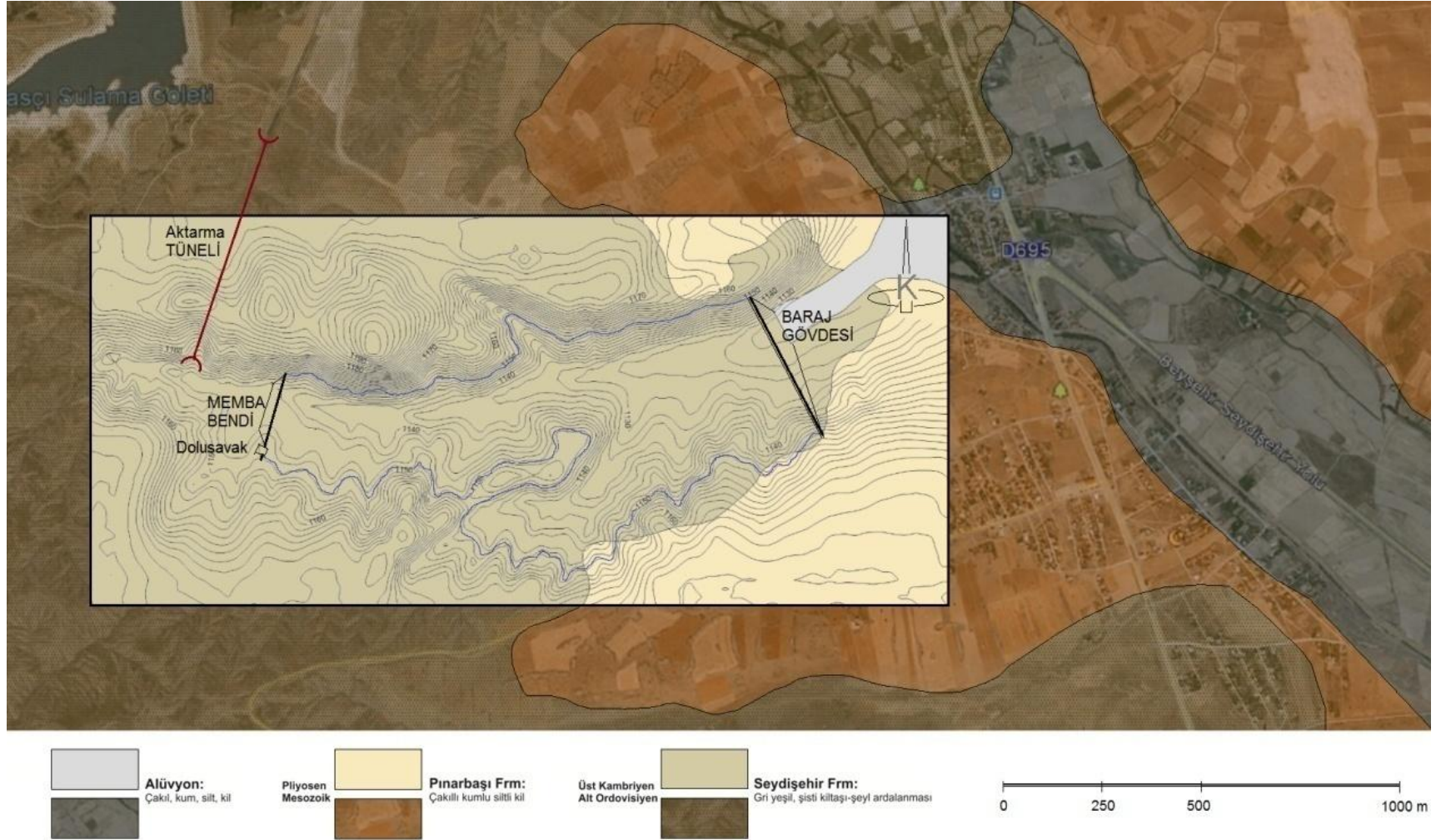
Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı, Kriyolit Barajı, II. Kırmızı Çamur Atık Barajı ile çevresindeki jeolojik birimlerin ilişkisi Şekil 4.8 ile gösterilmektedir.



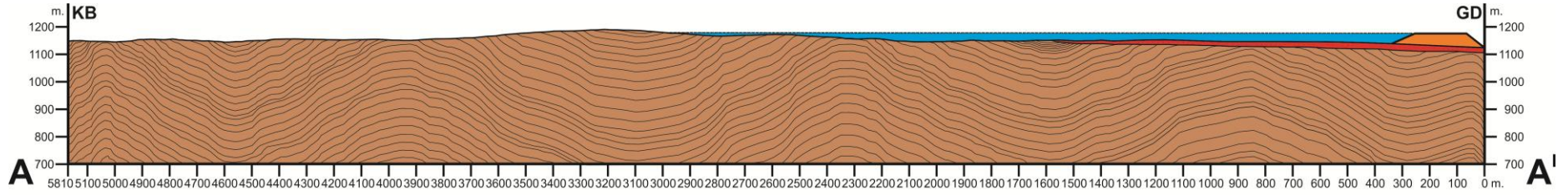
Şekil 4.8 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Barajı çevresindeki jeolojik birimlerin yayılımı.

4.2 I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın Mühendislik Jeolojisi

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevresinde Seydişehir ve Pınarbaşı Formasyonları yüzeylemektedir. I. Kırmızı Çamur Atık Barajının 1/5000 ölçekte jeoloji haritası Şekil 4.9 ile bu harita üzerinde alınmış jeolojik kesit ise Şekil 4.10 ile gösterilmektedir.



Şekil 4.9 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevresinin jeoloji haritası.



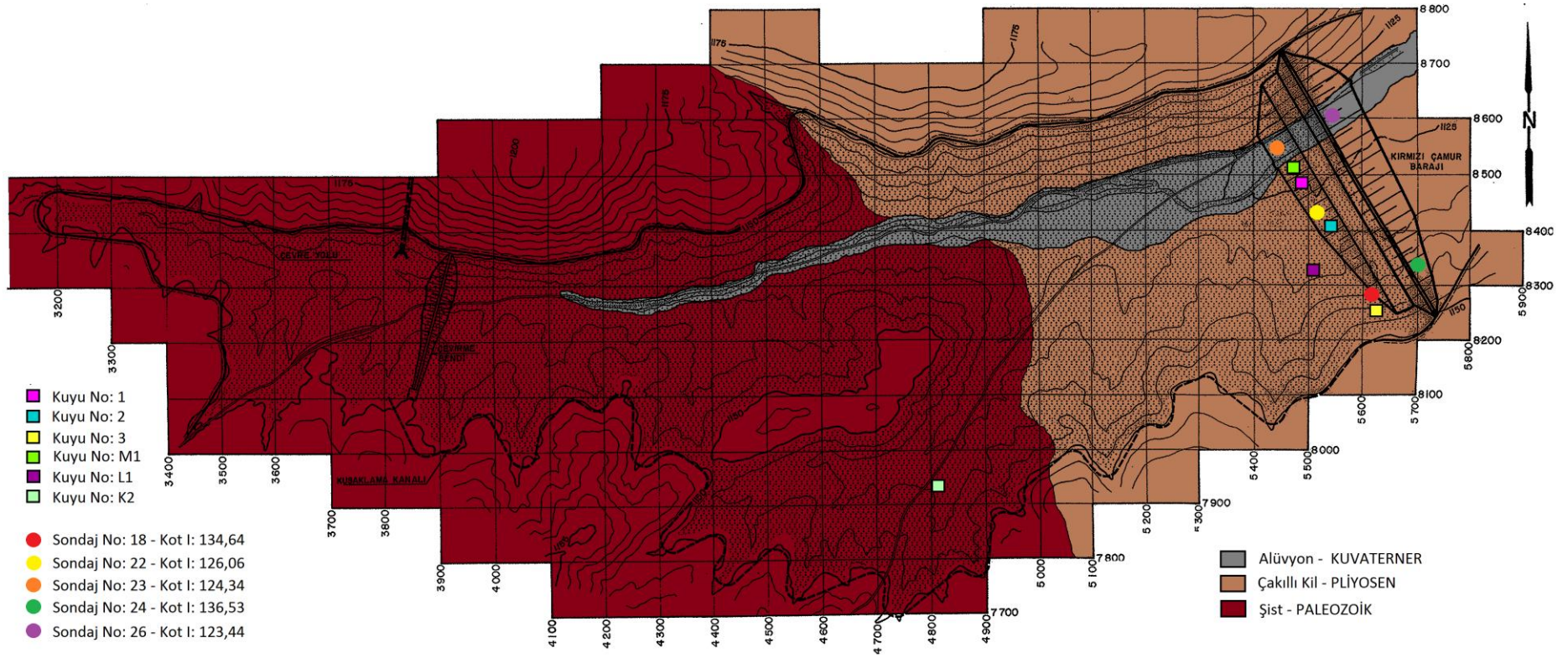
AÇIKLAMALAR

-  I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve Göl Alanı
-  Pınarbaşı Formasyonu, Pliyosen - Mesozoik
-  Seydişehir Formasyonu, Üst Kambriyen - Alt Ordovisiyen

Şekil 4.10 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı jeolojik kesiti.

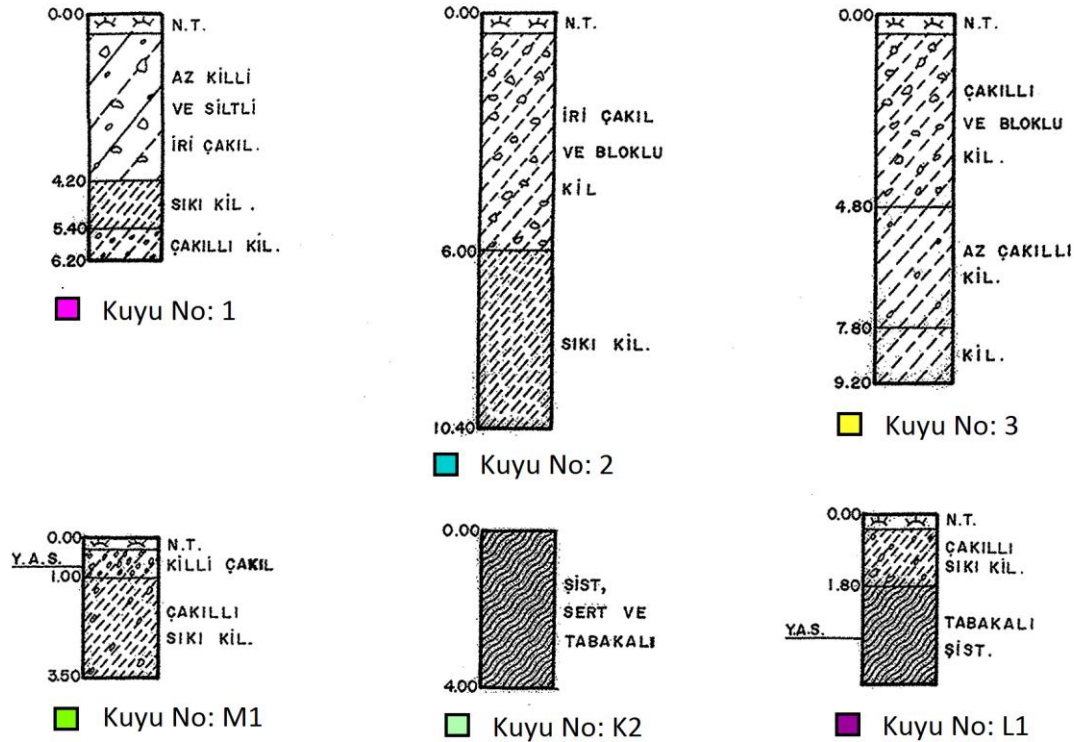
4.2.1 Baraj eksen yeri ve göl alanı mühendislik jeolojisi

Yükseltmiş 1150 kret kotlu I. Kırmızı Çamur Atık Barajı eksen yeri mühendislik jeolojisi çalışmaları için Temelsu Mühendislik Adi Komandit Şirketi'nin 01/07/1975 tarihli "Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Jeoloji ve Malzeme" paftasında (Şekil B) yer alan baraj göl alanı jeoloji haritası tekrar çizilerek (Şekil 4.11), paftadaki sondaj verileri (Şekil A) ve araştırma kuyularına ait bilgiler kullanılmıştır.



Şekil 4.11 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı eksen yeri ve göl alanının jeoloji haritası ve araştırma kuyusu lokasyonları (Temelsu, 1975).

Baraj ekseninde ve göl alanında açılan araştırma kuyularına göre; baraj aksında temel kaya Seydişehir Formasyonuna ait şistlerden oluşmaktadır. Baraj eksen yeri ve göl alanının önemli bir kesiminde temel kaya üzerinde Pınarbaşı Formasyonuna ait gevşek çökeller yer almaktadır. Birimin eksen yerindeki en yüksek kalınlığı 6 m olup 2 nolu kuyuda delinmiştir. Özellikle eksen yeri sağ sahilinde ve göl alanında yüzeyleyen bu zayıf tutturulmuş birimin kil bileşeni yüksektir. Derenin güncel yatağında ise dar bir şerit olarak alüvyon yer almaktadır. Barajın sağ sahilinde yüzeyleyen Pliyosen çökellerinde, vadi tabanına yakın kesimlerde görülen çakıl oranında artış görülmektedir. Buna karşın çakıllı malzemenin önemli ölçüde kil bileşenin de bulunması malzemenin geçimsizliğini sağlamaktadır. Vadi tabanından uzaklaştıkça kil oranında artış belirlenmiştir. Baraj gölünün yaklaşık orta kesiminde açılan K2 numaralı kuyuda ise tamamen şistle karşılaşmıştır (Şekil 4.12). Göl alanı temel olarak Seydişehir Formasyonu'na ait ve geçirimsiz kaya olarak sınıflandırılan şistlerden oluştuğu için göl alanında su sızma sorunu yoktur. Baraj eksen yeri ve göl alanındaki jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri aşağıda tartışılmaktadır.



Şekil 4.12 : Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi I. Kırmızı Çamur Barajı araştırma kuyuları dikey kesitleri (Temelsu, 1975).

4.2.2 Seydişehir formasyonu'nun mühendislik özellikleri

I. Kırmızı Çamur Barajı etrafında yüzeyleyen Seydişehir Formasyonu'nun bazı seviyelerde tabakalı yapı gösteren şeyl düzeyleri, genellikle iğnemi, çubuksu ve pulsus küçük-çok küçük birim kaya elemanları şeklinde bulunur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : Seydişehir Formasyonu şeyl seviyeleri genel görünümü.

Şeyllerin tabakalanmış kesimlerinin kalınlıkları ortalama 4-6 cm arasında iken genelde 1-15 cm arasında değişir durumdadır. Bu şeyller Geological Society Engineering Group Working Party (1972) sınıflamasına göre tabaka kalınlıkları bakımından “ince tabakalı” kayaç sınıfındadır. Süreksizlik aralıklarına göre “orta derecede yakın aralıklı”, ISRM (2007) sınıflamasında ise “dar aralıklı” kayaç grubuna girerler.

Şeyller çoğunlukla 0-6 mm arasında değişen süreksizliklere ait açıklık değerleri (aralanma) ile Geological Society Engineering Group Working Party (1977) sınıflamasında “sıkı-çok dar açıklıklı (aralanmış)”, ISRM (2007) sınıflamasında “çok sıkı-orta derecede geniş” kayaç grubunda yer alır ve ISRM (2007) sınıflamasına göre “kapalı” yapılar sunar. Kayacın süreksizlik izi devamlılığı 1 metrenin altında olup ISRM (2007)'ye göre çok düşük süreksizlik izi devamlılığı gösteren kayaç olsa da genel olarak ince tabakalı olması ve düşük derecede metamorfizma etkisi altında kalması nedeniyle dağınık özelliktedir. Nitekim kayacın ortalama süreksizlik sıklık

değeri metrede 7-35 arasında değişir ve bu değerler Golder Hoek and Associates (1979) sınıflamasında kırıklı kayaçtan çok çatlaklı kırıklı kayaç ortama karşılık gelir.

I. Kırmızı Çamur Barajı için yapılan malzeme jeolojisi amaçlı çalışmalarda şeyllerin kuru birim hacim ağırlık değerlerinin $1,83-1,86 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmiş olduğu belirlenmiştir. Kayaç, kuru birim hacim ağırlık değerine göre Anon (1979) tarafından önerilen sınıflandırmada “düşük kuru birim hacim ağırlık değerli” kayaç sınıfındadır. Kayacın kuru birim hacim ağırlık değerine göre sınıf değeri 2'dir. Bu sınıf değerindeki kayaçların deformabilite modül değeri Anon (1979) tarafından önerilen sınıflandırmada $5 \times 10^3 - 15 \times 10^3 \text{ MPa}$ olarak önerilmektedir. Kayacın ortalama çatlak sınıfı ve Anon (1979) sınıflamasındaki kayaç sınıfı değerine göre olası ikincil permeabilite değeri 10^{-2} ile 10^{-5} m/s arasında beklenmelidir (Anon, 1979; Golder Hoek and Associates, 1979). Mostra ve süreksizlik yüzlerinde ana kayaç renginde değişimin gözlemlendiği şeyller az-orta ayrışmış kayaç görünümündedir. Bu özelliği ile ayrışma derecesi %25-%50 arasında olan kayaçlar Anon (1981) sınıflamasına göre “W1” az ayrışmış kayaç ve “W2” orta ayrışmış kayaç sınıfında yer alır (Çizelge 4.1). Kayacın bazı kesimlerinde ise ayrışma W3-W4 seviyesinde olup yüksek ve oldukça ayrışmış olan bu kesimlerde ayrışma derecesi %50- $\leq$ %75 dir. Kayacın bu kesimlerinde yersel, yüzeysel hareketler gelişmiştir.

Çizelge 4.1 : Kayaçlarda bozunma derecelerinin tanımlanması (Anon, 1981)

Tanımlama Ölçütü	Tanım	Simge
Ana kayaçta renk değişimi yok, dayanımda bir azalma veya diğer bozunma etkileri söz konusu değil.	Taze (bozunmamış)	W1
Kayacın süreksizliklere yakın olan kesimlerinde çok az renk değişimi var, süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiş. Kayaç, taze (bozunmamış) kayaca oranla farkedilebilir bir zayıflık göstermiyor.	Az bozunmuş	W2
Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir ve renkleri değişmiş, bozunma kayacın içine nüfuz etmeye başlamış. Kayaç, farkedilebilir ölçüde zayıflamış ("ana kayaç/bozunmamış kayaç" oranının tahmini mümkündür).	Orta derecede bozunmuş	W3

Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir ve yüzeylerinin rengi değişmiş, süreksizliklere yakın kesimlerde orjinal doku değişmiş, bozunma kayacın iç kesimlerini daha fazla etkilemiş, ancak ana kayacın halen mevcut "ana kayacın/bozunmamış kayacın" oranının tahmini mümkündür).	Çok bozunmuş	W4
Kayacın rengi değişmiş ve kayacın toprak zemine dönüşmüş, fakat orjinal dokusu genel olarak korunmuş. Seyrek olarak küçük ana kayacın parçaları bulunabilir. Bozunma ürünü zeminin özellikleri, kısmen ana kayacın özelliklerini yansıtır.	Tamamen bozunmuş	W5

4.2.3 Pınarbaşı formasyonu'nun mühendislik özellikleri

Konglomeratik görünümlü Pliyosen yaşlı Pınarbaşı Formasyonu tutturulmamış veya çok az çimentolu çökel ortam olarak I. Kırmızı Çamur Atık Barajı etrafındaki geçirimli litolojik birimdir. Çakıllı, kumlu, siltli kilden oluşan yaklaşık 20 m kalınlığındaki bu çökel ortamın killi-siltli seviyelerindeki olası geçirimsizlik değeri $k > 10^{-6}$ m/s ve kumlu-çakıllı seviyelerindeki olası geçirimsizlik değeri de $k > 10^{-2}$ m/s dolayındadır. Yükseltile barajın sol ve sağ yakasındaki diskordans dokunağında kil içeriğinin yüksek olması nedeniyle geçirimsizlik değeri 10^{-5} - 10^{-7} m/s arasındadır.

4.3 I. Kırmızı Çamur Barajı Gövde Dolgularında Kullanılan Malzemelerin Mühendislik Özellikleri

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın gövde dolgularında Pliyosen çökellerinden sağlanmış olan killi (geçirimsiz) ve kumlu-çakıllı (geçirimli) malzeme kullanılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 : Yarı geçirimli ve geçirimsiz malzeme sahasından bir görünüm.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı gövde dolgularında kullanılan malzemelerin mühendislik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda kullanılmış olan malzemelerin mühendislik özellikleri (Temelsu, 1975).

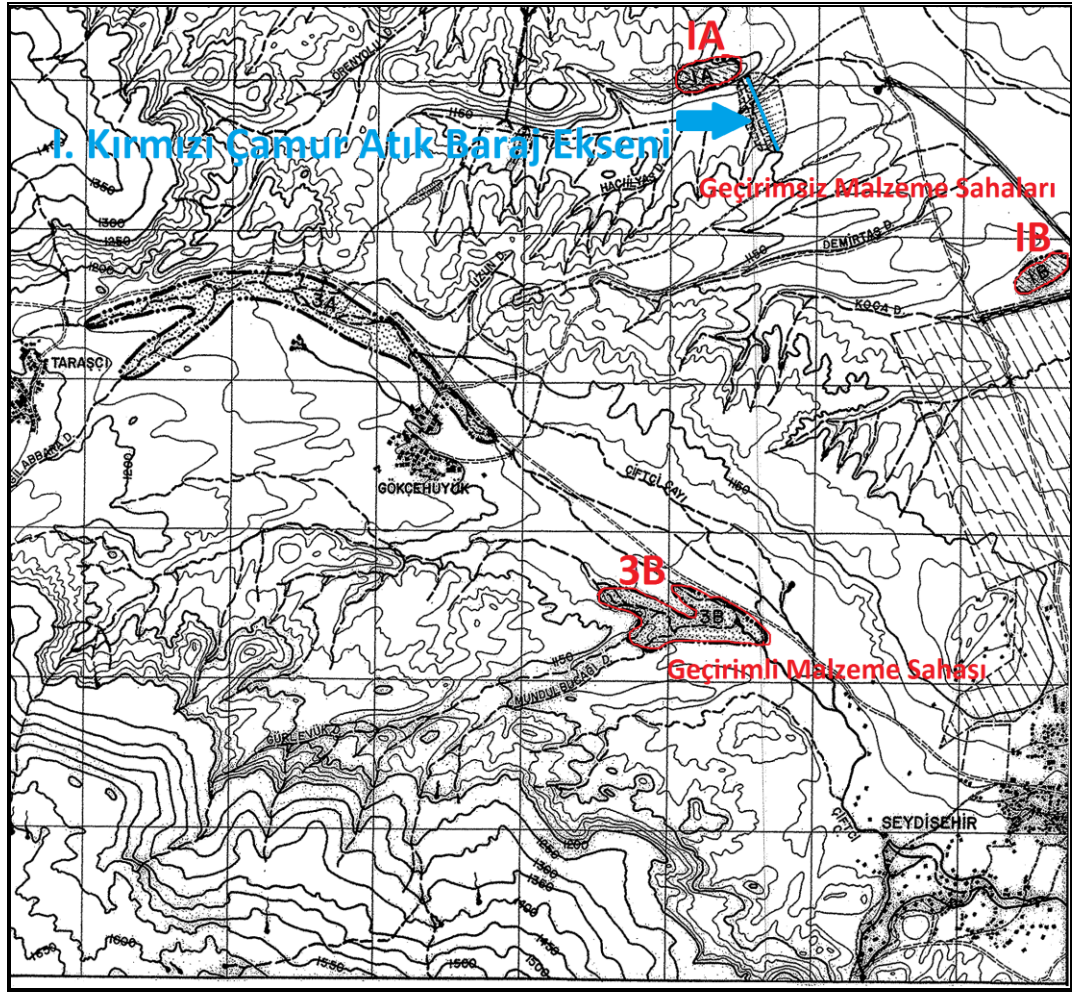
Malzeme Özellikleri	Killi (geçirimsiz)	Kumlu-çakıllı (geçirimli)	Alüvyon temel	
			Membada	Mansapta
Kuru Birim Ağırlık (t/m^3)	1,78	1,64	1,61	1,67
Yaş Birim Ağırlık (t/m^3)	2,03	1,79	1,92	1,95
Doygun Birim Ağırlık (t/m^3)	2,10	1,89	1,92	1,95
Batık Birim Ağırlık (t/m^3)	1,10	0,89	0,92	0,95
Su İçeriği (%)	14	9	19	17
İç Sürtünme Açısı / Tg	25° / 0,466	30° / 0,577	15° / 0,268	20° / 0,364
Yaş Kohezyon (t/m^2)	4	-	-	-
Doygun Kohezyon (t/m^2)	1	-	1	1
Boşluk Suyu Basıncı (%)	30	-	30	15
Düzeltilmiş Birim Ağırlık (%30)	1,42	1,25	1,34	-
Düzeltilmiş Birim Ağırlık (%15)	1,73	1,52	-	1,66

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevirme bendinde kullanılmış olan malzemenin mühendislik özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Kırmızı Çamur Atık Barajı Çevirme Bendi'nde kullanılmış olan malzemelerin mühendislik özellikleri (Temelsu, 1975).

Malzeme Özellikleri	Killi (geçirimsiz)	Kumlu-çakıllı (geçirimli)	Kaya Dolgu
Kuru Birim Ağırlık (t/m^3)	1,78	1,64	1,75
Yaş Birim Ağırlık (t/m^3)	2,03	1,79	1,80
Doygun Birim Ağırlık (t/m^3)	2,10	1,89	2,07
Batık Birim Ağırlık (t/m^3)	1,10	0,89	1,07
Su İçeriği (%)	14	9	3
İç Sürtünme Açısı / Tg	25° / 0,466	30° / 0,577	35° / 0,70
Yaş Kohezyon (t/m^2)	4	-	-
Doygun Kohezyon (t/m^2)	1	-	-
Boşluk Suyu Basıncı (%)	30	-	-
Düzeltilmiş Birim Ağırlık (%30)	1,42	1,25	1,26

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda ve çevirme bendinde kullanılmak için geçirimsiz malzeme temini için araştırma yapılmış sahalar Şekil 4.15 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.15 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda kullanılmış olan geçirimsiz malzemenin temini için araştırılmış yerler (1/25000).

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda ve çevirme bendinde kullanılan geçirimsiz malzemenin;

- Geçirgenlik,
- 200 nolu elek altı malzeme oranı,
- Atterberg (Kıvam) limit değerleri,
- Optimum su içeriğinde sıkıştırılması durumunda kuru birim hacim ağırlık değerleri zemin sınıfı değerleri

Çizelge 4.4'de verilmiştir (Şekil B1).

Çizelge 4.4 : Kırmızı Çamur Atık Barajı’nda kullanılmış olan geçirimsiz malzemelerin mühendislik özellikleri (Temelsu, 1975).

Geçirgenlik (cm/s)	200 Nolu Elekten Geçen (%)	Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Sıkışma	
		LL	PL	PI		γ_{kmax} (t/m ³)	w_{opt} (%)
-	-	45,2	23,5	21,7	GC	-	-
$1,55 \times 10^{-7}$	2,2	28,2	19,2	9	GC	1,86	14
$9,20 \times 10^{-8}$	4,7	32	20,9	11,1	GC	1,83	15,3
$5,30 \times 10^{-8}$	2,7	30,3	19,9	10,4	GC	1,85	15,4
-	2,2	36,3	20,3	16	GC	-	-
-	4,2	54	25,8	28,2	GC	-	-

Her ne kadar Çizelge 4.4’te (Temelsu, 1975) tarafından yapılan çalışmada, Kırmızı Çamur Atık Barajı’nda kullanılmış olan geçirimsiz malzemenin zemin özelliklerinin gösterildiği tabloda zemin GC (killi çakıl) olarak verilmiş olsa da, tablodan da görüleceği gibi 200 no’lu elek altına geçen malzeme yüzdeleri %5’ten küçüktür. Bu nedenle zeminin, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre GC (GC gösterimi birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi sembolüdür) olarak tanımlanması mümkün değildir. Ayrıca, tabloda verildiği gibi 200 no’lu elek altına geçen malzemenin en fazla %4,7 olduğu bir zeminde, yine tabloda verildiği gibi %45,2 veya %54 gibi yüksek likit limit değerleri bulunması çok olası değildir. Ayrıca, yine tabloda, 200 no’lu elek altına geçen malzemenin %4,7 olduğu numunede LL %32 bulunurken, %4,2 olan malzemede likit limit değerinin %54 olarak bulunması (her iki zeminin GC olarak verilmesi nedeniyle) bu tablonun hazırlanışı sırasında zemin sınıfının yazılırken bir yazım yanlışı yapıldığı düşünülmektedir. Tüm bu bilgilerin ışığı altında, çakılların bilinen en geçirimli malzeme olduğu da göz önüne alınarak, deneye tabi tutulan ve geçirimsiz olduğu düşünülen zeminin CL-CH ama daha çok CL (düşük plastisiteli kil) olarak kabul edilmesi daha uygun olacaktır. Buna göre geçirimsiz malzemenin 40 nolu elek altına geçen ince kısmı ile belirlenen Atterberg limit değerleri ve bu değerler ile hesaplanan plastisite indis değerleri; ince kısmın Burmister (1951) tarafından önerilen sınıflandırmada “yüksek plastisiteli siltli kil” ile “orta plastisiteli kil ve silt” sınıfında olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Plastisite derecesinin plastisite indisine göre belirlenmesi (Burmister, 1951)

Plastisite İndisi, PI (%)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
1-5	Önemsiz derecede plastik	Killi silt
5-10	Düşük plastisiteli	Silt ve kil
10-20	Orta plastisiteli	Kil ve silt
20-40	Yüksek plastisiteli	Siltli kil
>40	Çok yüksek plastisiteli	Kil

İnce kısımlar Leonards 1962 sınıflamasına göre “orta derecede plastik” ve “plastik” malzemedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 : Plastisite derecesinin plastisite indisine göre belirlenmesi (Leonards, 1962).

Plastisite İndisi, PI (%)	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Orta plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
>40	Çok Plastik	Yüksek

İnce kısımların Holtz ve Gibbs 1956 sınıflamasına göre olası şişme oranı %10-%20 oranında olacaktır. Malzeme bu özelliği ile “düşük-orta şişme derecesi” göstermektedir (Çizelge 4.7).

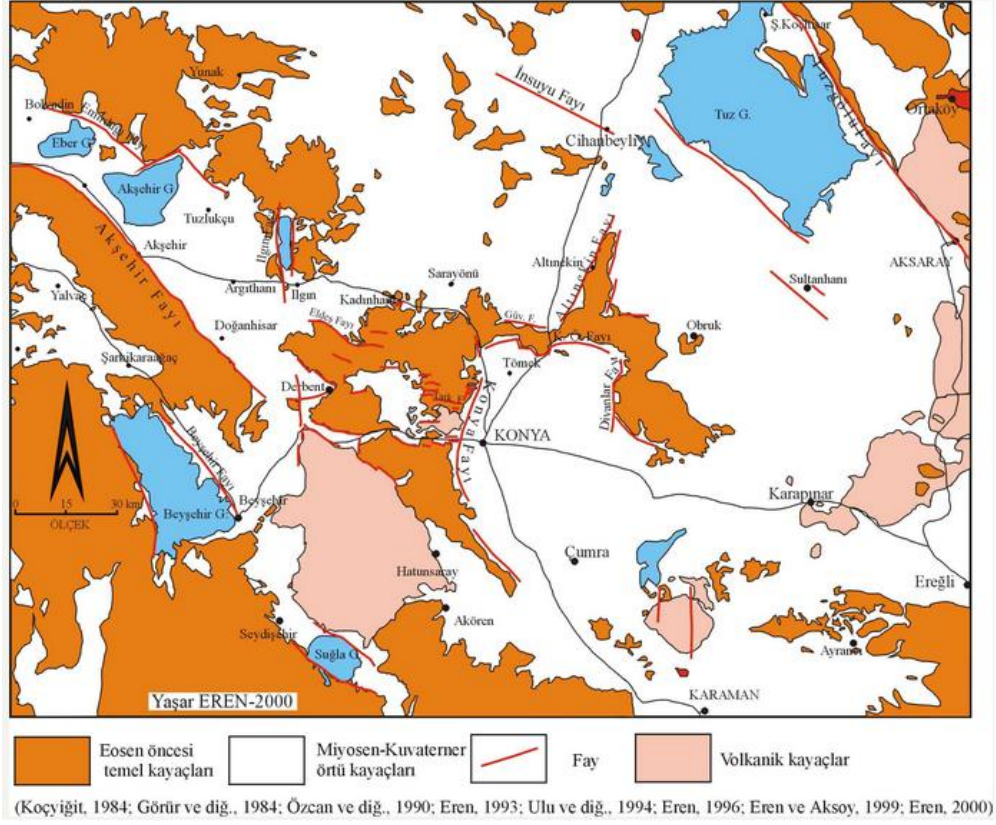
Çizelge 4.7 : İndeks özelliklerine göre zeminlerin şişme yüzdesi ve derecesi (Holtz ve Gibbs, 1956).

İndeks Özellikleri			Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Derecesi
Kolloid % (>0.001 mm)	Plastisite indisi, PI (%)	Büzülme (Rötre) Limiti		
>28	>35	<11	>30	Çok yüksek
20-31	25-41	7-12	20-30	Yüksek
13-23	13-28	10-16	10-20	Orta
<15	<10	>15	<10	Düşük

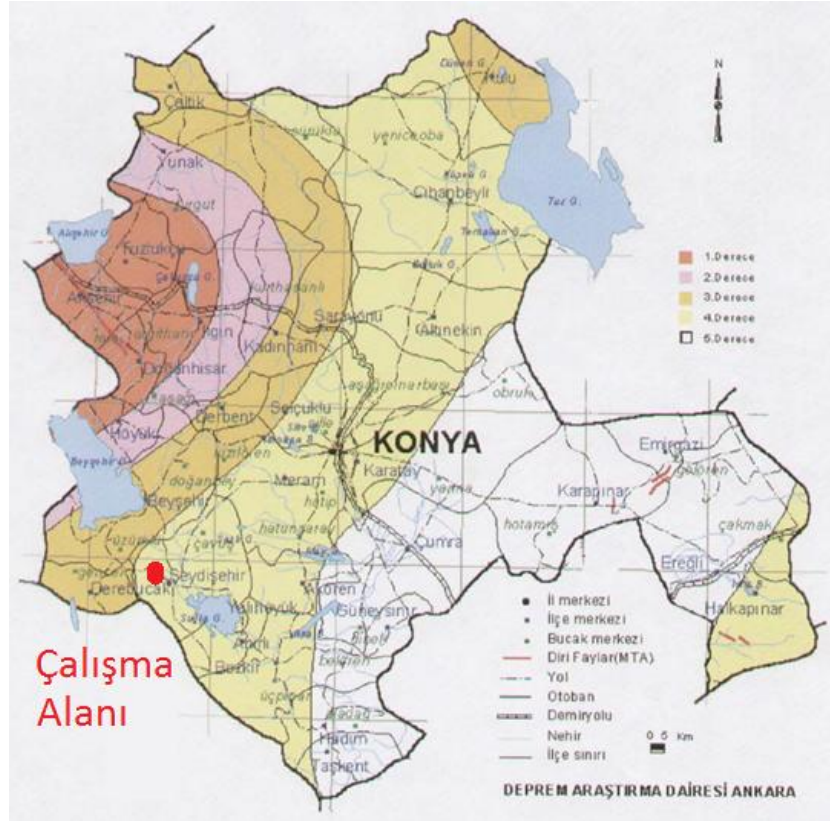
4.4 Depremsellik

Neo-tektonik konum açısından, Konya'nın da içinde yer aldığı kesim "Orta Anadolu Ovalar Bölgesi" olarak tanımlanır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgenin ana morfolojisini yükseltileler ile ovaları sınırlayan değişik gidişli, egemen olarak yanal atım da sunan normal faylar şekillendirmiştir. Bu blok faylanmalar sonucu yükselen kesimler dağlık, çöken kesimler ise ovaları oluşturmuştur. Yükseltilelerde yaşları Paleozoyik-Eosen (570-22,5 milyon yıl) arasında değişen ve Paleotektonik rejime bağlı olarak deforme olmuş, kırıklanmış temel kayalar yüzeylerken, yükseltileler arasındaki çöküntü havzalarında egemen olarak Miyosen-Güncel (22,5-0 milyon yıl) yaşlı gölsel, karasal ve volkanik kayalar yüzeylemektedir (Şekil 4.16). Bölgede yükseltileleri sınırlayan en önemli faylar Akşehir fayı, Tuzgölü fayı, Beyşehir fayı ve Emirdağ fayıdır (Koçyigit 1984, Görür ve dig., 1984). Bunların yanı sıra İnsuyu fayı, Ilgın fayı, Eldes fayı, Güvenç fayı, Altınekin fayı ve Konya ovasını sınırlayan Konya fay zone, Abazdağı fayı, Karaömerler fayı, Divanlar fayı ve Göçü fayı yöresinin diğer önemli neo-tektonik unsurlarını oluşturur (Özcan ve dig., 1990; Ulu ve dig., 1994; Eren, 1993, 1996 ve 2000). Söz konusu kenar faylarının dışında gerek yükseltileler, gerekse ovalar içinde farklı uzunluk ve gidişlerde çok sayıda fay bulunmaktadır. Bu fayların büyük bir bölümü yaklaşık 15 milyon yıldan itibaren etkin olan Neo-tektonik rejime bağlı olarak oluşmuş ve büyük bir çoğunluğu günümüze kadar aktifliğini korumuş veya potansiyel olarak aktif olabilecek faylardır. Bölgenin en önemli fayı olan KB-GD gidişli Akşehir fayının bulunduğu kesim "Argıthanı sismik boşluğu" olarak tanımlanmış ve bu fayın gelecekte önemli depremler oluşturabileceği varsayılmıştır (Demirtaş ve Yılmaz, 1996).

Konya bölgesinde aktif veya potansiyel olarak aktif önemli uzunluklarda faylar bulunmaktadır. Bu faylar çevre il ve ilçeler için potansiyel açıdan tehdit oluşturur. Ancak, bilinen tarihsel dönem içinde bu faylara bağlı olarak gelişmiş yıkıcı depremler, fayların oluşturduğu depremlerin tekrarlanma aralıklarının oldukça uzun olması nedeniyle oldukça nadirdir. Bu özelliği ile Konya bölgesi deprem riski açısından Türkiye'nin en az risk taşıyan bölgelerinden biridir. Çalışma alanının bulunduğu Seydişehir ise Konya'nın 4. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.16 : Konya ve çevresindeki temel ve örtü kayaları ile önemli fayları gösteren jeoloji haritası (Eren, 2000).



Şekil 4.17 : Konya'nın deprem haritası (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2006).

4.5 Kırmızı Çamur Barajının Duraylılığı

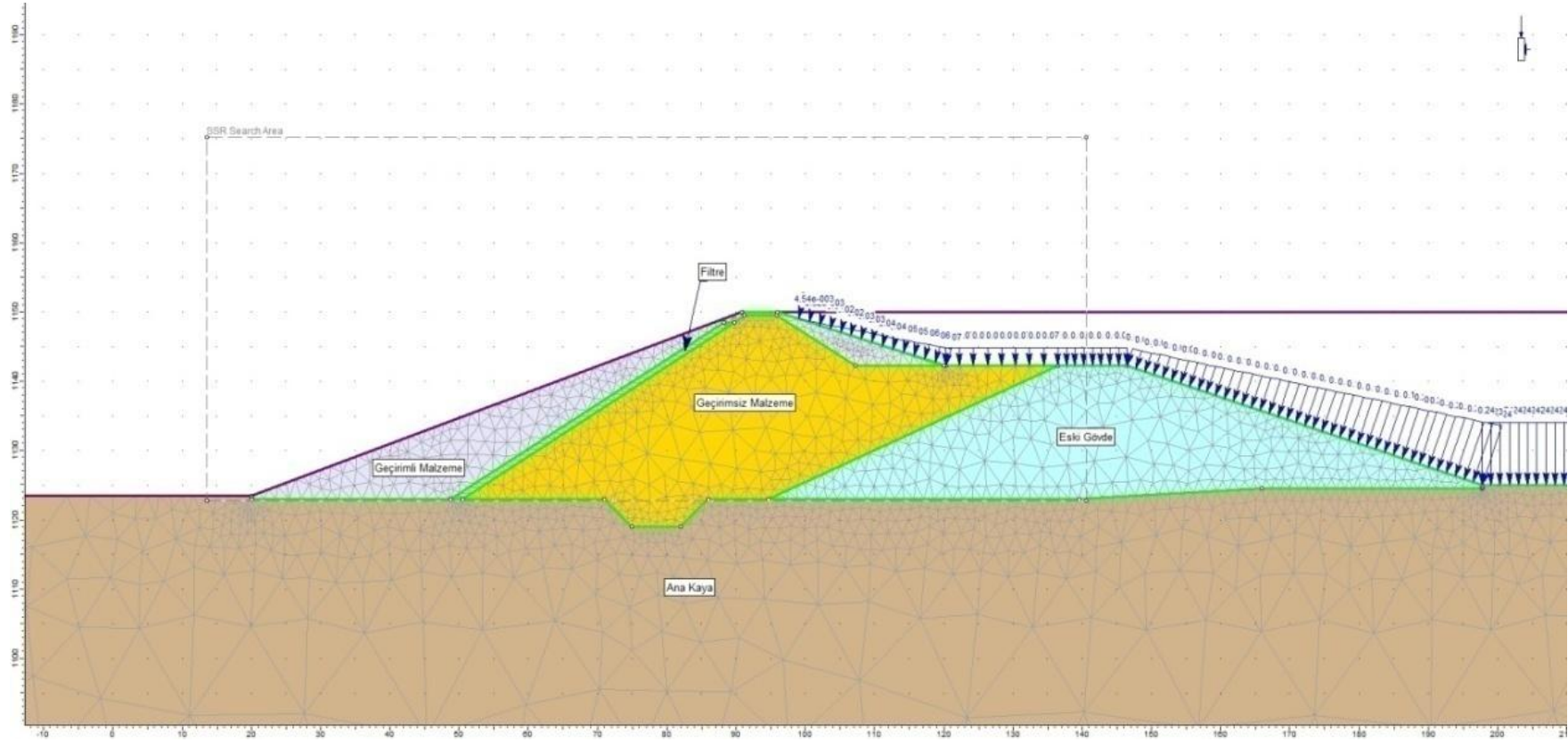
Kırmızı Çamur Atık barajının yükseltmiş 1150 kret kotlu durumu için duraylılık durumları belirleme çalışmaları sırasında hesap modelleri oluşturulurken Temelsu Mühendislik Adi Komandit Şirketi'nin 01/07/1975 tarihli "Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Gövde Plan ve Kesitleri" paftasında (Şekil C) yer alan B-B kesiti esas alınmış, malzeme parametreleri belirlenirken ise yine aynı firmanın "Dolguların Stabiliteleri" (Şekil D) paftasından yararlanılmıştır.

Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi mevcut I. Kırmızı Çamur Atık Barajı duraylılık analizlerinde Phase² 8.0 sonlu elemanlar analiz programı ve Slide 5.0 şev stabilitesi programı olmak üzere iki yöntem kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile baraj gövdesinde kullanılan malzeme türlerinin herbiri için malzemenin mekanik parametreleri ve fiziksel özellikleri alınarak baraj gövdesinin duraylılığı hesaplanmıştır.

Duraylılık analizlerinde kullanılan malzeme türleri ve bunlara ait mekanik parametreler Çizelge 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.18'de de SEM hesap modeli verilmektedir.

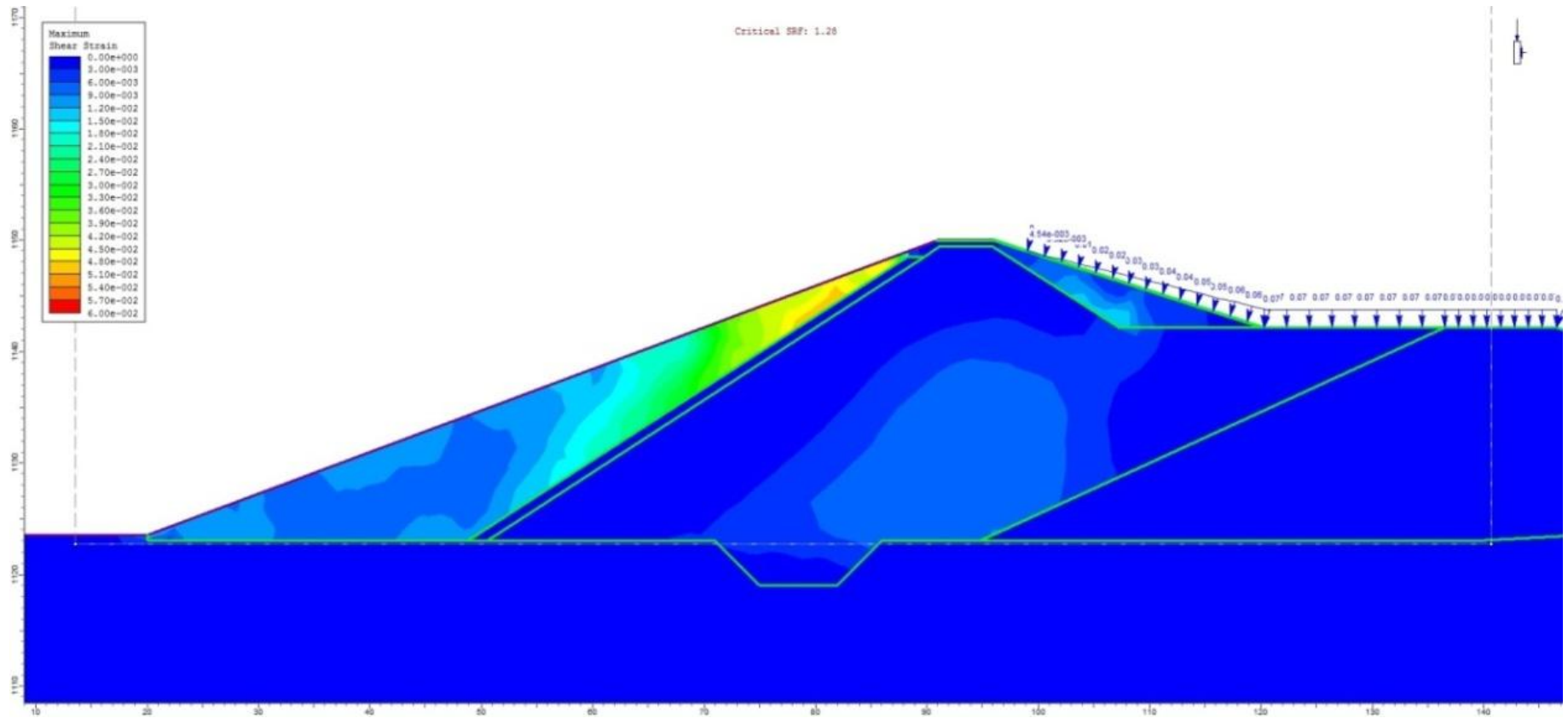
Çizelge 4.8 : Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri (Temelsu, 1975).

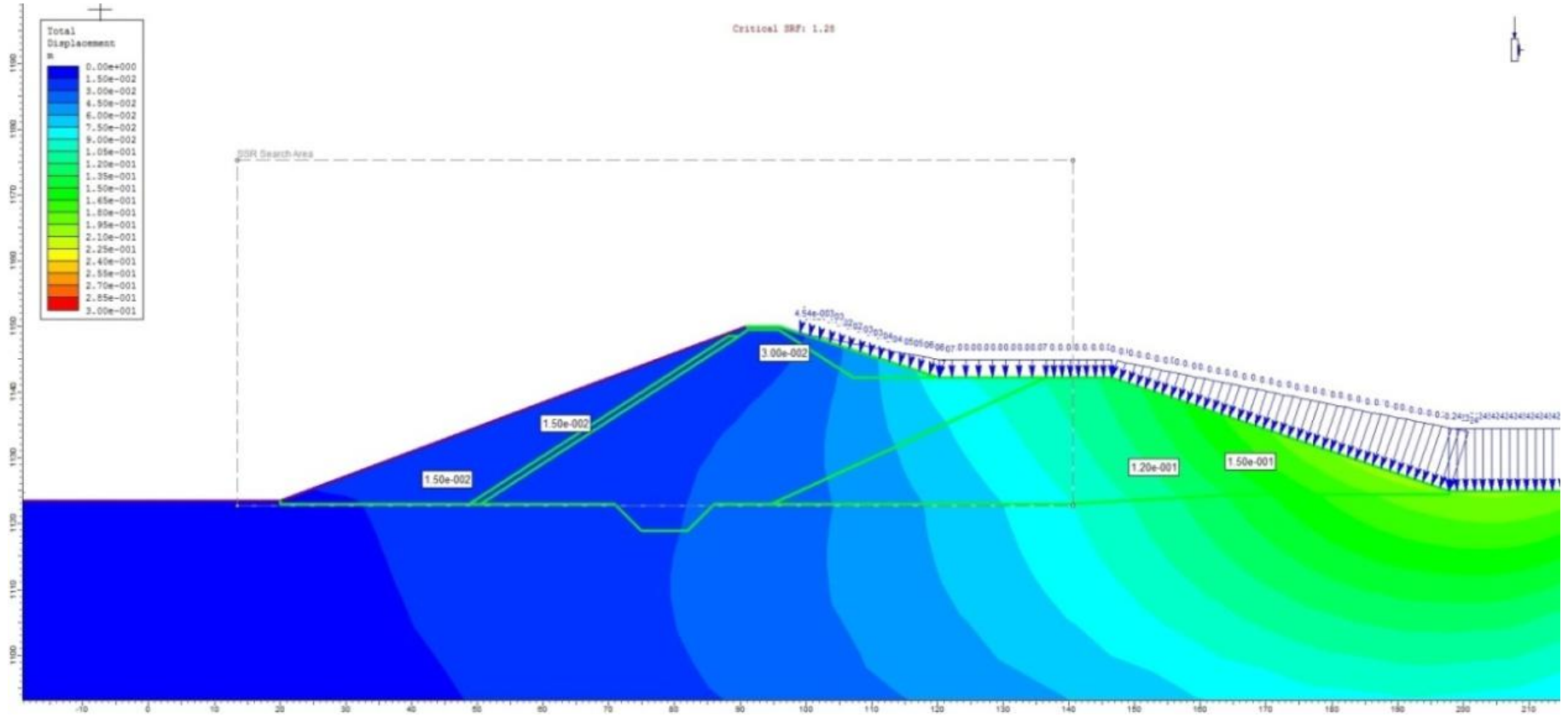
	Birim Hacim Ağırlığı (MN/m ³)	Elastisite modülü (MPa)	Poisson oranı (ν)	İçsel Sürtünme Açısı (°)	Kohezyon (MPa)
Ana Kaya	0.0192	50	0.3	35	0.01
Mevcut Gövde	0.0220	30	0.3	35	0.5
Geçirimli Malzeme	0.0179	25	0.3	25	0
Filtre	0.0200	25	0.3	35	0.03
Geçirimsiz Malzeme	0.0203	25	0.3	25	0.03
Rip Rap	0.0240	45	0.3	35	0.5
Stabilize	0.0220	25	0.3	35	0.05



Şekil 4.18 : Analizlerde kullanılan SEM hesap modeli.

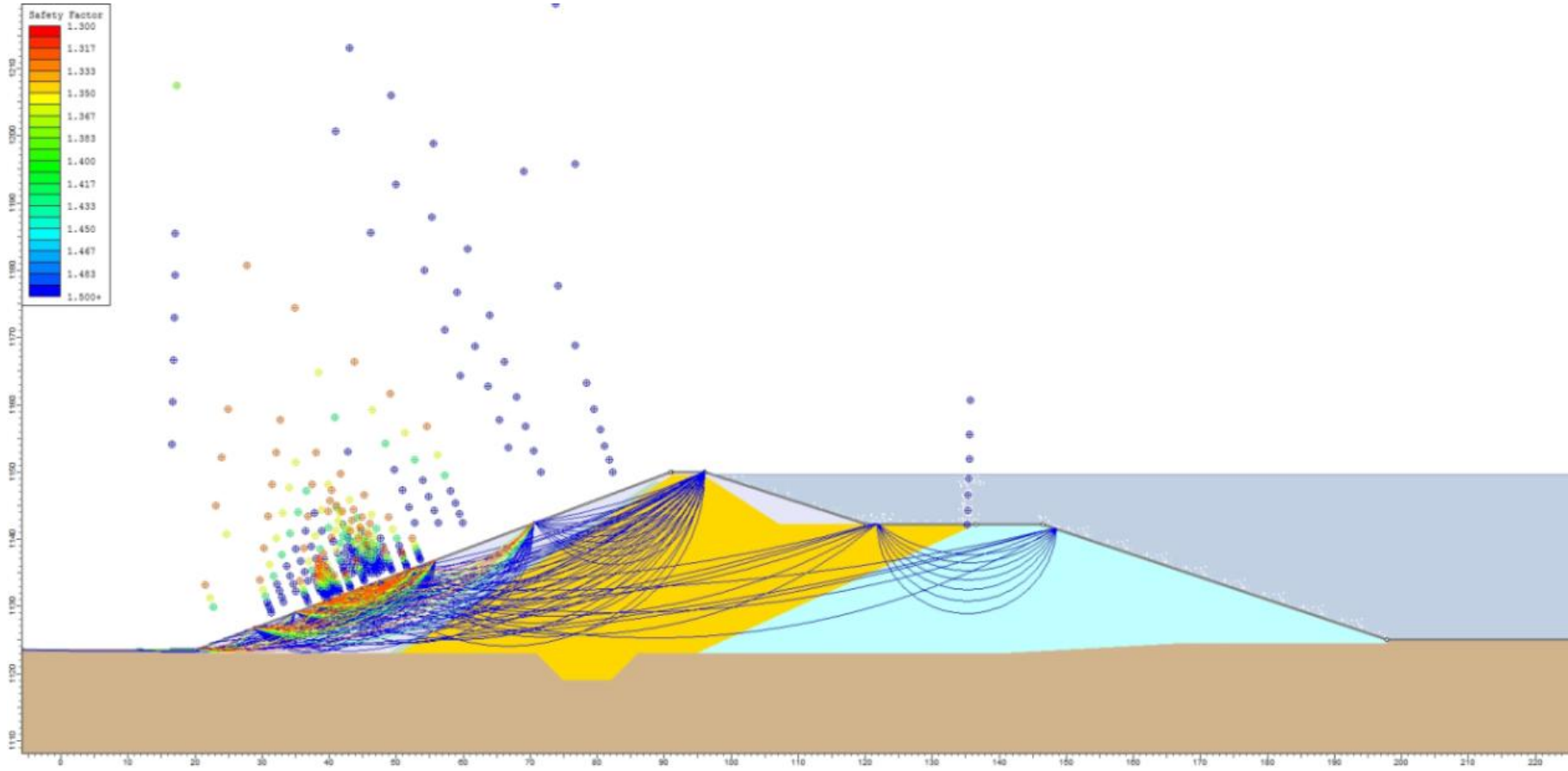
SEM analizleri sonucunda mevcut durum için gövdenin memba tarafında su yükü sebebiyle 20 cm civarında, mansap tarafında ise maksimum 2 cm’lik deplasmanlar hesaplanmıştır. Bu deplasmanların baraj gövdesinin duraylılığının üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır (Şekil 4.19 - Şekil 4.20).



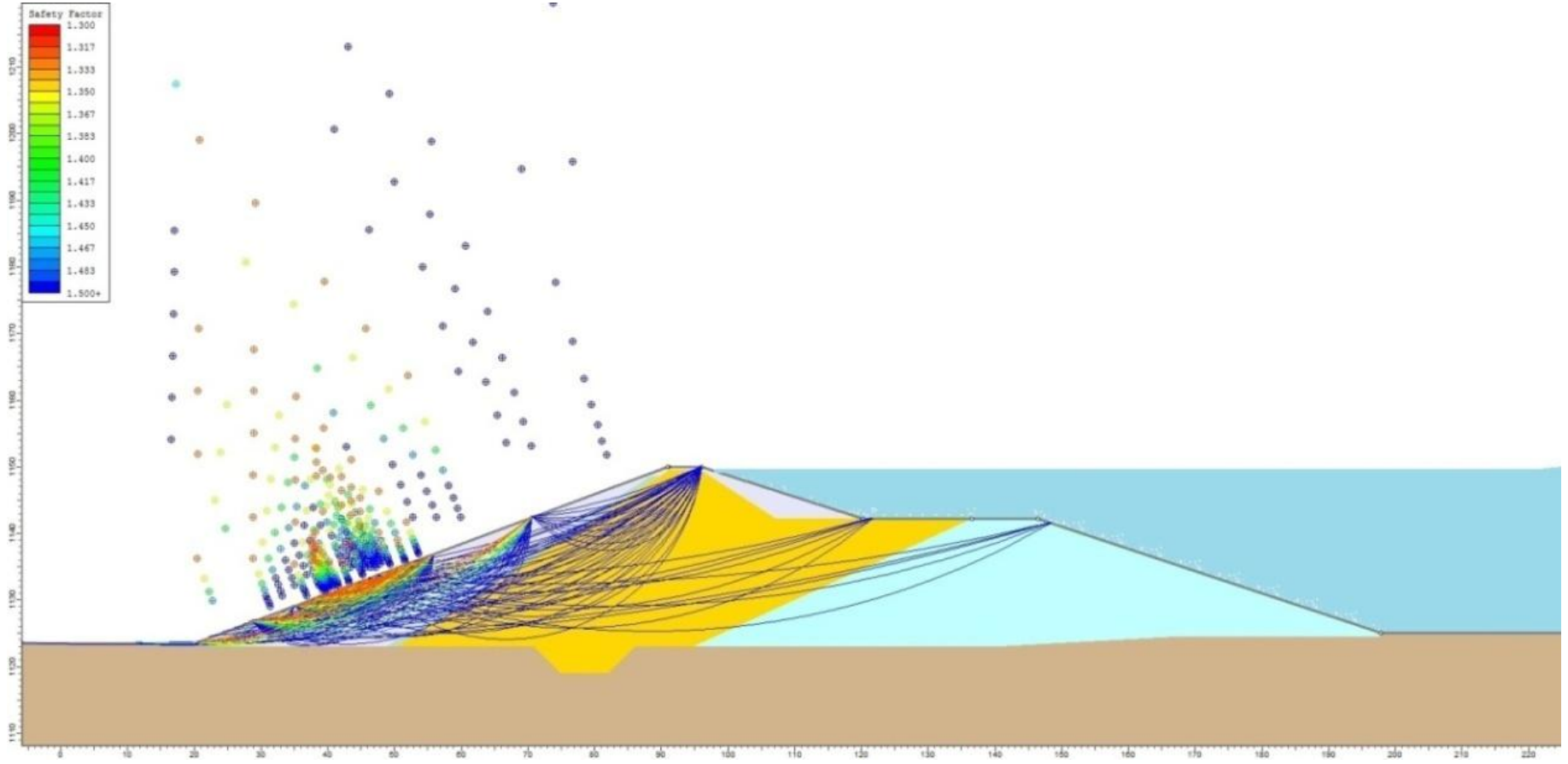


Şekil 4.20 : SEM yöntemiyle gövdede gelişen maksimum toplam deplasmanlar.

Her iki yönteminde de hesaplanan en düşük güvenlik sayıları yaklaşık olarak 1,3 olup baraj gövdesinin mansap tarafında geçirimli malzeme olarak adlandırılmış bölgede bulunmaktadır. Baraj gövdesinin genelinde güvenlik sayıları 3-6 arasında değişmektedir (Şekil 4.21 - Şekil 4.22).



Şekil 4.21 : Fellenius koşuluna göre yapılmış hesaplamalarda güvenlik sayısı ve olası kayma daireleri.

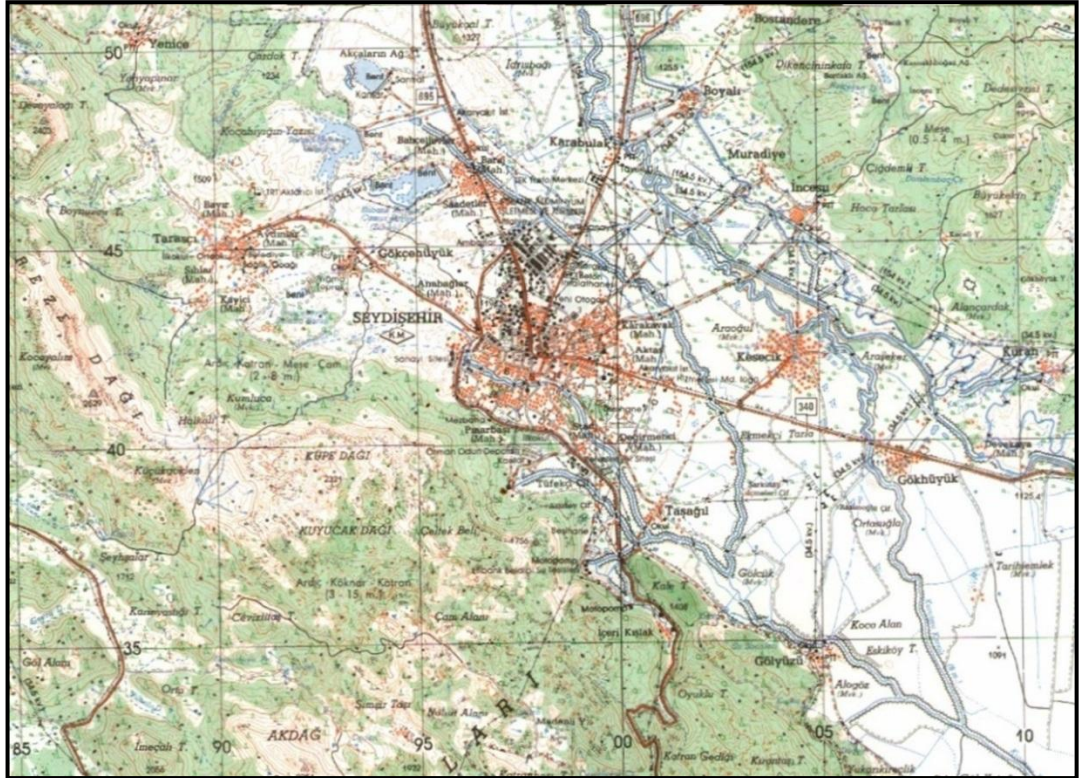


Şekil 4.22 : Janbu yöntemiyle yapılmış hesaplara göre güvenlik sayısı ve olası kayma daireleri.

5. HİDROJELOJİ VE İŞLETME ATIKLARININ ÇEVRESEL SU KAYNAKLARI İLE İLİŞKİSİ

5.1 Hidroloji

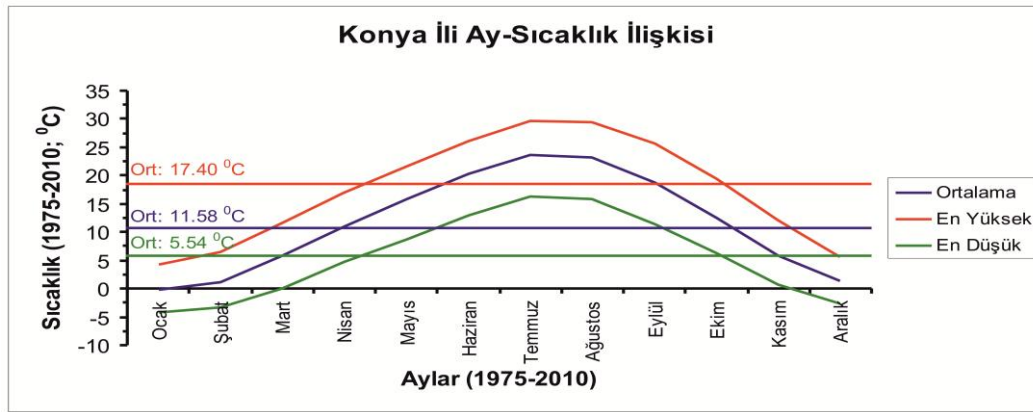
Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri dolayında kaynak boşalımlarından ve yağışlardan beslenen çok sayıda sürekli ve mevsimsel akan dereler bulunmaktadır. Tesisler bölgesindeki Beyşehir kanalı, Karakış kanalı, Şehir çayı, Karakış çayı, Çiftçi çayı, Deli çay, Öz deresi ve Kuğulu deresi önemli akarsu hatlarıdır. Karakış çayı üzerinde Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri'nin atık barajı bulunmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Seydişehir çevresindeki akarsular ve Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri'nin atık barajları.

İnceleme alanı karasal iklimin etkisindedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. İç Anadolu Bölgesi'nde en fazla yağış ilkbaharda, en az yağış yazın gerçekleşir. Ortalama yağışın 287,3-596,8 mm, kış sıcaklık ortalamasının -1°C ile

5°C yaz sıcaklık ortalamasının 22°C-23°C, yıllık sıcaklık ortalamasının 10°C-11°C arasında değiştiği İç Anadolu Bölgesi'nde, Seydişehir ve çevresine ait meteorolojik veriler için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü internet sitesinde Konya iline ait “Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975-2010)” Konya meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır (Çizelge 5.1). Konya ilinde 1975-2010 yılları arasına ait 35 yıllık verilere göre, Şubat ayının ortasından Temmuz ayının ortasına kadar artan ortalama, en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri Ağustos ayı ortasına kadar sabitlenmektedir. Ağustos ayının ortasından itibaren düşüşe geçen sıcaklık değerleri Ocak ayı ile Şubat ayının ortasına kadar tekrar sabitlenmektedir. Konya ilinin 35 yıllık en düşük sıcaklık değeri -25,80°C ve en yüksek sıcaklık değeri 40,60°C'dir. Konya ilinin 35 yıllık en düşük, ortalama ve en yüksek ortalama sıcaklık değerlerinin yıllık ortalamaları ise sırasıyla 5,54°C, 11,58°C ve 17,40°C dir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : Konya ili aylık en düşük, ortalama ve en yüksek sıcaklık değerleri ilişkisi.

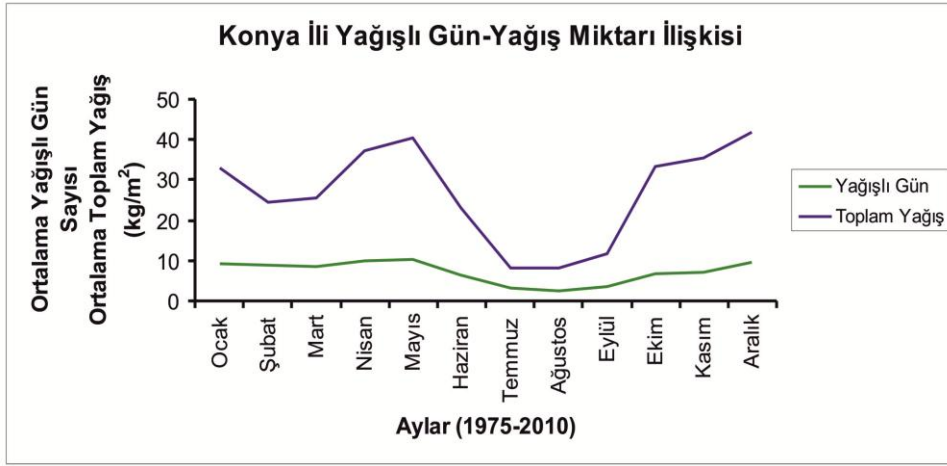
Konya ilinin 35 yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerine göre en az güneşlenme süresi 3,1 saat/ay ile Aralık ayında, en fazla güneşlenme süresi 11,4 saat/ay ile Temmuz ayında gerçekleşmektedir. Güneşlenme süresine ait 35 yıllık ortalama verinin yıl bazında aylık ortalaması ise 7,292 saat/ay'dır (Çizelge 5.1). Konya ilinde 1975-2010 yılları arasında gerçekleşmiş olan aylık 35 yıllık yağışlı gün sayısı ortalama değerleri ile aylık toplam yağışın 35 yıllık ortalama değerleri arasındaki ilişkisi irdelendiğinde, aylık ortalama yağışlı gün sayısı ve toplam yağış değerleri Temmuz ayı ortasından Eylül ayı ortasına ve Şubat ayı ortasından Mart ayı ortasına kısmen sabit kalmakta, Eylül ayı ortasından Ocak ayına ve Mart ayı ortasından Haziran ayında artmakta, Haziran ayından Temmuz ayı ortasına azalmaktadır.

Çizelge 5.1 : Konya bölgesi meteorolojik verileri.
(Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 01.03.2012)

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May	Haz.	Tem.	Ağust.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.3	1.2	5.8	11	15.8	20.3	23.6	23.1	18.7	12.6	5.9	1.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.4	11.6	16.9	21.7	26.2	29.6	29.4	25.6	19.5	12.0	5.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.2	-3.4	0.1	4.6	8.7	13.0	16.3	15.8	11.4	6.2	0.6	-2.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.6	6.1	7.0	8.7	10.5	11.4	11.0	9.6	7.2	5.1	3.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.2	8.7	8.5	10.1	10.4	6.4	3.1	2.6	3.6	6.9	7.2	9.4
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	32.9	24.5	25.6	37.4	40.5	22.9	8.2	8.0	11.8	33.3	35.3	41.8
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2008)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.6	21.6	28.9	31.5	33.4	37.2	40.6	39.6	36.1	31.6	25.2	20.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25.8	-25.0	-15.8	-8.6	-1.2	3.2	7.5	7.5	1.2	-7.6	-20.0	-22.4
En Çok Yağış 64.5 kg/m ²	03.10.1980						En Hızlı Rüzgar 122.4 km/sa	28.02.1989			En Yüksek Kar 40.0 cm	17.11.1988

Konya ilinin ortalama değeri olarak 35 yıllık en düşük yağışlı gün sayısı ile yağış değeri Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Bu ayda 2,6 gün yağış olmuş ve 8 kg/m^2 yağış gerçekleşmiştir. Konya ilinin ortalama değeri olarak 35 yıllık en yüksek yağışlı gün sayısı 10,4 gün ile Mayıs ayında, en yüksek yağış değeri ise $41,8 \text{ kg/m}^2$ ile Aralık ayında olmuştur (Şekil 5.3).

Konya ilinin 35 yıllık süre içinde yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 7,175 gün/ay ve bu süre için ortalama yağış değeri $26,850 \text{ kg/m}^2$ dir. Konya ilinde 1975-2010 yılları arasında yağmış en yüksek yağış değeri ise $64,5 \text{ kg/m}^2$ olmuştur (Çizelge 5.1).



Şekil 5.3 : Konya ili aylık ortalama yağışlı gün sayısı ve toplam yağış değerleri ilişkisi.

Başbakanlık Basımevi tarafından 1974 yılında basılmış olan T.C. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteninde Konya ili Seydişehir Meteoroloji İstasyonu'na ait 1945, 1953-1970 yılları arasındaki dönemler için geçerli olan sıcaklık değerlerinin yıllık ortalaması $0,9^{\circ}\text{C}$ ile $22,5^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir.

Seydişehir Meteoroloji İstasyonu'na ait 1976-2005 yılları verisi sıcaklık değerlerinin $0,3^{\circ}\text{C}$ - $23,7^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte olduğunu göstermiştir. Bu durumda 1945-2005 yıllarına ait sıcaklık değeri aralığı $0,3^{\circ}\text{C}$ - $23,7^{\circ}\text{C}$ dir. Seydişehir ilçesinin 18 yıllık süre (1945, 1953-1970) için yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin ortalaması $11,60^{\circ}\text{C}$, 29 yıllık süre (1976-2005) için yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin ortalaması $11,85^{\circ}\text{C}$ dir. Bu durumda 1945-2005 yıllarına ait ortalama değeri $17,53^{\circ}\text{C}$ olacaktır. 18 yıllık süre (1945, 1953-1970) için en düşük ortalama sıcaklık değeri $-2,2^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek ortalama sıcaklık değeri $29,8^{\circ}\text{C}$ dir. 29 yıllık süre (1976-2005) için en düşük ortalama sıcaklık değeri $-18,4^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek ortalama sıcaklık değeri $30,6^{\circ}\text{C}$ dir.

Seydişehir ilçesinin 18 yıllık süre (1945, 1953-1970) için yıllık ortalama yağış değerlerinin ortalaması 64,29 mm (kg/m²), 29 yıllık süre (1976-2005) için yıllık ortalama yağış değerlerinin ortalaması 62,88 mm (kg/m²) dir. Bu durumda 1945-2005 yıllarına ait ortalama değer 63,59 mm (kg/m²) olacaktır. Bütün meteorolojik çizelgeler incelendiğinde Konya ili için ortalama yağmur değerlerinin 35 yıllık (1975-2010) ortalama değerlerin ortalaması 26,85 mm (kg/m²) iken Seydişehir ilçesinin 53 yıllık süre (1945, 1953-2005) için yıllık ortalama yağış değerlerinin ortalaması 63,59 mm (kg/m²) dir. Seydişehir ilçesi ve çevresine ait su bilançosu 1974 yılında basılmış olan meteoroloji bültendeki Seydişehir ilçesi Meteoroloji İstasyonu'na ait 1945, 1953-1970 yılları arasındaki veriler ve Seydişehir Meteoroloji İstasyonu'na ait 1976-2005 yılları arasındaki veriler ile yapılmıştır (Çizelge 5.2 - Çizelge 5.3). Hazırlanan “Penman” su bilançoları hesaplamasında Seydişehir ilçesi ve çevresinin Ekim-Mayıs aylarında yeraltısuyu, 1953-1974 yılları arasında Aralık-Mart aylarında, 1976-2005 yılları arasında Kasım-Mart aylarında fazla su içerdiği görülmüştür.

Çizelge 5.2 : Seydişehir ilçesine ait meteorolojik değerler (1945, 1953-1970).

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Min. sıcaklık (°C)	-2,2	-2,2	1,4	5,0	8,8	12,3	14,9	14,9	10,6	6,1	2,9	-0,2
Ort. sıcaklık (°C)	0,9	1,8	5,7	10,6	15,1	19,4	22,3	22,5	18,1	11,9	7,7	3,1
Max. sıcaklık (°C)	4,6	6,7	10,8	16,4	21,0	25,8	29,1	29,8	25,7	18,3	13,6	6,8
Ort. yağış (mm)	158,9	114,7	76,4	51,7	40,1	23,6	9,9	3,0	21,7	33,9	61,2	176,4

Çizelge 5.3 : Seydişehir ilçesine ait meteorolojik değerler (1976-2005).

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Min. sıcaklık (°C)	-17,2	-18,4	-10,2	-3,6	2,1	10,8	12,6	14,4	9,2	0,2	-11,8	-15,9
Ort. sıcaklık (°C)	0,3	1,5	5,6	10,9	15,7	20,2	23,7	23,4	19,0	13,0	6,6	2,2
Max. sıcaklık (°C)	12,7	14,8	18,6	21,6	25,2	28	30,3	30,6	25,8	22,2	16,2	13,2
Ort. yağış (mm)	120,5	92,54	75,54	62,14	45,67	24,52	10,23	11,10	16,07	55,91	102,4	138,0

Akifer ortamlar Ekim ayında yüzey suları ile beslenmeye başlamakta ve 1953-1974 yılları arasında Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında, 1976-2005 yılları arasında Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında %100 suya doygun durumda olmaktadır. Aralık ayında ani olarak artan yüzeysel akış ocak ayında en büyük değere ulaşmakta şubat ayından itibaren giderek azalmaktadır. Seydişehir ve çevresine 1953-1974 yılları arasında düşen yağış değerinin 361,09 mm'si (%46,80) buharlaşma ile yeniden atmosfere katılmakta, 410,28 mm'si (%53,18) ise akışı ve fazla suyu oluşturmaktadır. Seydişehir ve çevresine 1976-2005 yılları arasında düşen yağış değerinin 388,12 mm'si (%51,44) buharlaşma ile yeniden atmosfere katılmakta, 366,24 mm'si (%48,54) ise akışı ve fazla suyu oluşturmaktadır.

Bir havzada yüzeysel akışın şiddeti akış katsayısı ile ilişkilidir. Akış katsayısı (α) bir havzanın içinden akan (Q) su miktarı ile bir havzaya düşen yağış (P) miktarının oranıdır ve

$$\alpha = \frac{Q}{P} \quad (5.1)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Akış katsayısı, küçük havzalarda sızmanın olmadığı varsayımı ile Q akımı, P yağış miktarı ve E, buharlaşma miktarı arasındaki ilişki dikkate alınarak;

$$\alpha = \frac{Q}{P} = \frac{P - E}{P} = 1 - \frac{E}{P} \quad (5.2)$$

eşitliği ile de hesaplanabilir. Eşitlikte E mm cinsinden gerçek buharlaşmayı P ise mm cinsinden ortalama yağışı ifade eder. Bu durumda inceleme alanında 1953-1974 yılları için oluşacak akış katsayısı 0,532 ve 1976-2005 yılları için oluşacak akış katsayısı 0,486 olacaktır. Akış katsayısı genellikle 0,05-0,50 arasında değişen boyutsuz bir büyüklüktür ve inceleme alanı için hesaplanmış bu değer 1953 yılından günümüze, inceleme alanındaki yüzeysel ve yüzey altı akışın son derece fazla olduğunu göstermektedir.

Ayrıca Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5 ile verilen Penman bilançolarında yüzey akışının Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında yoğun olduğu izleyen aylarda ise giderek azaldığı unutulmamalıdır. Bunun yanı sıra akış katsayısı, yazı kurak olan yerler için azdır ve yüzeysel akış; coğrafik durum (yükseklik, topoğrafik eğim vb), topoğrafik durum, jeolojik durum (litoloji, jeolojik yapı vb), meteorolojik durum, akarsu ağı ve yüzey drenaj sistemi, bitki örtüsü, insan yapıları vb. pek çok etmenden etkilenir.

Yağışın yeraltına sızan su miktarı teorik olarak akışın (fazla suyun) %30'u olarak kabul edilir. Bu kabullenme ile sızan su miktarı 1953-1974 yılları için 123,05 mm, 1976-2005 yılları için 109,80 mm olmaktadır.

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda yağış-potansiyel buharlaşma ilişkisinden kaynaklanan yıllık seviye yükselmesi değeri 1953-1974 yılları için 85,96 mm ve 1976-2005 yılları için 34,88 mm'dir. Bu durumda 52 yıllık süre için baraj seviyesinde yağış-potansiyel buharlaşma ilişkisinden kaynaklanan yıllık seviye yükselmesine ait ortalama değer 60,42 mm olacaktır.

Çizelge 5.4 : Seydişehir Penman su bilançosu değerleri (1945,1953-1970).

İstasyon Adı : Seydişehir (Konya) - Konum : 37° 25' N, 31° 51' E

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
YAĞIŞ (mm)	158.900	114.700	76.400	51.700	40.100	23.600	9.900	3.000	21.700	33.900	61.200	176.400	771.500
E _P (mm)	5.450	21.325	43.165	68.642	103.377	114.899	122.541	103.073	61.922	32.566	6.237	2.343	685.539
Y - E _P (mm)	153.450	93.375	33.235	-16.942	-63.277	-91.299	-112.641	-100.073	-40.222	1.334	54.963	174.057	-
REZERV SU (R _I)	100.000	100.000	100.000	83.058	19.781	0.000	0.000	0.000	0.000	1.334	56.297	100.000	-
E _R (mm)	5.450	21.325	43.165	68.642	103.377	43.381	9.900	3.000	21.700	32.566	6.237	2.343	361.086
EKSİK SU (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	71.518	112.641	100.073	40.222	0.000	0.000	0.000	324.453
FAZLA SU (mm)	153.450	93.375	33.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	130.354	410.414
AKIŞ (A _I)	109.313	101.344	67.290	33.645	16.822	8.411	4.206	2.103	1.051	0.526	0.263	65.177	410.151
YAĞIŞIN AKIŞA GÖRE AÇIĞI (mm)	49.587	13.356	9.110	18.055	23.278	15.189	5.694	0.897	20.649	33.374	60.937	111.223	361.349

Çizelge 5.5 : Seydişehir Penman su bilançosu değerleri (1976-2005).

İstasyon Adı : Seydişehir (Konya) - Konum : 37° 25^I N, 31° 51^I E

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
YAĞIŞ (mm)	120.457	92.537	75.537	62.143	45.667	24.523	10.227	11.103	16.073	55.914	102.397	138.003	754.580
E _P (mm)	5.841	21.223	44.366	69.726	102.091	119.240	130.254	109.920	70.087	35.888	8.324	2.745	719.705
Y - E _P (mm)	114.615	71.314	31.171	-7.582	-56.425	-94.716	-120.028	-98.817	-54.014	20.026	94.073	135.258	-
REZERV SU (R _I)	100.000	100.000	100.000	92.418	35.993	0.000	0.000	0.000	0.000	20.026	100.000	100.000	-
E _R (mm)	5.841	21.223	44.366	69.726	102.091	60.516	10.227	11.103	16.073	35.888	8.324	2.745	388.123
EKSİK SU (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	58.723	120.028	98.817	54.014	0.000	0.000	0.000	331.582
FAZLA SU (mm)	114.615	71.314	31.171	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	14.099	135.258	366.457
AKIŞ (A _I)	92.885	82.099	56.635	28.318	14.159	7.079	3.540	1.770	0.885	0.442	7.049	71.154	366.015
YAĞIŞIN AKIŞA GÖRE AÇIĞI (mm)	27.572	10.437	18.902	33.826	31.508	17.444	6.687	9.333	15.188	55.471	95.347	66.849	388.566

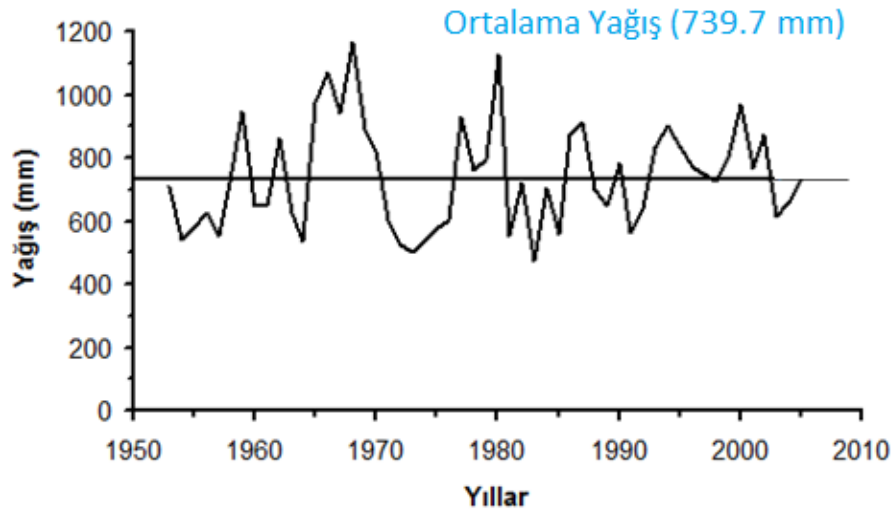
1953-2005 yılları arasında Seydişehir ilçesi ve çevresine yağan yağışın değerleri ile ortalama değer ve ortalama değere göre hesaplanmış eklenik sapma değerleri Çizelge 5.6 ile verilmiştir.

Çizelge 5.6 : Seydişehir ilçesine ait yağış değerleri ile ortalama değere göre hesaplanmış eklenik sapma değerleri (1953-2005).

YIL	YAĞIŞ (mm)	Yağıştan Sapma	Ortalama Yağıştan Eklenik Sapma
1953	707,1	-32,6151	-32,6151
1954	542,1	-197,615	-230,23
1955	579,2	-160,515	-390,745
1956	624,3	-115,415	-506,16
1957	554,6	-185,115	-691,275
1958	752,8	13,08491	-678,191
1959	947,2	207,4849	-470,706
1960	646,7	-93,0151	-563,721
1961	649,4	-90,3151	-654,036
1962	859,8	120,0849	-533,951
1963	626,1	-113,615	-647,566
1964	532,6	-207,115	-854,681
1965	976,3	236,5849	-618,096
1966	1069,5	329,7849	-288,311
1967	938,4	198,6849	-89,6264
1968	1164,4	424,6849	335,0585
1969	890,4	150,6849	485,7434
1970	825,3	85,58491	571,3283
1971	600,9	-138,815	432,5132
1972	523,3	-216,415	216,0981
1973	502	-237,715	-21,617
1974	539,1	-200,615	-222,232
1975	571,9	-167,815	-390,047
1976	604,7	-135,015	-525,062
1977	932	192,2849	-332,777
1978	762,9	23,18491	-309,592
1979	792,5	52,78491	-256,808
1980	1126,6	386,8849	130,0774
1981	552,9	-186,815	-56,7377
1982	723,3	-16,4151	-73,1528
1983	474,9	-264,815	-337,968
1984	705	-34,7151	-372,683
1985	559,4	-180,315	-552,998
1986	871,8	132,0849	-420,913
1987	910,4	170,6849	-250,228
1988	698,3	-41,4151	-291,643

1989	645,7	-94,0151	-385,658
1990	785,1	45,38491	-340,274
1991	563,5	-176,215	-516,489
1992	637,9	-101,815	-618,304
1993	831,6	91,88491	-526,419
1994	899,5	159,7849	-366,634
1995	835,3	95,58491	-271,049
1996	772,9	33,18491	-237,864
1997	747,9	8,184906	-229,679
1998	727,6	-12,1151	-241,794
1999	799,5	59,78491	-182,009
2000	969,7	229,9849	47,97547
2001	768,3	28,58491	76,56038
2002	870,6	130,8849	207,4453
2003	616,2	-123,515	83,93019
2004	660,4	-79,3151	4,615094
2005	735,1	-4,61509	0
ORTALAMA DEĞER	739,72		

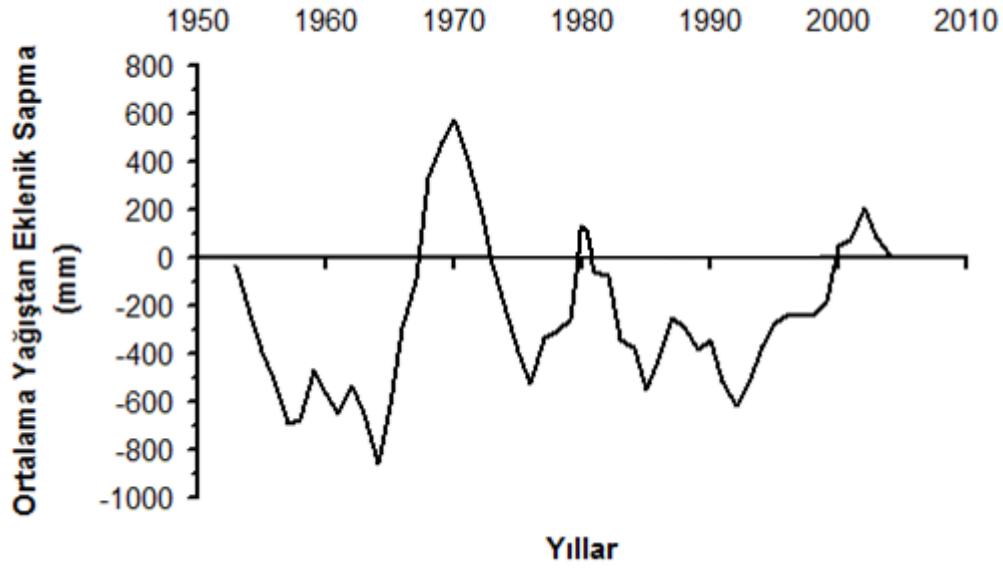
1953-2005 yılları arasında Seydişehir ilçesi ve çevresine yağan yağış ortalama değer olan 739,72 mm/yıl değerinden genellikle fazladır. Bu durum havzada akış katsayısının yüksek olmasına sebep olur (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Seydişehir ve çevresinin 1953-2005 yılları arasındaki yağış ilişkisi.

Seydişehir ve çevresine yağan yağışın havza ile ilişkisini gösteren ve kurak-yağışlı dönemi yansıtan eklenik sapma grafiği incelendiğinde, Seydişehir ve çevresine 52 yıl süresince yağan yağışın 1953-1967, 1973-1980, 1981-1999 yılları arasında akifer ortamı beslediği ve bölgede kurak dönemin etkili olduğu 1968-1972, 1980, 2000-

2005 yıllarında ise ortalama değer üzerinde yağış olduğu ve yağışlı döneme bağlı problemlerin oluşabildiği anlaşılmaktadır (Şekil 5.5). Grafik, Seydişehir ve çevresine yağın yağışın izleyen birkaç yıl boyunca ortalama değerden fazla olabileceğini kanıtlamaktadır. Bu durumda Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda yağış-potansiyel buharlaşma ilişkisinden kaynaklanan yıllık seviye yükselmesi değerinin 1953-1974 yılları için geçerli olan 85,96 mm değeri olarak kabul edilmesi faydalı olacaktır.



Şekil 5.5 : Seydişehir ve çevresinin 1953-2005 yılları arasındaki yağış verileri ile hesaplanmış eklenik sapma grafiği.

5.2 Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanında Seydişehir şistleri olarak isimlendirilmiş olan formasyonun şist ve grovak kesimleri dışında yayılım sunan kırıntılı ve karbonatlı kayalar akifer ortam olma açısından uygun ortamlardır. Kumtaşı ve konglomera seviyelerinin oluşturduğu erimesiz kayaç akifer ortamlar, geçirimli kayaç ortamlardır. Bu kayaçların bünyesindeki kırık-çatlaklar ve gözenekliliği akifer ortam olmaları için yeterli olup akiferin hacmi kayacın yayılım alanı ve gözenekliliği ile ilişkilidir. Kalker, marn ve kireçtaşlarının oluşturduğu erimeli kayaç ortamlar karstik akiferleri oluştururlar ve kayacın bünyesindeki kırık-çatlaklar ile karstik boşlukların ilişkisi akiferin yeterliliğini belirler. Bu tür akiferlerde hacim karstik dolaşım ağının beslenme ve boşalma noktaları arasındaki hacimleri ile ilişkilidir.

Seydişehir Formasyonu'nda yayılım sunan şistler geçirimsiz ortamlardır ve yayılım gösterdikleri alanda akifer ortam olma kabiliyetleri bulunmamaktadır. Bu formasyon içerisinde yayılımı olan grovaklar genellikle geçirimsiz kaya sınıfındadır ve akifer ortam özelliği bünyelerindeki kırık ve çatlaklar boyunca hareket eden su ile sınırlıdır.

5.3 Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi Atıklarının Çevresel Su Kaynakları İle İlişkisi

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri'nde proses sonucu ortaya çıkan ve esas olarak I. Kırmızı Çamur Barajı'nda biriken atığın anlaşılabilirliği için üretim aşamaları detaylı incelenerek, boksit cevherinden kostik ilavesi ile alüminyum hidrat eldesine, ardından otoklav ünitesinde pulp oluşumuna, çöktürme tankına ve oradan yoğunlaştırma tanklarına ulaşana kadar olan tüm atıksu kaynakları belirlenerek bir kirlenme profili oluşturulmuştur. Bu profil ışığında atıksu içeriğindeki kirlenici parametreler ve atıksuyun çevre sularına olan etkilerini araştırmak amacıyla 22 farklı lokasyondan su örnekleri alınarak, analizleri akredite laboratuvarlarda yaptırılmış ve bu bilgiler ışığında I. Kırmızı Çamur Atık Barajı üst fazındaki suyun geri kazanılarak yeniden kullanılabilmesi için kimyasal çöktürme ve membran filtrasyon arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür.

5.3.1 Proses ve kirlenme profili

Yılda 460.000 ton boksit cevheri işlenmek üzere kurulan Seydişehir Eti Alüminyum tesislerine halen işlenmek üzere günde 1400 ton boksit cevheri kabul edilmektedir. Uygun boyutta kırılan boksit cevheri sudkostikli sulu ortamda değirmenlerde öğütülerek ham pulp (sıvı-katı karışımı) haline getirilmektedir. Alüminyum üretim prosesinin başlangıcı olan değirmenlere saatte yaklaşık 60 ton boksit beslenmektedir.

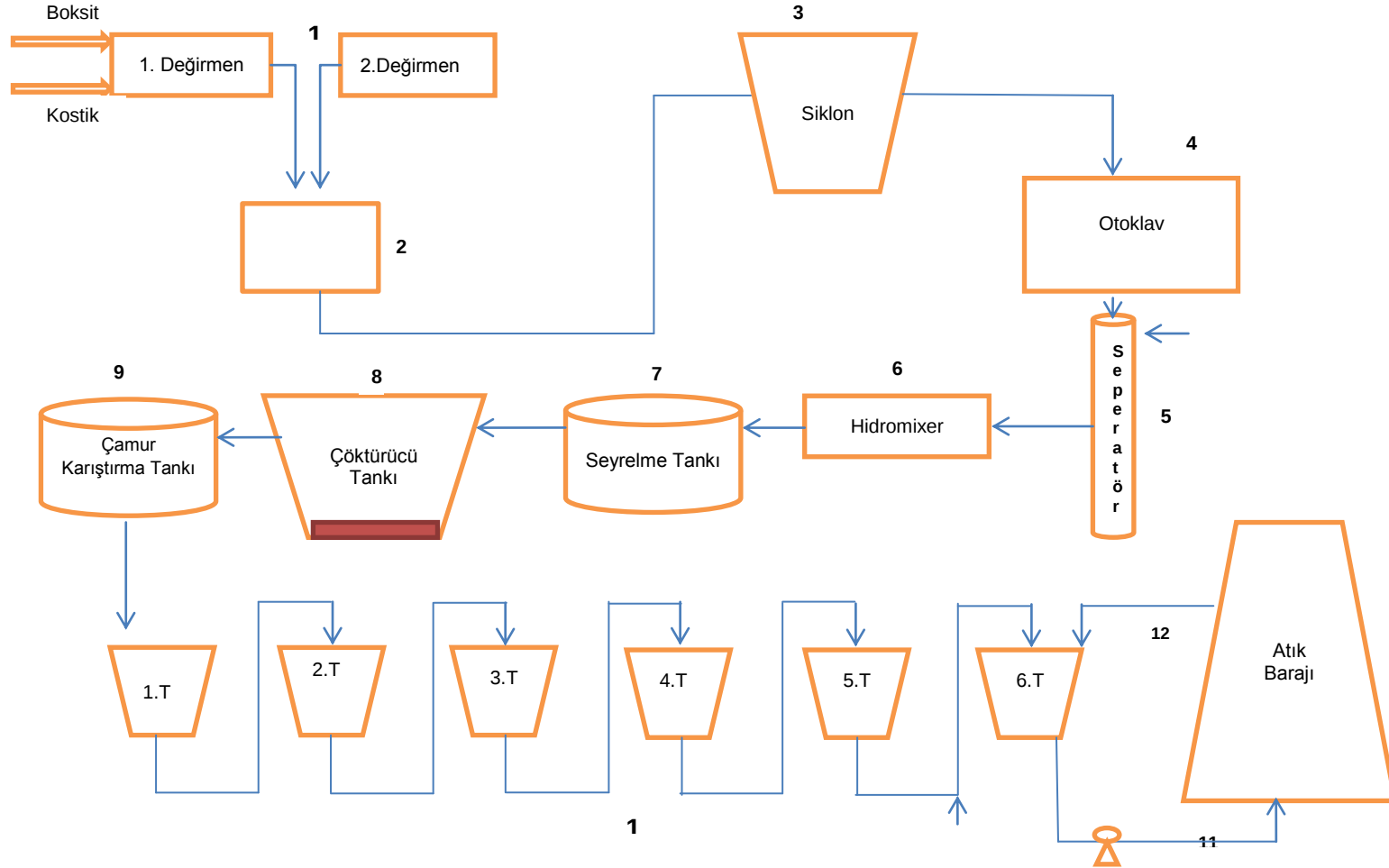
Sisteme boksit ile birlikte sıcaklığı yaklaşık 100-120°C olan ve 250 g/l konsantrasyonundaki kostik ilave edilmektedir. Tesisin tam kapasitede çalışması durumunda kostik dozajı 180 m³/saat olarak gerçekleşmektedir. Bu çözeltinin proseste çevrim yapması sırasında meydana gelebilecek kayıplar sebebiyle sisteme %48'lik 5 m³/saat'lik taze kostik (NaOH) beslemesi yapılmaktadır. Sonuç olarak, değirmenlerde kostik kullanılarak yaklaşık 1100 ton/gün alüminyum hidrat elde edilmektedir. Değirmenden sonra gelen otoklav ünitesinde, tesisin tam kapasite ile çalışması durumunda ortalama 200-210 m³/saat pulp oluşmaktadır.

Otoklav ünitesinde oluşan pulp seyreltilmek üzere birinci yoğunlaştırma tankı üst akımından gelen yıkama suyu ile hidromikserde karıştırılmakta ve toplam olarak 360-400 m³/saat ham pulp çöktürme tankına gönderilmektedir. Bu durumda, otoklavdan hidromiksere gönderilen pulp kostik konsantrasyonu 240 g/l iken, çöktürme tankına gelen karışımın kostik konsantrasyonu 135 g/l'ye düşmektedir. Sonuç olarak, çöktürme tankına gelen pulp debisi yaklaşık 400 m³/saat ve kostik konsantrasyonu 135 g/l mertebesindedir.

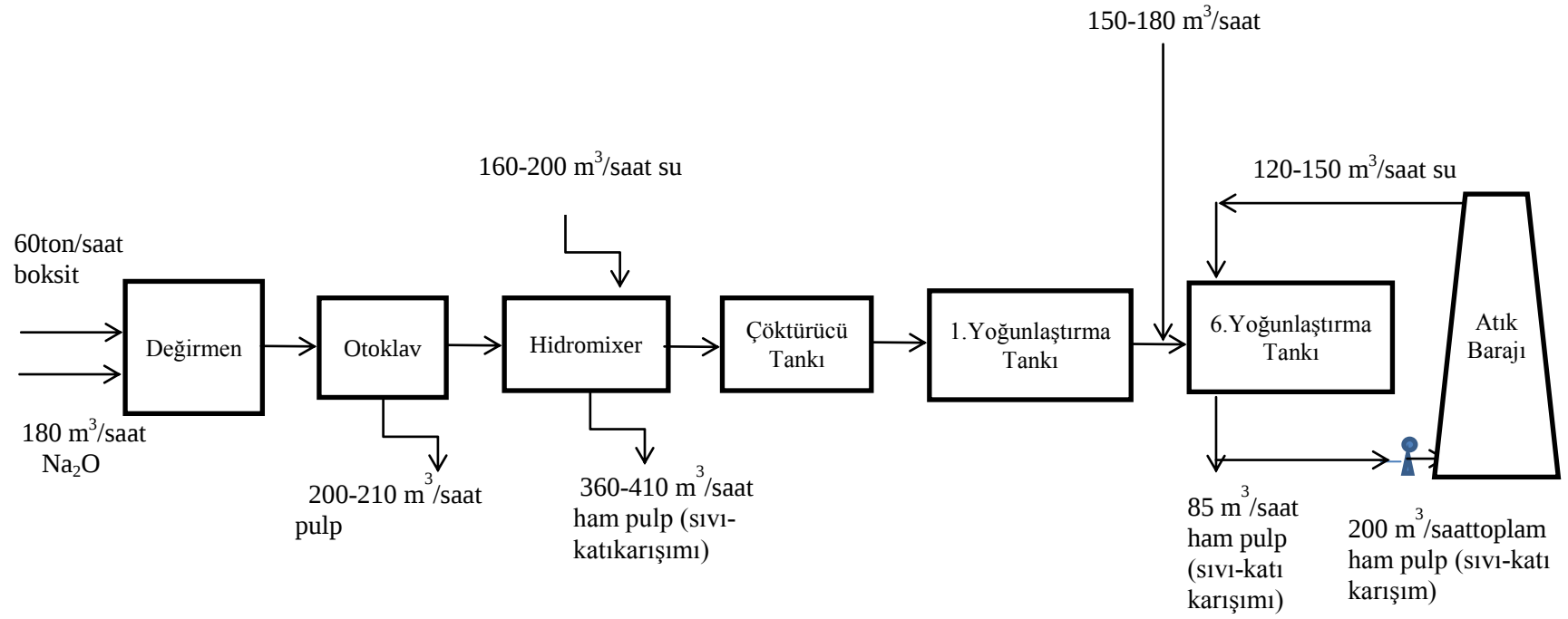
Çöktürücü tankına (dekantöre) gönderilen bu pulp içerisinde 60-70 g/l (kırmızı çamur) katı ve 65-75 g/l (sodyum alüminat çözeltisi) sıvı kısım bulunmaktadır. Sıvı ve katı fazlar çöktürme tankında ayrılmakta, katı faz (kırmızı çamur) ağırlığı ile çamur tankı tabanına çökerken, çökme süresini hızlandırmak ve üst akımdan alınacak sodyum alüminat çözeltisinin kalitesini arttırmak için sentetik flokülant ve un kullanılmaktadır. Çöktürme tankının alt akımında biriken kırmızı çamur yıkanmak üzere seri olarak yerleştirilmiş 6 adet yoğunlaştırma tankına gönderilmektedir (Şekil 5.6).

Ters akım yıkama prensibiyle çalışan yoğunlaştırma tanklarında çamur her kademede su ile yıkanmaktadır. Sıcaklığı 95°C ve debisi 150-180 m³/saat olan temiz kondensat suyu (yıkama suyu) altıncı yoğunlaştırıcıdan sisteme verilmektedir. Birinci yoğunlaştırıcıya ise çöktürme tankından gelen 360-410 m³/saat'lik yüksek kostik içeren pulp verilmektedir. Bu prensiple çalışan sistemde, birinci yoğunlaştırıcıda sıvı fazda yüksek olan kostik konsantrasyonu altıncı yoğunlaştırıcıda düşmektedir.

Altıncı yoğunlaştırıcıdan toplam 85 m³/saat debi çıkmaktadır. Bunun 75 m³/saat'i (1800 m³/gün) sıvı faz, 10 m³/saat'i (240 m³/gün) ise katı fazdır. Çamurun yoğunluğu 2,4 kg/l olduğundan atıktaki kuruluk oranı yaklaşık olarak %35 olarak ortaya çıkmaktadır. Altıncı yoğunlaştırıcıdan çıkan 85 m³/saat'lik pulp 120-150 m³/saat'lik I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndan gelen üst akım suyu ile karıştırılarak 200-250 m³/saat debi ile atık barajına deşarj edilmektedir. Dolayısıyla, atık barajından yıkayıcı ünitesine 120-150 m³/saat'lik bir geri devir gerçekleştirilmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.6 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi proses akım şeması.



Şekil 5.7 : Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi kirlenme profili.

5.3.2 Su analizleri

Seydişehir Eti Alüminyum İşletmesi proses atıklarının ve toplandığı barajların çevresel su kaynakları ile ilişkisini belirlemek amacıyla Şekil 5.8'de görülen 22 farklı lokasyondan su numuneleri alınarak akredite "Çevre Endüstriyel Analiz Laboratuvarı" nda analizleri yaptırılmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 : Alınan su örneklerinin tanımı.

GRUP NO	ÖLÇME VE İZLEME GEREKÇESİ	ÖLÇÜM NOKTALARI			ÖLÇÜM PARAMETRELERİ
		No	Adet	Yer (Harita üzerinde gösterilmiştir)	
1	Mevcut temiz su kaynaklarının ilk niteliğinin saptanması	1.1	1	I. Kırmızı Çamur Atık Barajı memba beslenimi	Su Analizi ¹
		1.2	1	Beyşehir gölü sulama kanalı	Su Analizi ¹
2	Proses Atıkları	2.1	1	Proses atığı (sulandırma öncesi)	Atıksu Analizi ²
		2.2	1	Çamur besleme- çıkış ağzı	Atıksu Analizi ²
	Kırmızı Çamur Barajı su kalitesinin belirlenmesi	2.3	2	Göl alanı noktaları	Atıksu Analizi ²
3	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı su kalitesinin belirlenmesi	3.1	2	Kriyolit Barajı göl suyu	Atıksu Analizi ²
		3.2	2	II. Kırmızı Çamur Atık Barajı göl suyu	Atıksu Analizi ²
4	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı su kalitesinin belirlenmesi	4.1	2	I. Kırmızı Çamur Barajı göl suyu	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²
		4.2	2	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Baraj gölleri havzası	
4	Görünür yerüstü su birikintilerinin analizi	4.1	2	I. Kırmızı Çamur Barajı gölü havzası	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²
		4.2	2	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Baraj gölleri havzası	
5	Kuşatma Kanalı	5.1	1	Kuşatma kanalı kaçakları	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²
6	Havzalar arası ilişkinin araştırılması	6.1	1	Tünel girişi	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²
		6.2	1	Tünel çıkışı	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²
7	Karakış Deresi	7.1	2	Karakış Deresi	Su Analizi ¹ ve Atıksu Analizi ²



Seydişehir Eti Alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan atıksularda esas itibari ile florür, alıcı ortama deşarj durumunda ise buna ilave olarak alüminyum kirletici parametredir. Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri, alüminyum cevherini işleyerek metalik alüminyum haline dönüştüren, bunu da döküm, haddeleme ve ekstrüzyon yöntemleri ile şekillendiren ülkemizdeki tek entegre birincil alüminyum üretim tesisidir. Dolayısıyla üretim prosesi sonucunda (2.1 ve 2.2) ve kırmızı atık barajında (2.3.1 ve 2.3.2) alüminyum konsantrasyonları oldukça yüksektir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 : Alınan numunelerde alüminyum konsantrasyonları.

	Numune Noktası	Alüminyum Konsantrasyonu (mg/l)
2.1	Atıksu akımı	991
2.2	Atıksu akımı	3754
2.3.1	Kırmızı atık barajı	155,3
2.3.2	Kırmızı atık barajı	144,9

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisleri’nde flor, kriyolit formunda elektroliz ünitesi off-gazının scrubberda tutulması sonucu oluşan atıksudan kaynaklanmaktadır.

Kriyolit Barajı'na giden atıksu kanallarının kabuklanma ile tıkanması sonucu baraja basılan su kırmızı çamur ile birleştirilerek uzaklaştırılmaktadır. Kriyolit bu şekilde I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na giden atıksuya karışması barajdan alınan suyun proseste yeniden kullanımını imkansız hale getirdiği için I. Kırmızı Çamur Atık Barajı gerek kalite gerekse su seviyesi açısından önemli ölçüde olumsuz olarak etkilenmiştir. Proses atıklarının döküldüğü I. Kırmızı Çamur Atık Barajı’nda florür konsantrasyonu 2.3.1 ve 2.3.2 numaralı numuneler kullanılmak suretiyle hazırlanan kompozit numunede 717 mg/l’dir. Bu noktalardaki florür konsantrasyonu, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) “Metal Sanayii (Alüminyum Oksit ve Alüminyum İzabesi)” sektöründen alıcı ortama deşarjlarda uygulanacak florür limitinin (24 saatlik kompozit numunede 30 mg/l) oldukça üzerindedir.

Tesis civarındaki kirlenmemiş su kalitesi hakkında referans oluşturması için proses ve atıkların uzaklaştırılmasında kullanılan DSİ sulama kanalından bir adet su örneği alınmıştır.

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi dekantörlerinden 75 m³/saat'i atıksu, 10 m³/saat'i katı olmak üzere 85 m³/saat debisinde sıvı-katı karışımı atık oluşmaktadır. Kırmızı çamur olarak adlandırılan bu atık tesisten uzaklaştırılmak üzere yaklaşık 120-150 m³/saat su ile karıştırılarak akıcı hale getirilmekte ve I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na aktarılmaktadır. Proses atıksuyunun katı madde yüzdesi, pH, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), alüminyum ve demir içeriği ve renk parametreleri karakterlerinin belirlenmesi amacıyla tesisten çıkan proses atıklarının I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'na boşaltıldıkları iki farklı noktadan 2.1 ve 2.2 olarak numaralandırılan numuneler alınmış ve analiz edilmiştir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9 : Proses atıksuyu karakterizasyonu.

Parametre	Birim	Numune Noktaları	
		2.1	2.2
pH (25°C)	-	12,75	12,73
Renk (Pt-Co)	Pt-Co	150	150
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mgO ₂ /l	840	910
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/l	12,800	10,000
Alüminyum	mg/l	1,100	3,800
Toplam Demir	mg/l	28,0	30,16
Vanadyum	mg/l	4,3	24,6
Bor	mg/l	0,43	7,2
Krom	mg/l	0,09	1,5
Kurşun	mg/l	0,04	2,4

Proses atıksuyu analizlerine göre;

- Proses atığı yaklaşık %1 oranında katı madde (kırmızı çamur) içermektedir. Konvansiyonel atık sular ve bunlar için uygulanan biyolojik arıtma sistemleri ile kıyaslandığında bu düzey (%1 oranı) bir aktif çamur sisteminin geri devir akımındaki biyokütle konsantrasyonu ile kıyaslanabilir durumdadır. Başka bir bakış açısıyla çamursu görünümüne karşın, atıktaki sıvı faz oranı %99 dolayındadır.
- Tesiste proses gereği olarak kostik kullanımı atığın pH değeri 12,7 olarak saptanmıştır.

- KOİ düzeyi 840-910 mg/l olarak ölçülmüştür.
- Atıkta partiküler fazda 1-4 gr/l dolayında alüminyum bulunmaktadır. Alüminyumun yanında demir oranının da oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu iki metal dışındaki diğer metal konsantrasyonlarının bir bölümü (vanadyum, bor, krom, kurşun) mg/l düzeyinde saptanmakta ve diğerleri de ölçülebilir limitlerin altında yer kalmaktadır.
- Pt-Co birimi itibari ile proses atığının renk parametresinin 50-150 birim aralığında değiştiği gözlenmiştir.

Bir nevi çöktürme havuzu işlemi gören ve Seydişehir Eti Alüminyum tesisinden kaynaklanan tüm proses atıklarının toplandığı I. Kırmızı Çamur Atık Barajı yüzeyinden, sıvı fazdaki atıksuyun ve arıtma etkisinin belirlenebilmesi için 2.3.1 ve 2.3.2 olarak numaralandırılan iki su numunesi alınarak ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Çizelge 5.10 : Atık barajında atıksu karakterizasyonu.

Parametre	Numune Noktaları		Birim
	2.3.1	2.3.2	
pH (25°C)	11,4	11,08	-
Renk (Pt-Co)	15	10	Pt-Co
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	74	26	mg O ₂ /l
Askıda Katı Madde (AKM)	6	6	mg/l
Alüminyum	155,3	144,9	mg/l
Florür	717*		mg/l

*Her iki numune alma noktasından hazırlanan kompozit numunede ölçülen değer.

- Çökelme işlemi ile birlikte askıda katı madde -üst fazda kalan kırmızı çamur- 10 mg/l'nin altında kalmaktadır ve KOİ değeri ise 100 mg/l altına düşmektedir. Benzer şekilde renkte de bir azalma gözlenmekte ve toplam metal içeriğinin önemli bir kısmı kimyasal denge dolayısıyla partiküler fazda kalmaktadır. Atık barajındaki su fazında alüminyum konsantrasyonu 155 mg/l olarak ölçülmüştür. Tüm metallerde olduğu gibi alüminyumdaki çökelme sadece metal hidroksitlerle değil fakat hidroksit ile birlikte oluşan çok sayıda ve değişik yapıdaki hidroksit kompleksinin oluşturduğu ortak denge ile belirlenmektedir. Alüminyum için optimum çökelmenin oluşacağı

pH aralığı 5,5-6,0 olarak verilmektedir. Bu nedenle alüminyum tuzları asidik ortamda daha güçlü bir koagülant madde olarak kullanılmaktadır. Bu tür bir kimyasal denge dolayısıyla pH yükseldikçe çözünmüş ortamdaki alüminyum konsantrasyonu yükselme eğilimi göstermektedir. Analizlerde de belirlendiği gibi pH 10-11 aralığında sıvı fazdaki alüminyum konsantrasyonu 150 mg/l civarına çıkmaktadır. Her metal için farklı bir kimyasal denge söz konusu olduğundan sıvı fazdaki pH düzeyi için alüminyum dışındaki toplam metal konsantrasyonunun 10 mg/l düzeyinin altında kaldığı gözlenmektedir. Atık barajının üst fazındaki pH düzeyinin proses atığına oranla bir miktar düşmüş olmakla birlikte 11,0-11,5 düzeyinde olduğu ölçümlerle saptanmıştır.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda toplanan atıklar Kriyolit Barajı'na deşarj edilmektedir. Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajları yüzeydeki sıvı fazdan ikişer örnek alınarak incelenmiştir (3.1 ve 3.2 örnekleri).

- Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı için yapılan ölçümler tüm parametreler bazında genel bir seyrelmeyi yansıtmaktadır. pH düzeyinin Kriyolit Barajı'nda 10,2 iken II. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda ise 10 değerinin altına indiği görülmektedir. Benzer azalmalar başta alüminyum olmak üzere tüm metal konsantrasyonlarında da gözlenmektedir.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı, Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajları'ndan zaman zaman yakın çevreye atıksu deşarjı ya da sızıntısı olabilmekte ve bunlar ya doğrudan yüzeyde birikmekte ya da yer altı formasyonları içerisinde yükselerek yüzeyde birikintiler oluşturmaktadır. Bu birikintilerin kaynağını ve özelliklerini tespit etmek amacıyla; I. Kırmızı Çamur Atık Barajı seddesi arkasından iki örnek (4.1.1 ve 4.1.2 örnekleri), Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevresinden de birer (4.2.1 ve 4.2.2 örnekleri) numune alınarak su ve atıksu yönetmeliklerindeki ilgili parametreler açısından incelemeye tabi tutulmuştur.

- Buna göre I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın seddesinin arkasındaki yüzeysel su birikintilerinde pH'ın, 10,2-10,4 KOİ'nin 74-172 mg/l, alüminyumun konsantrasyonunun da 8,4-36,8 mg/l aralıklarında ölçüldüğü gözlenmiştir. Tüm bu değerler bu birikintilerin ya I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndan taşmalar dolayısıyla doğrudan, ya da yeraltı formasyonlarındaki karışımın yükselmesiyle oluştuğunu açıkça göstermektedir. Aynı şekilde Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı çevrelerinde oluşan su birikintilerinde de

daha seyreltik düzeyde benzer etkileşimlerin olduğu ve gözlenen su hacimlerinin büyük ölçüde barajlardaki su kaçaklarından etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın etrafında yağış/yüzeysel suların toplanması ve tahliyesi amacıyla bir kuşatma kanalı bulunmaktadır. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda biriken atık suların zaman zaman kuşatma kanalına döküldüğü ifade edilmiştir. Kuşatma kanalındaki muhtemel atıksu kaçaklarının belirlenmesi için kanal içinden (5.1 örneği), kuşatma kanalının bağlandığı tünel girişinden (6.1 örneği) ve tünel çıkışından (6.2 örneği) birer örnek alınmıştır. Bu üç örnek sular ve atıksulara ilişkin ilgili yönetmelikler çerçevesinde incelenmiştir.

- Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın etrafında inşa edilmiş olan kuşatma kanalı yağış ve yüzeysel suların tahliyesi için öngörülmüş olduğu halde pH seviyesi 10,1 olarak ölçülmüştür. Aynı pH düzeyi suların bölgeden tahliyesi için yapılmış olan tünelin girişinde ve çıkışında da ölçülmüştür. Anılan tünelin afet durumlarında ve acil durumlar için kullanılmak üzere inşa edildiği ve tünelin Kriyolit Barajı ile bağlantılı olduğu anlaşılmaktadır. Mevcut uygulama çerçevesinde alüminyum tesisinin yakın çevresi için önemli bir kirlenme unsuru teşkil ettiği açıkça görülmektedir.

Kuşaklama kanalı ile başlayan deşarj sistemine referans teşkil etmek üzere I. Kırmızı Çamur Atık Barajı memba besleme noktasından ve tünelin bağlandığı Karakış Deresinden de örnekler alınarak incelemeye tabi tutulmuştur.

Sonuç olarak, gerek proses atığının gerekse atık barajlarında oluşan üst fazın özelliklerine bakıldığında kirlenme göstergesi ve barajların çevrelerine olan etkilerinin değerlendirilmesinde pH ve alüminyum parametrelerinin anlamlı birer gösterge olarak kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır. Yapılan ölçümlerde örnek alınan değişik noktalarda ölçülen pH ve alüminyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.11'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.11 : pH ve Alüminyum konsantrasyon değerleri.

GRUP NO	ÖLÇME VE İZLEME GEREKÇESİ	ÖLÇÜM NOKTALARI	Atıksu	
			pH	Alüminyum (mg/l)
1	Mevcut temiz su kaynaklarının ilk niteliğinin saptanması	1.1	10,36	1,579
		1.2	8,34	0,0785
2	Proses Atıkları	2.1	12,75	1101
		2.2	12,73	3886
	I. Kırmızı Çamur Atık Barajı su kalitesinin belirlenmesi	2.3	11,4	155,3
3	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı su kalitesinin belirlenmesi	3.1	9,93	9,8
		3.2	10,23	4,41
4	Kriyolit Barajı ve II. Kırmızı Çamur Atık Barajı su kalitesinin belirlenmesi	4.1	10,335	22,6
		4.2	8,77	1,2
4	Görünür yerüstü su birikintilerinin analizi	4.1	9,49	1,853
		4.2	8,835	0,229
5	Kuşatma Kanalı	5.1	10,1	5,75
6	Havzalar arası ilişkinin araştırılması	6.1	10,37	1,7
		6.2	10,33	1,8
7	Karakış Deresi	0.8	8,76	0,8

Proses çıkışı ve atık barajından alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda çökelme işlemi ile ;

- Askıda katı madde konsantrasyonunun 10.000 mg/l'den 6 mg/l'ye,
- KOİ'nin ise 900 mg/l'den 100 mg/l'ye, benzer şekilde renkte de 150 (Pt-Co)'den 15 (Pt-Co)'ye düştüğü gözlenmiştir.
- Atık barajındaki su fazında alüminyum konsantrasyonu yaklaşık 150 mg/l olarak ölçülmüştür. Toplam metal içeriğinin önemli bir kısmı kimyasal denge

dolayısıyla partiküler fazda kalmaktadır. Tüm metallerde olduğu gibi çökeltme sadece metal hidroksitlerle değil fakat hidroksit ile birlikte oluşan çok sayıda ve değişik yapıdaki hidroksit kompleksinin oluşturduğu ortak denge ile belirlenmektedir.

- Atık barajının üst fazındaki pH düzeyi, proses atığına oranla bir miktar düşmüş olmakla birlikte 11,0-11,5 düzeyinde olduğu ölçümlerle saptanmıştır.
- Alüminyum için optimum çökelmenin oluşacağı pH aralığı 5,5-6,0 olarak verilmektedir. Bu nedenle alüminyum tuzları asidik ortamda daha güçlü bir koagülant madde olarak kullanılmaktadır. Bu tür bir kimyasal denge dolayısıyla pH yükseldikçe çözünmüş ortamdaki alüminyum konsantrasyonu yükselme eğilimi göstermektedir. Analizlerde de belirlendiği gibi pH 10-11 aralığında sıvı fazdaki alüminyum konsantrasyonu 150 mg/l civarına çıkmaktadır. Her metal için farklı bir kimyasal denge söz konusu olduğundan sıvı fazdaki pH düzeyi için alüminyum dışındaki toplam metal konsantrasyonunun 10 mg/l düzeyinin altında kaldığı gözlenmiştir.
- Florür konsantrasyonu ise her iki noktadan alınan numunelerden hazırlanan kompozit numunede ölçülmüş ve 717 mg/l olarak tespit edilmiştir.

5.4 Arıtılabilirlik Çalışmaları

Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı üst fazından alınan numunelerde, Gebze Teknoloji Enstitüsü Laboratuvar'nda Prof. Dr. Bülent Keskinler önderliğinde kimyasal çöktürme ve membran filtrasyon kullanılarak arıtılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, kimyasal çöktürmede, koagülant olarak kalsiyum klorür (CaCl_2) ve kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) kullanılmıştır. Membran proses çalışmasında ise çapraz akışlı filtrasyon sistemi kullanılmış olup nanofiltrasyon membran olarak NF90, ters osmoz membran olarak BW30 kullanılmıştır. Eti Seydişehir Alüminyum Tesisi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndan temin edilen atıksu numunesi deneyler gerçekleşinceye kadar $+4^\circ\text{C}$ 'de korunmuştur. Arıtılabilirlik çalışmasında kullanılan I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'ndan alınan atıksu numunesinin karakterizasyonu Çizelge 5.12'de verilmektedir.

Çizelge 5.12 : Arıtılabilirlik çalışmasının yürütüldüğü baraj suyunun karakterizasyonu.

Parametre	Ham su
pH	12
İletkenlik (μS/cm)	14760
Alüminyum (mg/l)	76
Kalsiyum (mg/l)	
Florür (mg/l)	500

5.4.1 Kimyasal çöktürme arıtılabilirlik çalışması

Kimyasal çöktürme deneyleri, 200 ml atıksu numuneleri ile gerçekleştirilmiş ve esas olarak flor (CaF_2) çökmesi hedeflenmiştir. Koagülant olarak CaCl_2 ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanılmakla birlikte bu çalışma kapsamında sadece kullanılan CaCl_2 miktarları verilmiştir. Kimyasal çöktürme deneylerinde hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve çökme işlemleri uygulanmıştır. 1 dk hızlı karıştırmanın ardından (750 rpm) katyonik polielektrolit ilave edilerek 20 dk yavaş karıştırma gerçekleştirilmiştir. Numune 20 dk çökmeye bırakıldıktan sonra oluşan duru faz 0,45 μm filtreden süzülerek alüminyum, kalsiyum ve florür analizleri yapılmıştır (Çizelge 5.13).

Tabloda verilen %2,5 CaCl_2 değeri 1 litre hacminde atıksu içerisine 25 gr kalsiyum klorür ilave edildiğini göstermektedir. Bu açıklama da ifade edilen %2.5’lik CaCl_2 konsantrasyonu hesaplaması aşağıda ayrıntıları ile açıklanmaktadır.

$$\%2,5 = 0,025 \text{ gr/gr}$$

$$0,025 \text{ gr/gr} = 0,025 \text{ kg/kg} \quad (5.3)$$

$$1\text{kg} = 1\text{lt}$$

$$0,025 \text{ kg/lt} = 25 \text{ gr/lt} = 25000 \text{ mg/lt } \text{CaCl}_2$$

Kimyasal çöktürme analizlerinde kullanılan numune miktarları ve parametreler giderim oranları ile birlikte Çizelge 5.13’de verilmektedir.

Çizelge 5.13 : Kimyasal çöktürme analiz sonuçları.

Numune Koagülat (%)	Numune Koagülant (g/l)	Alüminyum (mg/l)	Giderim Verimi (%)	Florür (mg/l)	Giderim Verimi (%)	Kalsiyum (mg/l)
Ham Su	Ham su	76	-	500	-	
%2,5 CaCl ₂	25	27	64,5	146	70,8	1,8
%3,0 CaCl ₂	30	0.1	100	29,8	94	3071
%3,5 CaCl ₂	35	0	100	27,6	94,5	3343
%3,75 CaCl ₂	37.5	0	100	33	94	4000

Deneysel sonuçlar %3,0 CaCl₂ ilavesi ile alüminyumun %100, florürün %94 verimle giderilebildiğini göstermektedir. 500 mg/l florürün kimyasal olarak çöktürülebilmesi için stokiyometrik olarak gerekli olan kireç ihtiyacı yaklaşık iki mislidir (1088 mg/l). Yürütülen kimyasal çöktürme analizlerinde 500 mg/l florürün çöktürülmesi için stokiyometrik olarak hesaplanan dozların çok üzerinde kireç ilavesi gerekmiştir. Kullanılan yüksek kimyasal dozlamasından dolayı da suda kalsiyum seviyesinin oldukça yükseldiği görülmektedir. Kimyasal çöktürme analiz sonuçlarına göre seçilen kireç dozu 30 g/l'dir. Süreçte çökeltme süresinin uzun ve çamur miktarının yüksek olması da dikkat çekmektedir. Florür öncelikli olarak arıtılan akımda giderilmesi gereken bir kirletici olmasına rağmen, bu koşullarda kimyasal arıtma ile giderilmesinin ekonomik açıdan bir yapılabilirlik taşımadığı belirlenmiştir.

Bu nedenle, atıksu barajından kendiliğinden gerçekleşecek çökelmenin yanı sıra kimyasal arıtma öncesi, 10 µm çapında ve daha büyük partiküllerin giderimine olanak sağlayacak bir mekanik filtrasyon sistemi kurulmasının gerekliliği belirlenmiştir. Mekanik filtrasyon aşamasından sonra atıksu ileri membran filtrasyonu proseslerine tabi tutulacaktır.

5.4.2 Membran filtrasyon arıtılabilirlik çalışması

Membran filtrasyon çalışmalarında, kimyasal çöktürme çalışmasında kullanılan atıksu numunesi kullanılmıştır. Ham atıksu öncelikle nanofiltrasyondan (NF90), daha sonra ters osmozdan (BW30) geçirilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan NF90 1nm'den daha küçük partiküllerin tutulması amacıyla yöneliktir. Çizelge 5.14'de ham atıksu, nanofiltrasyon (NF90) çıkışı ve ters osmoz (BW30) çıkışı analizleri görülmektedir.

Çizelge 5.14 : Membran filtrasyon analiz sonuçları.

Parametre	Ham su	Nanofiltrasyon	Ters Osmoz
pH	12,3	11	9,1
İletkenlik (µS/cm)	14760	686	212
Alüminyum (mg/l)	76	0,27	0
Kalsiyum (mg/l)		0,07	0,04
Florür (mg/l)	500	42,8	29,2

Deney sonuçlarına göre nanofiltrasyon ile gerek alüminyum gerekse florür gideriminde oldukça yüksek verim elde edilebilmiştir. Nanofiltrasyonun ardından gerçekleştirilen ters osmoz filtrasyonu ile ise iletkenliğin yanısıra florür parametresinde azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, nanofiltrasyon sonrası ters osmoz kullanımının istenilen düzeyde verim sağlayamadığı görüldüğünden, çift kademeli nanofiltrasyon kullanımının hem giderim verimi hem de proses ekonomisi açısından uygun bir seçenek olacağı sonucuna varılmıştır. Nanofiltrasyon divalent metallerin gideriminde oldukça yüksek verimler sağlayabilmektedir.

6. SEYDİŞEHİR ETİ ALÜMİNYUM I. KIRMIZI ÇAMUR ATIK BARAJI KULLANIMI SONLANDIRMA VE REHABİLİTASYON

Rehabilitasyon çalışmaları Seydişehir Eti Alüminyum Tesislerinde proses sonucunda atık olarak ortaya çıkan kırmızı çamurun toplandığı barajın kullanımını tamamladıktan sonra emniyetli bir şekilde terki sonrası arazinin yeni topografyasının drenaj sistemleri, ağaçlandırma ve bitkilendirmeyle oluşturulması üzerine planlanmıştır. Barajın arazide yarattığı bozulma ve kirlenme etki alanları yerinde tespit edilerek rehabilitasyon çalışmaları planlanmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 : Bozulma ve kirlenme etki alanı.

Rehabilitasyon çalışmalarının gerçekleştirileceği alan mevcut zemin durumunun farklılığı nedeniyle üç ayrı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 6.2).

- A Bölgesi: I. Kırmızı Çamur Atık barajının kapladığı yaklaşık 971.575 m² lik atık gölü alanı,

- B Bölgesi: Baraj ana gövdesinin yerleşmeye bakan yüzünde mansap üstündeki korumasız zondan kaçan sızıntılarından etkilenen yaklaşık 90.000 m²'lik üçgen alan,
- C Bölgesi: Barajın kuzeyinde daha önce malzeme alınmış alanın yanında bulunan ve dolgu malzemesi sağlamak için kullanılacak alanı da içeren yaklaşık 260.000 m²'lik alan.



Şekil 6.2 : Seydişehir Eti Alüminyum I. Kırmızı Çamur Atık Barajı ve çevresindeki rehabilitasyon alanının şematik gösterimi.

6.1 A Bölgesi (Kırmızı Çamur Barajı) Rehabilitasyon Çalışmaları

Kırmızı çamur atık barajını kapsayan A bölgesi rehabilitasyon çalışmaları, proses suyunun arıtma tesisinin kurulacağı memba tarafına doğru yönlendirilerek çamurun çöktürülmesi ve baraj alanının bölgeler halinde ayrılarak dolgu işlemleri yapılması üzerine planlanmıştır. Konsolidasyonu uzun süreli olan dolgu işlemleri yapılırken doğada yeni bozulmalara yol açmamak için baraj içine kırmızı çamurun atılması ve atık barajının verimli bir şekilde kullanımı devam edecektir.

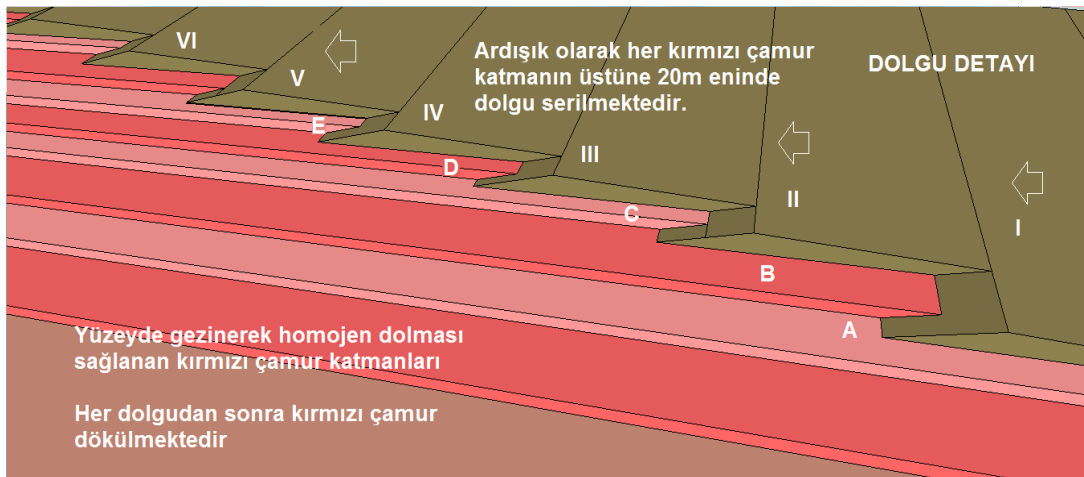
Geniş bir alanı kaplayan atık barajı gölünün doldurulması aşamalı olarak gerçekleştirilecektir. Baraj gölüne orta noktadan karşılıklı olarak boşaltılan kırmızı çamurun bu bölgelerde birikerek oluşturduğu yarımada ve doğal uzantılar, kırmızı çamurun bölgesel olarak sıkıştırılması ve konsolide edilmesine olanak sağlayacaktır.

Baraja atılan su miktarının kontrolü ve barajın uzun süreli kullanımı için ise kırmızı çamurun kostikli suyunun partikülleri çöktürülerek proseste yeniden kullanılmalıdır. Bunun için suyun aşamalı olarak mansaptan membaya doğru yönlendirilmesi ve membada prosese gönderilebilir nitelikte toplanması planlanmıştır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 : Kırmızı çamur boşaltma ağızlarının baraj üzerinde gezdirilmesi, aşamalı olarak kırmızı çamurun çöktürülmesi, 4. bölgede sızdırılarak elde edilen kostikli suyun prosese geri gönderilmesi.

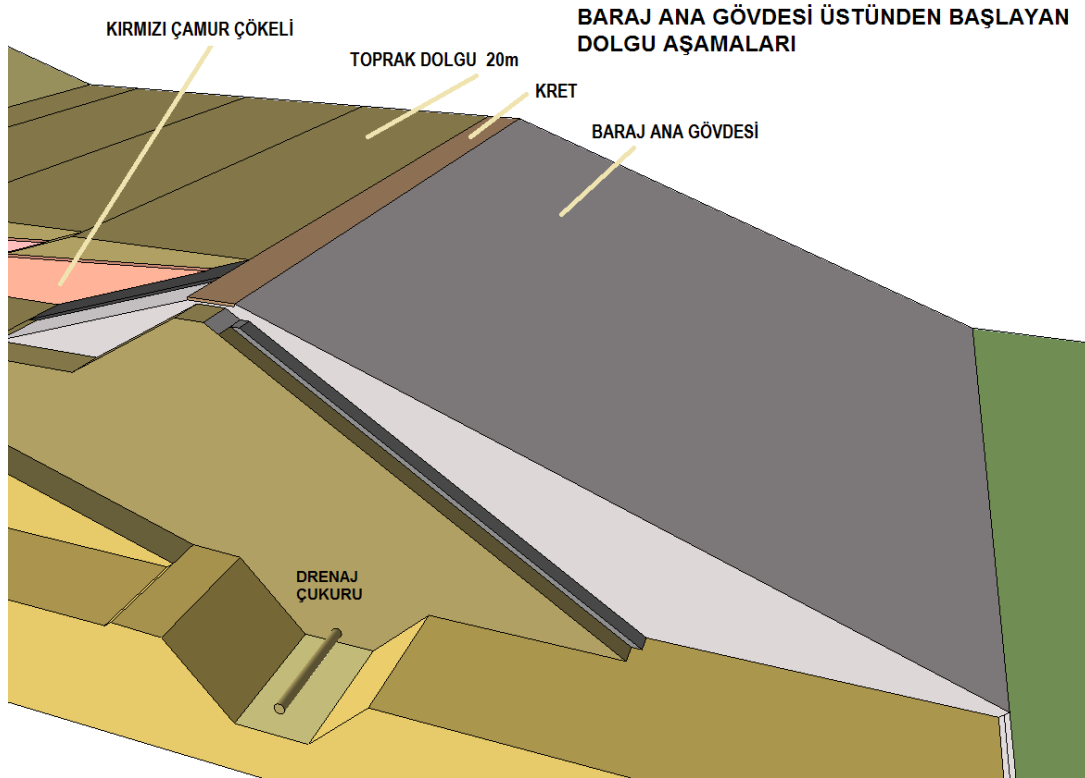
Çamur birikiminin dengeli dağılması baraj üzerinde yirmişer metre aralıklarla yapılacak çamur boşaltma ilerleyişi sistemi ve dolgu ile sağlanarak aynı zamanda hakim rüzgar yönünde (KB-GD) çamurun kuruması ile meydana gelen tozuma da önlenecektir. Baraj dolguları düzenli şekilde üst üste yapılacak aralarına da atık serilmeye devam edilecektir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : Baraj dolgu ve çamur katmanları yayılımını ve sıralamasını gösteren detay (Vardar, 2013).

Kullanım ömrü devam ederken başlayacak rehabilitasyon çalışmalarının yapılacağı kırmızı çamur atık baraj hacmi yaklaşık 9 milyon m³ dür. Bunun yaklaşık 2,6 milyon m³ lük kısmı sıvı kırmızı çamurla doludur. Geriye kalan 6,4 milyon m³ alanın da kırmızı çamur serilerek doldurulması ve üzerinin dolgu ile kapatılması planlanmaktadır.

Öncelikle en fazla kırmızı çamurun biriktiği karşılıklı iki boşaltma ağızı arasına bir yol yapılarak hacmi en büyük olan 1. bölgenin önü kapatılacaktır. Buradaki çamuru çöktürmek üzere yaklaşık 40000 m³ lük 8 m yüksekliğinde yapay bir konsolidasyon tepesi oluşturulacaktır. Zemin üst kotu 1150 olacak şekilde zemini doldurma işlemi çamur akışı sürerken baraj ana gövde kreti üzerinden 20 m'lik kısımlar halinde başlayacaktır (Şekil 6.5) .



Şekil 6.5 : Baraj ana gövdesi üstünden başlatılan dolgu çalışmaları (Vardar, 2013).

Hem kret üstünden hem de yol üzerinden eş zamanlı olarak yapılabilecek aşamalı döküm ve aşamalı kırmızı çamur atma işlemleri ile her 20 m'lik dolgu katmanları arasında sıkıştırma sonucu süzülen atık suyun yönlendirileceği kotu 1148,50 olan 1. bölge atık suyu toplama göleti oluşturulacaktır.

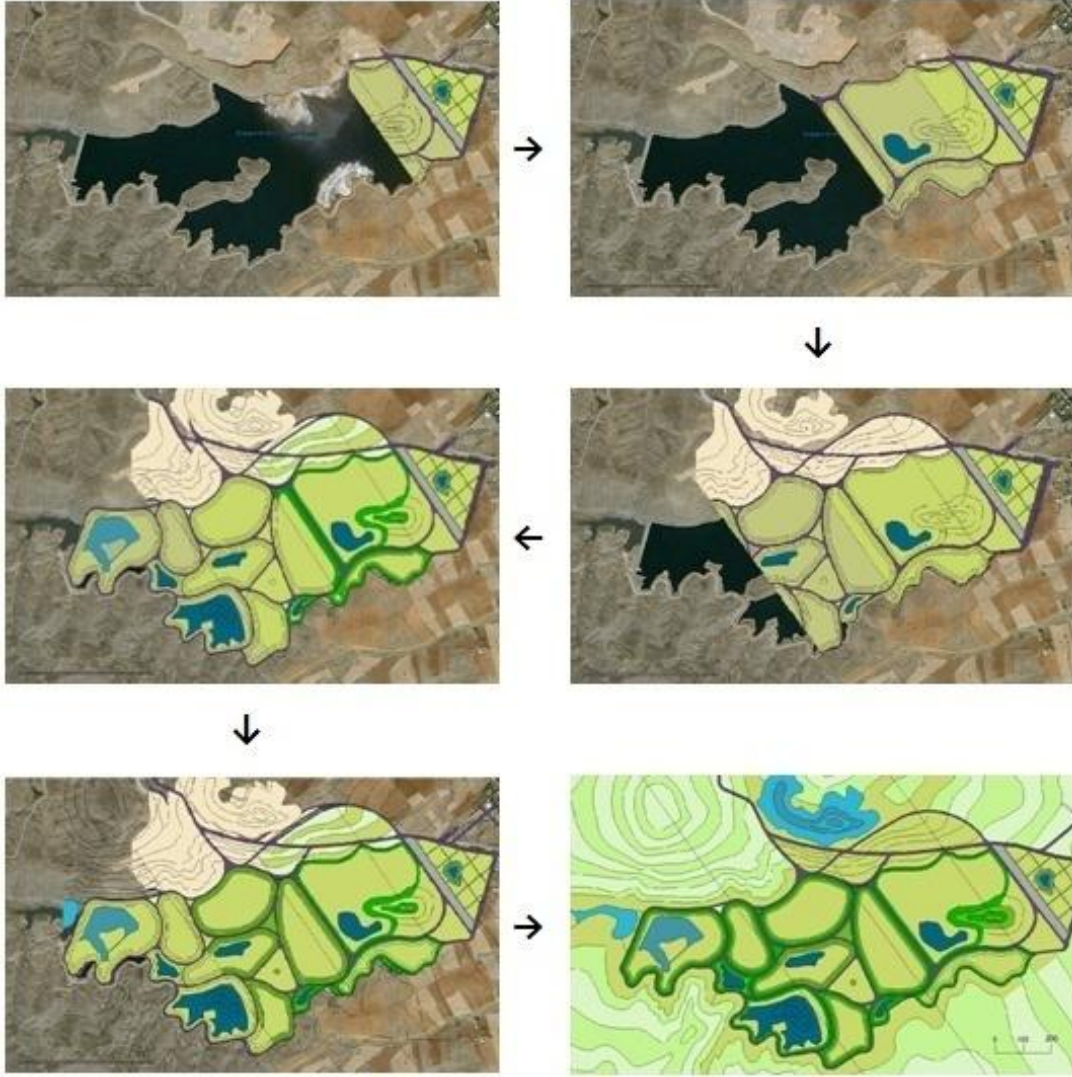
Atık Barajının rehabilitasyon çalışmaları için bölümlendirilen 2. 3. ve 4. bölgeleri de boyutları daha küçük ve daha az miktarda kırmızı çamurun çökelediği kontrollü bölgeler halinde 1. bölgedeki gibi 20'şer metrelik katmanlar halinde doldurularak, sıkıştırma sonucu çıkan sızma sular için de her bölgede atık suyu toplama göleti oluşturulacaktır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 : I. Kırmızı Çamur Atık Barajı için rehabilitasyon alanları (Vardar, Esin, 2013).

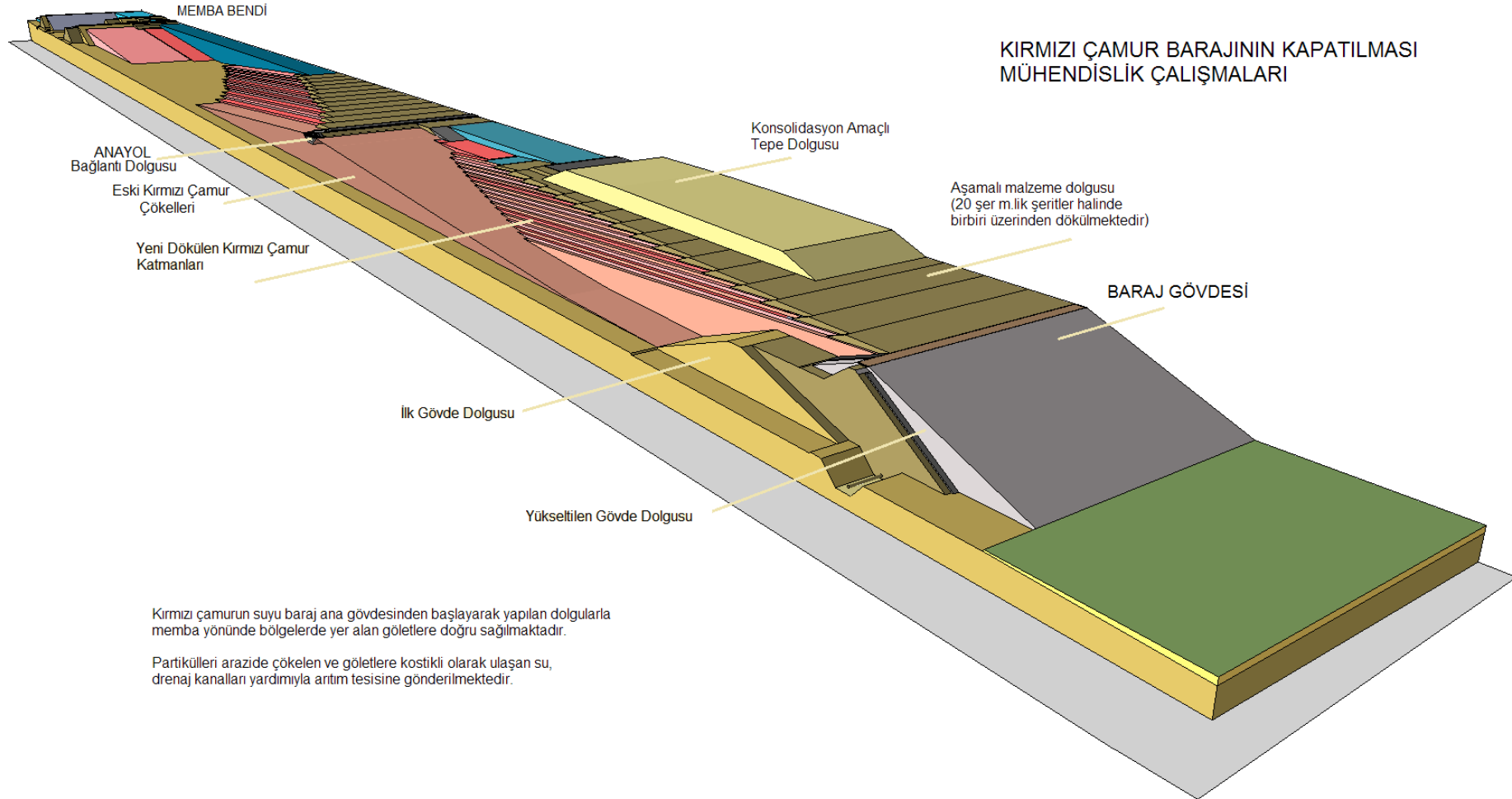
Kotları 1148,50 olacak atık suyu toplama göletleri arasında taşkın suyunun geçişini sağlamak üzere bağlantı kanalları ve arıtmaya giden bağımsız kanallar yapılacaktır.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajında sonlandırma çalışmaları kapsamında yapılacak doldurma işlemleri için dolgu malzemesi daha öncede malzeme alınmış olan barajın hemen kuzeyindeki C bölgesinden temin edilecektir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 : Baraj dolgusu ve rehabilitasyon süreci gelişim aşamaları (Vardar, Esin, 2013).

Sonuç olarak rehabilitasyon çalışması yapılacak proje alanı aşamalı işlemlere olanak verecek şekilde bölgelendirilmiştir (Şekil 6.8).

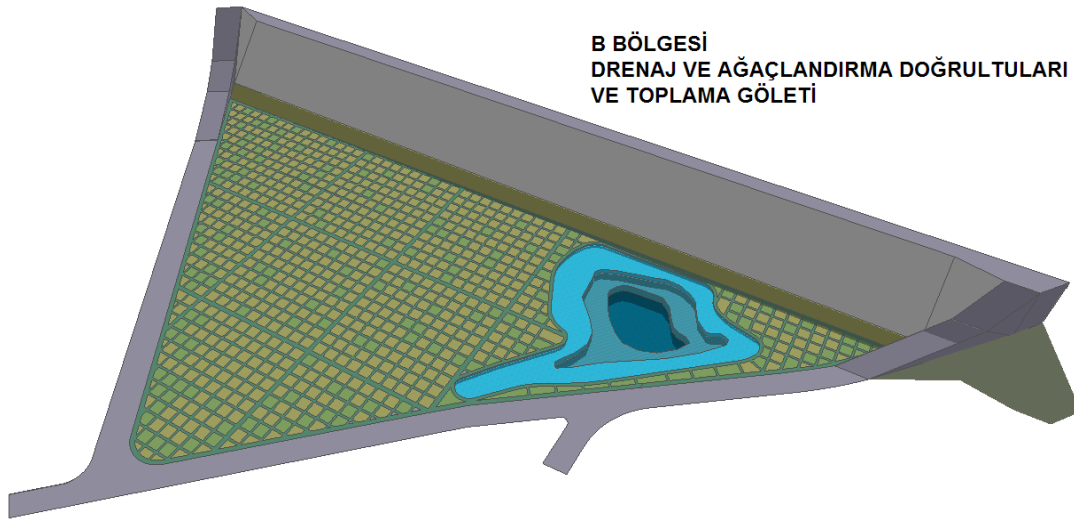


Şekil 6.8 : Kirmızı Çamur Barajı'nın kapatılması mühendislik çalışmalarını gösteren kesit perspektif (Vardar, 2013).

6.2 B Bölgesi (Kırmızı Çamur Barajı Gövde Önü) Rehabilitasyon Çalışmaları

Normal şartlarda sızdırmaz olan baraj gövdesinden, su kotu 1148,50'yi geçtiğinde mansap kreti üstünden taşan atık suyun sızdığı baraj gövdesinin altında kalan, çevresinde tarım alanlarının ve yakın yerleşmenin bulunduğu ikinci bölge B olarak adlandırılmıştır. Rehabilitasyon çalışmalarında, baraj gölündeki dolgu ve atık işlemleri sürerken aynı zamanda başlayabilecek şekilde atık suyun drene edilebileceği bir su toplama havuzu oluşturularak, sızıntı suları yüzünden pH değeri yükselen toprağın temizlenerek bitkilendirilmesi planlanmıştır.

Daha önce gerçekleşen atık su sızmalarından dolayı kirlenen üçgen şeklindeki B bölgesinde toprak temizleme işlemlerine başlamak için öncelikle sızıntı bölgesine yakın konumda, 1125 olan saha kotundan aşağıda kalması amacıyla 1123 kotunda hacmi yaklaşık 25000 m³ olması planlanan bir toplama havuzu yapılacaktır (Şekil 6.9).

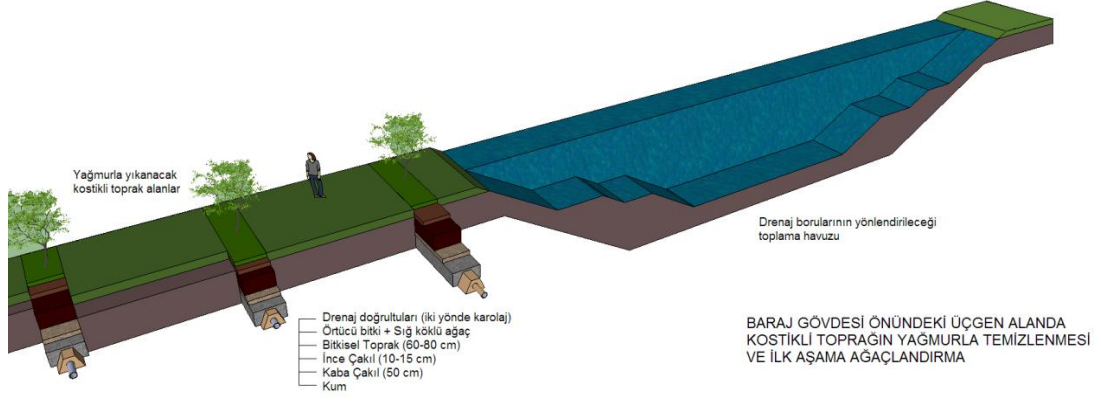


Şekil 6.9 : B Bölgesi drenaj ve ağaçlandırma doğrultularını ve su toplama havuzunu gösteren çizim (Vardar, 2013).

Araç geçişine olanak verecek şekilde yollarla ayrılmış üçgen alanı ve havuz kenarlarını çevreleyen 2 m eninde drenaj kanalı açılacaktır. Bu alan içinde su toplama havuzu ile bağlantıları yapılacak 1-1,50 m derinliğinde, 1 m eninde 20-25 m²'lik alanlara bölünmüş drenaj karolajı oluşturulacaktır.

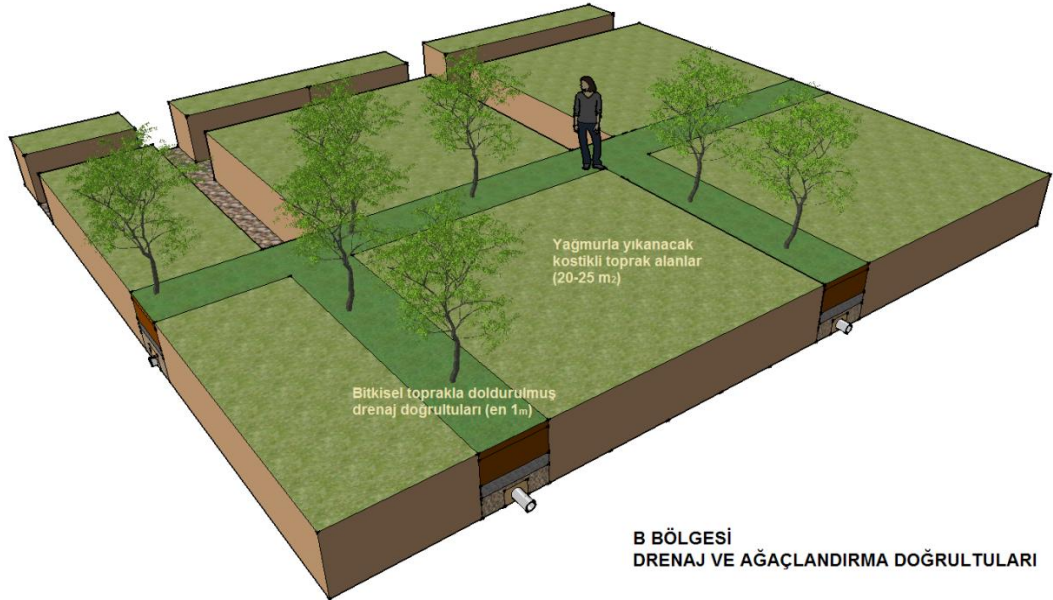
İlk olarak kanallara 50-60 cm derinlikte kaba çakıl dökülerek kum arasına yerleştirilecek 20 cm çaplı drenaj boruları döşenecek ve koruma amaçlı drenaj boruları üzerine tekrar kum ve 10-15 cm ince çakıl dökülecektir.

Drenaj sistemi ve malzeme serme işlemi tamamlandıktan sonra zeminin en üstüne zenginleştirilmiş bitki toprağı serilerek hızlı kök salan sık gövdeli ağaçlar dikilecektir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10 : Drenaj kanalı detayı (Vardar, 2013).

Ağaçlandırılan hatlar arasında işlem görmemiş olarak kalan pH değeri yüksek yaklaşık 20-25 m²'lik alanise zaman içinde yağmurla atıkların drenajlara süzülmesi yoluyla temizlenecektir. Düzenli yapılacak ölçümler sonucunda pH değerleri normal seviyelere indiğinde bu alanlar da ağaçlandırılacaktır (Şekil 6.11).

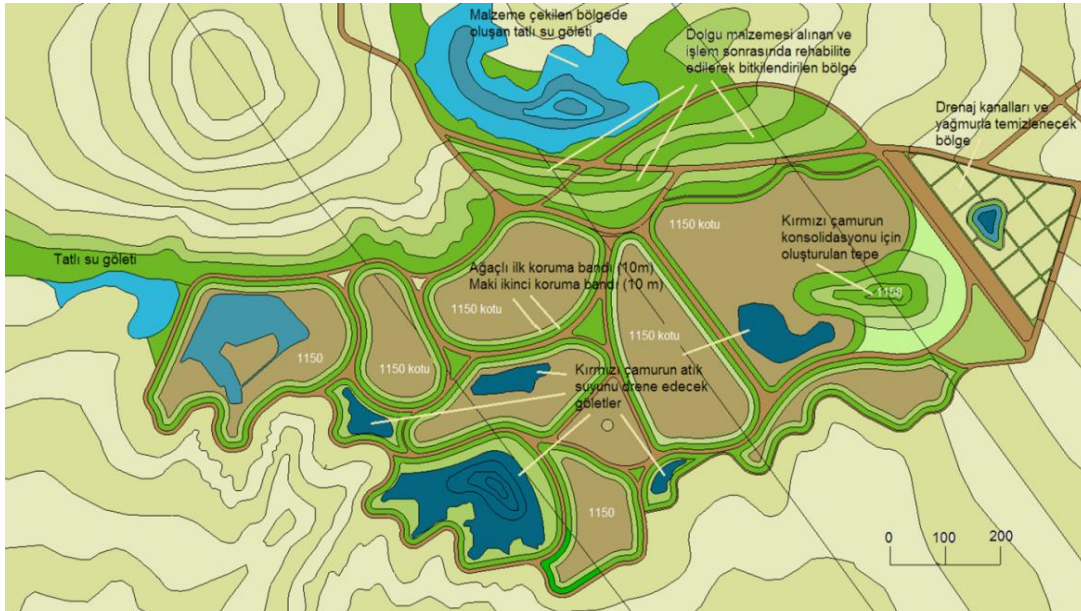


Şekil 6.11 : Drenaj kanalı karolajı (Vardar, 2013).

6.3 C Bölgesi (Malzeme Alınan Bölge) Rehabilitasyon Çalışmaları

Kırmızı çamur barajının kuzeyinde kalan C bölgesi, baraj içindeki kırmızı çamurun konsolidasyon işlemleri için gereken dolgu malzemesinin temini için yararlanılacak alandır. Arazi hafriyatı sonrasında kazı alanının geçirimsizliği sağlanarak yağmurla beslenen tatlısu göl alanı oluşturularak çevre düzenlemesi ve ağaçlandırma yapılacaktır (Şekil 6.12).

Önceden yapılmış hafriyatlar nedeniyle sınırları belirginleşen bu alandan kırmızı çamur atık barajı dolgusu için büyük miktarda malzeme alınmaya devam edilecektir fakat arazi kotlarının dengeleri ve çevre düzenlemesi düşünülerek dolgu için malzeme gereksinimi durumunda kırmızı çamur barajının kuzeyindeki tepelerden yararlanılacaktır.



Şekil 6.12 : Dolgu bölgeleri (Vardar, Esin, 2013).

Sonuç olarak, I. Kırmızı Çamur Atık Barajı su üst kotu 1148,50'yi geçmediği sürece taşma nedeniyle sızıntı ve toprak kirlenmesi meydana gelmeyecektir. Böylece B bölgesi temizleme çalışmaları baraj kullanımı sırasında başlayabilecektir. Rehabilitasyon çalışmaları A bölgesi kapsamındaki baraj dolgusu ve su arıtma işlemleri de, kırmızı çamur atık ağzının baraj yüzeyinde gezebileceği düzeneğin hazırlanmasının ve baraj bölgesi yakınında arıtma sisteminin kurulmasının ardından mansap tarafından kademeli olarak başlayabilecektir. Malzeme alınacak C bölgesinin rehabilitasyonu ise son aşamadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yerinde yapılan çalışmalar kapsamında, I. Kırmızı Çamur Barajı alanı ve çevresinin pek az yerinin örtülü olduğu dolayısıyla yüzey jeolojisinin anlaşılmasını engelleyebilecek özel bir durum olmadığı görülmüştür. Baraj çevresindeki şistler, şeyl ve kuvarsit zonlar, alüviyal örtü sınırları ve malzemesi kolayca izlenebilmektedir. Araştırma aşamasında yamaç molozu yayılımı ve kalınlıkları, ayırık malzeme değişimi, anakaya dokunağı, ayrılmış zon kalınlıkları yeterli duyarlılıkta saptanmıştır. Göl alanı ve gövde dolayında heyelan, krip, kayma, göçme, erime, şişme, kabarma olayları izlenmemiştir.

Barajın boksit rezervleri tükeninceye kadar ki süreçte işlevsel olarak yeterliliğinin sorgulandığı bu çalışmada, barajın dolgu temel zemini, kazı, geçirimsizlik örtüsü, hesaplama ve boyutlandırma kriterleri açısından bir olumsuzluk olmadığı sonucuna varılmıştır. Baraj gövdesinin 1975 yılında yeniden yükseltilen kısmı da baraj güvenliğini arttırmış, duraylılık sorunlarının oluşmasını engelleyerek barajı risksiz hale getirmiştir. Barajdaki su seviyesi 1148,50 kotunun altında olduğu sürece herhangi bir taşma durumu söz konusu değildir. Atık barajı ana dolguları çevreden alınan iki tip kayaktan oluşmuştur. Pliyosen çökellerinden sağlanmış olan killi (geçirimsiz) ve kumlu-çakıllı (geçirimli) malzeme kullanılmıştır. I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın gövde dolgularında kullanılmış olan malzemelerin özellikleri barajın projelendirilmesi sırasındaki malzeme araştırmaları kapsamında belirlenmiştir.

Türkiye'de, 20 metreden fazla sedde yükseklikli su toplama yapılarının idari izin ve denetiminin Devlet Su İşleri tarafından yapılması ilgili mevzuat gereğidir. Bu nedenle Seydişehir Eti Alüminyum Tesisi I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nda yapılan tüm çalışmalar DSİ tarafından kontrol edilmektedir. Barajın yükseltme dolguları da DSİ baraj dizayn kriterleri kapsamında, statik ve dinamik yükleme koşullarına göre projelendirilirken, geçirimsizlik kaplamaları, su alma ağızları ve kuşatma kanalı yapıları da ilgili DSİ standartlarına uygun olarak inşa edilmiştir. Atık Barajında işletme sonuna kadar su seviyesi ile baraj kreti arasında en az 2 metrelik bir emniyet payı olması kesinlikle önerilmektedir.

Barajın terki sonrasında, gölet içindeki çamur boşluk suyunun drenajı sonucunda büyük ölçüde konsolide olacak ve dolayısı ile memba dolgusuna dönüşerek barajı daha da güvenli hale getirecektir. Baraj gövdesi tümüyle temel kayacı üzerine oturduğundan hiçbir noktada zemin emniyet gerilmelerinin üzerine çıkılmamıştır. SEM analizleri sonucunda mevcut durum için gövdenin memba tarafında su yükü sebebiyle 20 cm civarında, mansap tarafında ise maksimum 2 cm'lik deplasmanlar hesaplanmıştır. Bu deplasmanlar mevcut durumda tamamlanmış olup yeni deplasmanlar meydana gelmeyecektir. Fellenus koşuluna ve Janbu yöntemine göre kayma daireleri ve güvenlik sayıları hesaplanmıştır. Baraj gövdesinin genelinde güvenlik sayıları 3-6 arasında değişmekte olup bu değerler DSİ kriterlerine göre yeterli güvenliği sağlamaktadır. Dolayısıyla baraj gövdesinin duraylılığının üzerinde herhangi bir olumsuzluk söz konusu değildir.

I. Kırmızı Çamur Atık Barajı'nın gölalanı yamaçları ile sağ ve sol mansap yamaçlarında heyelan riski bulunmamaktadır. Baraj gövdesinin statik ve olası deprem koşullarındaki duraylılığı irdelendiğinde de bulunan güvenlik sayıları açısından atık barajının risk taşımadığı belirlenmiştir.

Baraj gövdesi ve göl alanı geçirimli Pliyosen çökelleri üzerinde bulunmamaktadır. Tabandaki alüvyonlar sıyrılıp alınarak gövde oturtulmuş olduğundan tabandan sızma söz konusu değildir. Gövde yapısı kalınlığı açısından sızdırmaz şekilde imal edilmiştir. Ayrıca, barajın dolgu şevlerini örten ince taneli atık çökellerinin oluşturduğu geçirimsizlik tabakası, suyun gövde içine girmesini engelleyerek geçirimsizliği daha da arttıracaktır. Sonuçta baraj gövdesi içindeki suların yer altından ve gövdeden sızmaya bağlı kirletme olasılığı bulunmamaktadır. Daha önceden oluşan sızmaların ise, barajdaki su seviyesinin kret kotunu geçtiği için meydana geldiği, eğim durumu ve barajın çevresindeki kayaçların özellikleri incelendiğinde, barajın öngörülen kotta kullanıldığında sızdırmaz olduğu anlaşılmıştır.

Atık çamuru içindeki parçacıkların tane boyutunun kil-silt mertebesinde olması prensip olarak çökme süreci içinde pekleşen ortamın giderek daha da geçirimsizleşmesine neden olacaktır. Önüne yığılma olduğunda hiçbir sızma olmayacaktır.

Tesis alanına gelen yağış suyu ile tesisten gelen atık suyun doğrudan atık barajına verilmesi planlanmıştır, tesisin üzerinde kurulu bulunduğu 3,038 km² olan beslenme havzasında yamaçlardan gelecek fazla yağış sularının dışarıya atılması için kuşaklama kanalı yapılmış ve DSİ tarafından onanmıştır. Projelendirilen kuşaklama kanalı, hidrolojik açıdan gerekli kapasitede ve erozyona karşı dayanıklı bir yapıdır. Taş ve molozla dolmayacak şekilde bakımının yapılması halinde, bu kanalı sürekli hizmet verebilecek özelliktedir. Bu nedenlerle atık havuzu, 1000 yıllık yağış rejimi hesaplamalarına göre belirlenmiş olan yüzey sularını toplama gölü ve kuşaklama kanalıyla birlikte güvenli bir sistem oluşturmaktadır.

Mühendislik açısından değerlendirildiğinde, tesisteki I. Kırmızı Çamur Atık Barajı, yöredeki doğal erozyon koşullarını olumsuz olarak etkilememesi ve hatta mevcut dereler üzerindeki olası taşkınları da denetim altına alması nedeniyle hidrolojik açıdan doğal erozyonu önleyici bir taşkın kontrol yapısı özelliğindedir.

Çevreden sağlanarak kaya dolgusu olarak kullanılan kayaçların mekanik-geoteknik parametreler açısından hiçbir sorunu bulunmamaktadır.

Tesisin faaliyetlerinin sona ermesinden sonra rehabilitasyon çalışmaları kapsamında atık barajındaki su doğal buharlaşmaya tabi tutularak, atık yüzeyinin kurutulması ve atık malzemesi üzerinin geçirimsiz malzeme ile kapatılması bitkisel toprak serilip yeşillendirilmesi, erozyona karşı gerekli yüzey drenaj önlemlerinin alınması planlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akay, E.** (1981). Beyşehir yöresinde (Orta Toroslar) olası Alt Kimmeriyen dağ oluşum izleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 26/2, 26-29.
- Akay, E., Uysal, Ş., Poisson, A., Crevette, J. ve Müller, C.** (1985). Antalya Neojen Havzasının Stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26/2, 26-29.
- Akay, E. ve Uysal, Ş.** (1986). Orta Torosların Post-Eosen tektoniği: MTA Derg., 108, 57-68, Ankara.
- Anon.** (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 19, 364–371.
- Anon.** (1981). Assessment of damage in low – rise buildings, with particular reference to progressive foundation movement. Digest 251, Building Research Establishment, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Anon.** (2009). Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi (IPPC-2008/01/EC)- Maden Atıkları ve Kayak Yönetimi. Ocak, 2009.
- Arda, S.** (2003). Türkiye’de Doğa Koruma Alanı Uygulamaları ve Avrupa Birliği Mevzuatı ile Karşılaştırılması, Y.Lisans Tezi, AÜ SBE Çevre Anabilim Dalı, Ankara.
- Barlas, H.** (2002). “Suların arıtımında ileri teknolojiler” ders notları, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul.
- Bilstad, T.** (1997). “Membrane Operations”, Water Science Technology, 36(2-3):17-4.
- Danışık, Ş.** (2007). Seydişehir’deki Türk Devri Yapıları, Y.Lisans Tezi, Selçuk Üniv. SBE, Sanat Tarihi Anabilim Dalı, Konya.
- Demirtaş, R., Yılmaz, R.** (1996). Türkiye’nin sismotektoniği, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 91 s.
- Demirtaşlı, E.** (1987). Batı Toroslar Akseki, Manavgat ve Köprülü arasında kalan bölgenin jeoloji incelemesi: MTA Rap. 8779 (yayımlanmamış), Ankara.
- Dumont, J.F.** (1976a). Etudes géologiques dans les Taurides occidentales: Les formations Paléozoïques et Mésozoïques de la couple de Karacahisar (Province d’Isparta, Turquie): These 3^o cycle Univ. Paris-Sud. Orsay, 213p.
- Dumont, J.F.** (1976b). Isparta kıvrımı ve Antalya naplarının orijini: Torosların Üst Kretase tektonik jenezisi ile oluşmuş yapısal düzenin büyük bir dekolman, transtorik arıza ile ikiye ayrılması varsayımı: MTA derg. 86, 56-67.

- Dupoux, B.** (1983). Etüde compare'e de la tectonique. Neogene des bassins du sud de Chypre et du bassin d'Antalya (Turquie) : Docteur 3 e'cycle, Univ. Paris-Sud, 120 (yayımlanmamış), Orsay.
- Eren, Y.** (2000). Konya bölgesinin depremsellik özellikleri, Geoteknik incelemelerin mühendislikteki önemi, Deprem ve zemin aöısından Konya Paneli, Bildiriler, 54-56.
- Erinç, S.** (1996). Klimatoloji ve Metotları, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul
- Evans, G., Morgan, P., Evans, W.E., Evans, T.R. ve Woodside, J. M.** (1978). Faulting and halokinetics in the northeastern Mediterranean between Cyprus and Turkey: Geology, 6, 392-396.
- Garrison R.E. ve Fisher, A.G.** (1971). Deep-water limestone and radiolarites of the Alpine Jurassic. In: G.M. Friedman [Editör], Depositional Environments in Carbonate Rocks; a Symposium. Soc. Econ.Paleont. Miner. Spec. Publ.14, 20-56.
- Geological Society Engineering Group Working Party.** (1972). The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Quarterly Journal of Engineering Geology, 5(4), 295-381.
- Geological Society Engineering Group Working Party.** (1977). The description of rock engineering purposes. Quarterly Journal of Engineering Geology, 10, 355-388.
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R.** (1979). Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları: Türkiye JeolKur. Bült., 22, 7-26.
- Golder Hoek and Associates.** (1979). Instruction Manual-I. Geotechnical Data Collection. UNDP Training Project, Contract No. Con. 97/78, 56p.
- Göncüoğlu, M.C.** (1981). Niğde Masifinde Viridin-Gnaysm kökeni: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24, 45-51.
- ISRM.** (2007). The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, Turkey, 628p.
- Koçyiğit, A.** (1983). Hoyran Gölü (Isparta bükümü) dolayının tektoniği: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 1-10.
- Koçyiğit, A.** (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 27, 1-16.
- Koyuncu, İ.** (2001). Nanofiltrasyonmembranları ile tuz gideriminde organik iyon etkisi, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kural, E.** (2000). Tekstil boyahane atıksularınınnanofiltrasyonmembranları ile geri kazanımı ve renk giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Monod, O.** (1977). Recherches geologique dans leTaurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie): These Univ. Paris-Sud Orsay, 442 s.

- Mulder, M.** (1996). Basic principles of membrane technology, Kluwer publishers, London.
- Oktay, F.Y.** (1982). Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi: TJK Bült., 25, 1, 15-24.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.Ç., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, S. ve Işık, A.,** (1990). Konya-Kadınhanı-İlgın dolayının temel jeolojisi, M.T.A. Rapor No:9535 (yayınlanmamış).
- Özgül, N.** (1997). Bozkır-Hadım - Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan Tektono-Stratigrafik birliklerin stratigrafisi: MTA Derg., 119, 113-174.
- Özgül, N.** (1976). Torosların bazı temel jeolojik özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 19/1, 65-78.
- Özhan, G.** (1983). Kıyıötesi jeofizik verilerinin ışığında Antalya körfezinin jeolojik yorumu : Jeoloji Mühendisleri Odası Kurultayı Bült., 4, 47-50.
- Öztürk, A., Karadağ, M.M., ve Deli, A.,** (2008). Bozkır (Konya) ilçesinin doğu ve güneyini kapsayan bölgenin stratigrafisi, S.Ü. Müh-Mim. Fak. Derg., c23, 4.
- Poisson, A.** (1977). Recherches geologiques dans les Taurides occidentales (Turquie): These, Univ. Paris-Sud, Orsay, 795p.
- Rapor.** (2013). Sürdürülebilir Çevre Yaklaşımları Doğrultusunda 1.Kırmızı Çamur Barajının Islahı, Atıksuların Geri Kazanımı ve Kullanımı, Sonlandırmaya Yönelik Sonuç Raporu.
- Sarı, S. ve İnan, N.** (2011). “Seydişehir ile Beyşehir’in İklimlerinin Karşılaştırılması”, Selçuk Üniversitesi, SBE Dergisi, 291-310.
- Sengör, A.M.C. ve Yılmaz Y.** (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 81-241.
- Tekeli, O., Aksay, A. ve Ürgün, M. B.** (1984). Geology of the Aladağ Mountains.In: O. Tekeli, and C. M. Göncüoğlu (eds.), Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, Ankara, 143-158.
- Yalçın, M.N. ve Görür, N.** (1984). Sedimentological evolution of the Adana basin: O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu ed., Geology of the Taurus Belt da., Proceedings Int. Sym., 26-29 Sept., 125-142 Ankara-Turkey.
- Yıldız, N.** (2004). Seydişehir ve Civar Köylerdeki Heykeltraşlık Eserleri, Y.Lisans Tezi, Selçuk Üniv. SBE, Arkeoloji Anabilim Dalı, Konya.
- Zanbak, C.** (2012). Madencilikte çevresel risk yönetimi, Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri, Bildiriler Kitabı, 25-77, Afyonkarahisar
- Url-1** <http://tr.wikipedia.org/wiki/Akdeniz_Bölgesi>, alındığı tarih: 08.09.2014.
- Url-2** <<http://odaknoktasi.blogspot.com/2007/08/>>, alındığı tarih: 09.12.2014.
- Url-3** <<http://www.seydisehir.bel.tr/>>, alındığı tarih: 08.09.2014.

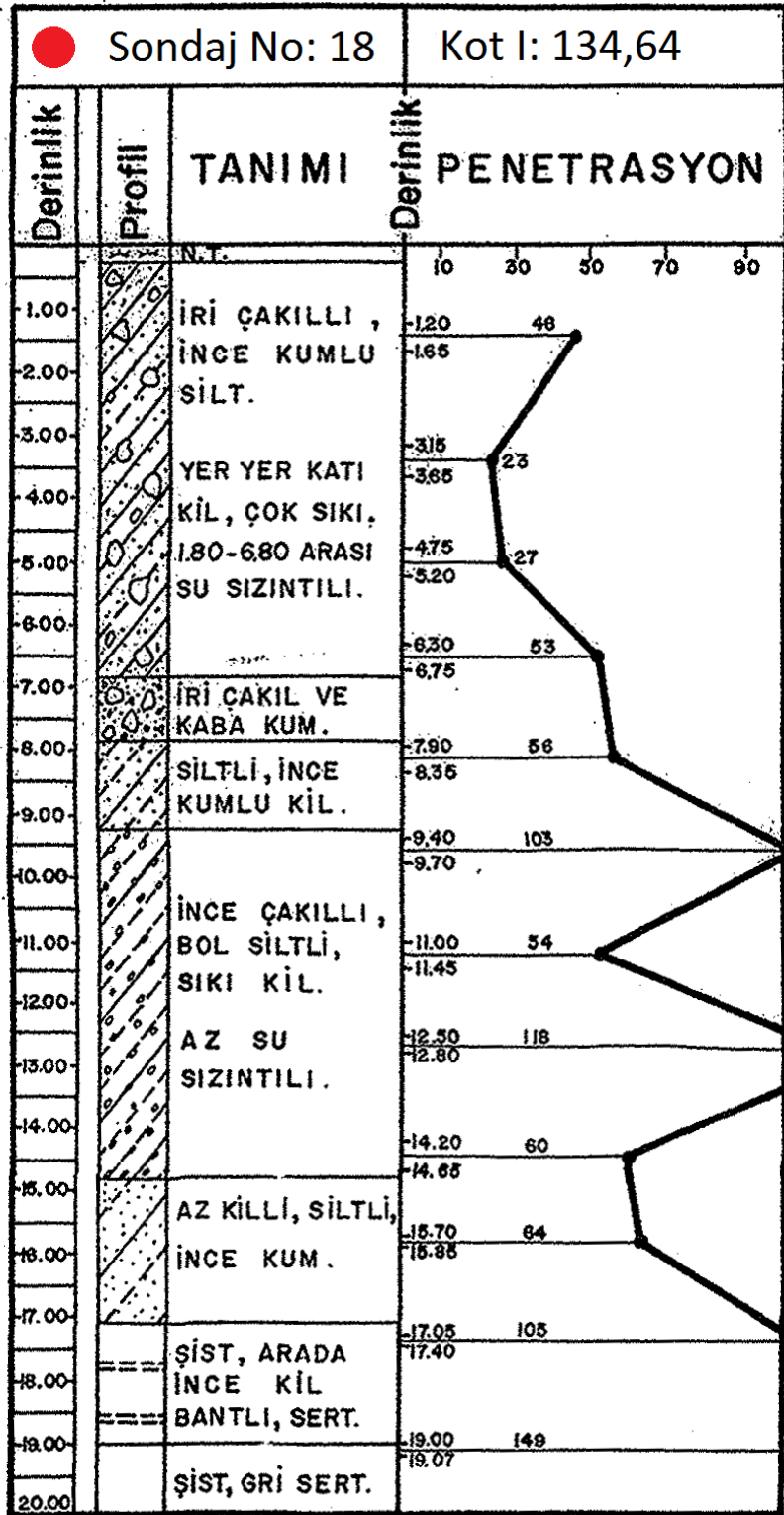
EKLER

EK A: Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Sondaj Logları

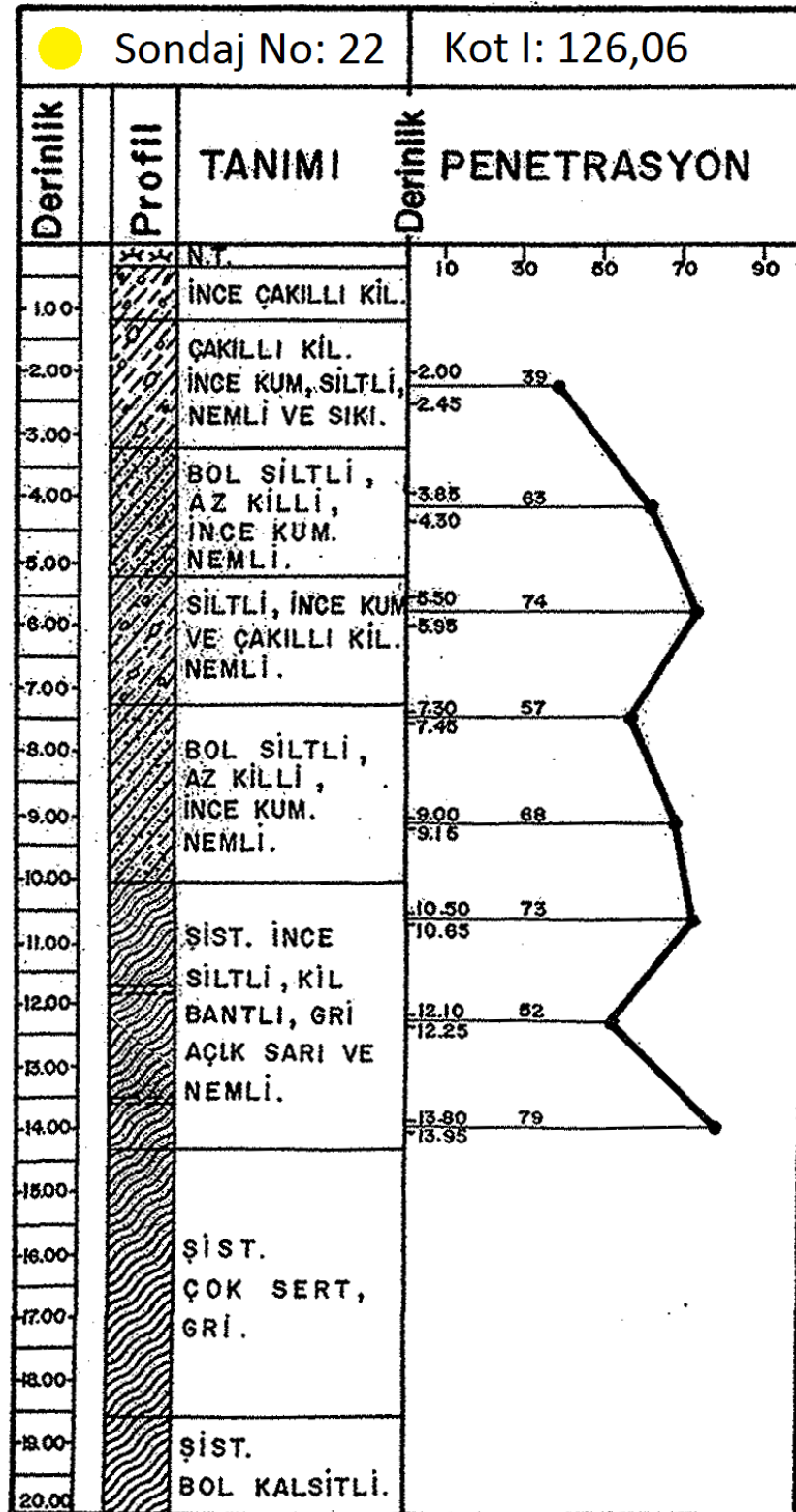
EK B: Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Jeoloji ve Malzeme Paftası

EK C: Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Gövde Plan ve Kesitleri Paftası

EK D: Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Dolguların Stabiliteleri Paftası

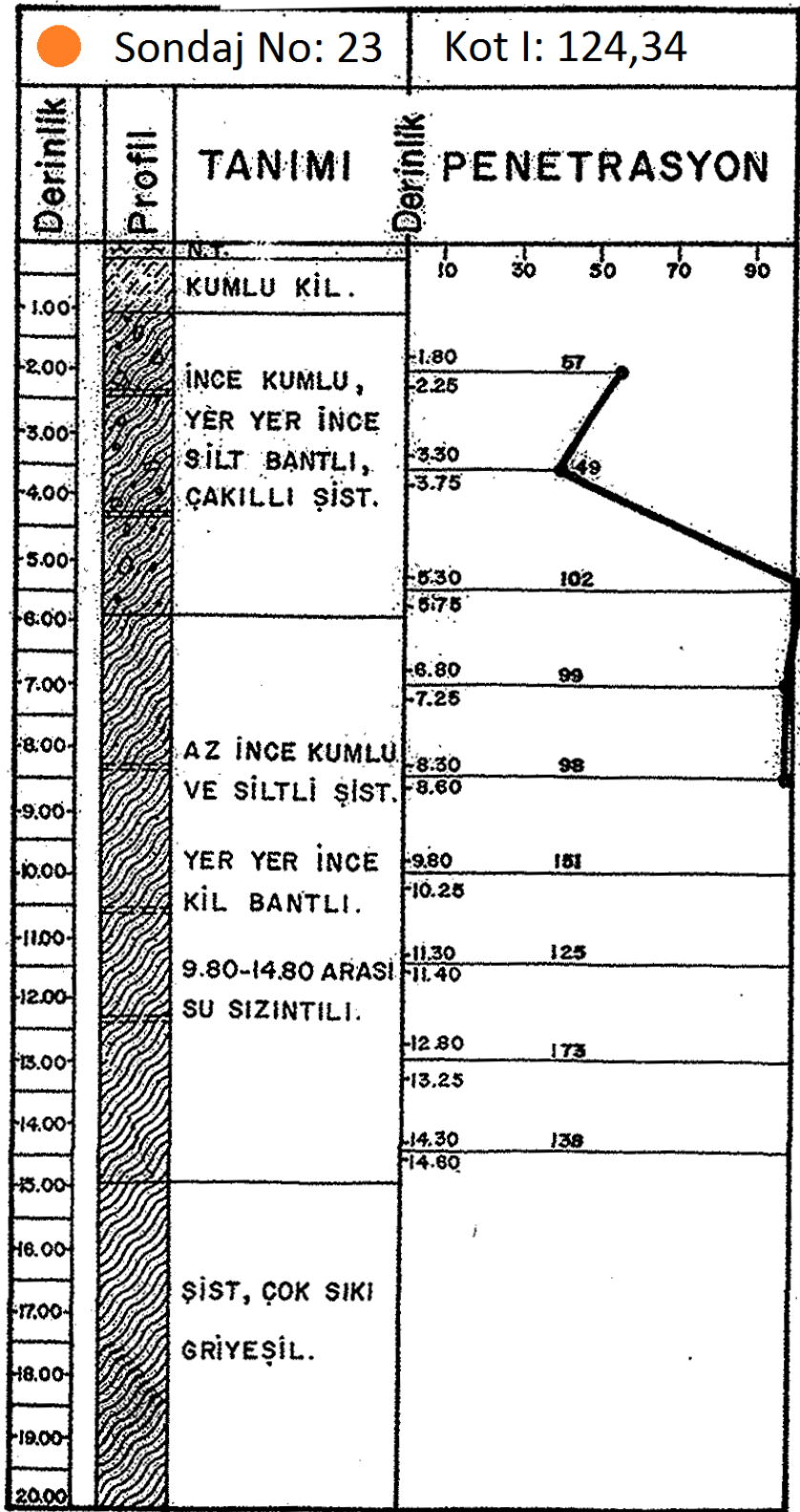


Şekil A1: I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 18 numaralı sondaj logu (Temelsu, 1975).



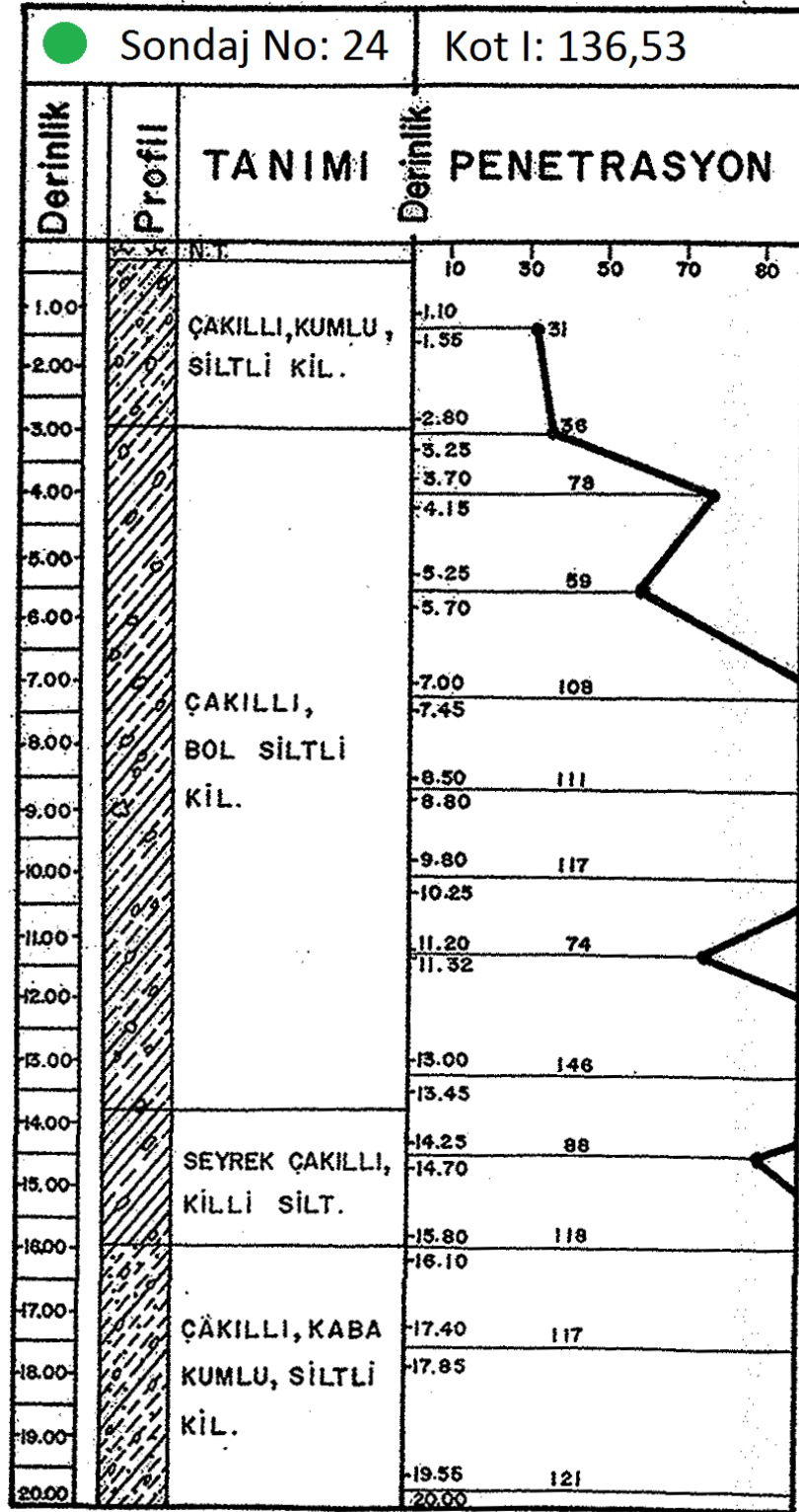
Şekil A2: I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 22 numaralı sondaj logu (Temelsu, 1975).

EK A



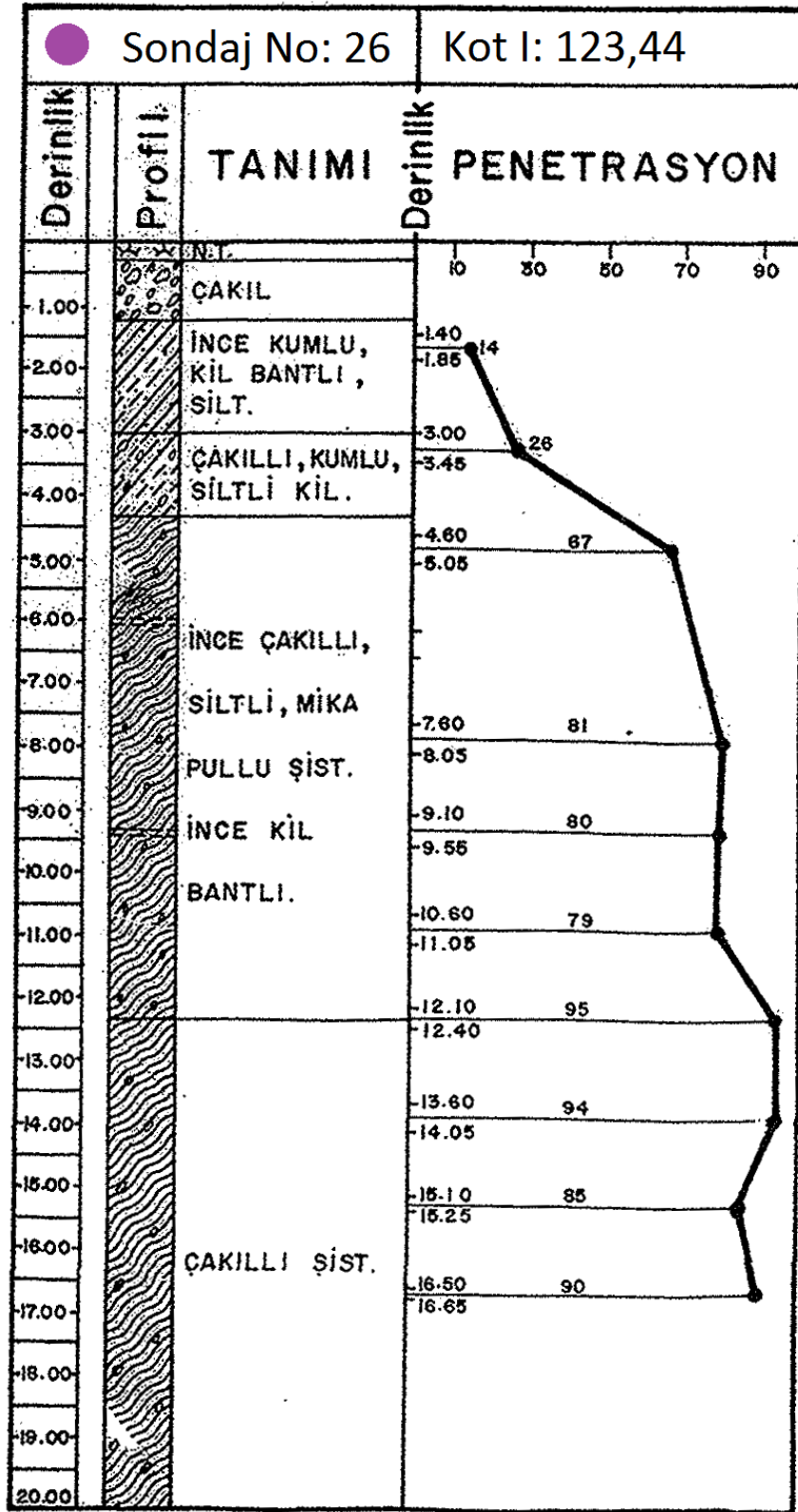
Şekil A3: I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 23 numaralı sondaj logu (Temelsu, 1975).

EK A

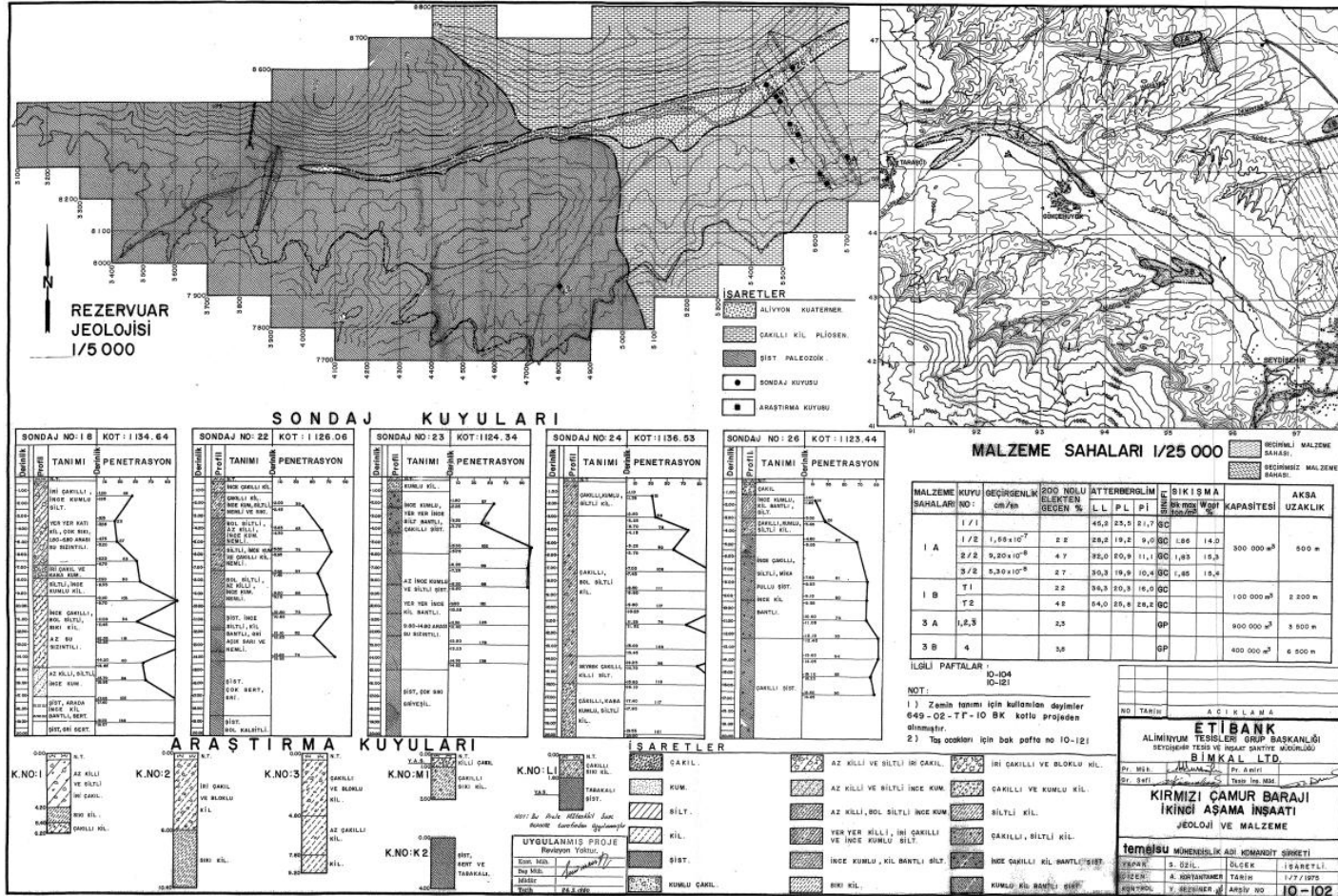


Şekil A4: I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 24 numaralı sondaj logu (Temelsu, 1975).

EK A

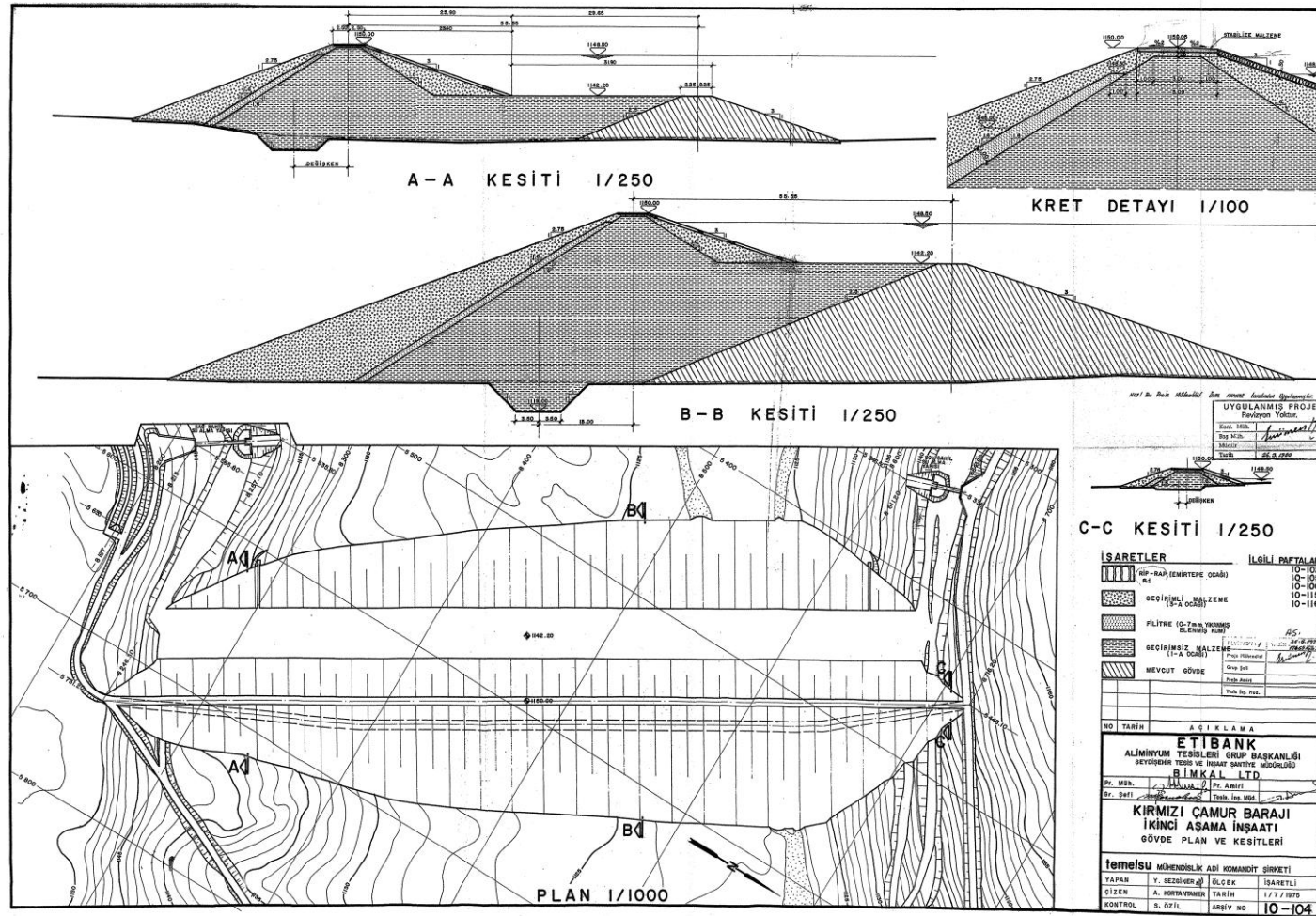


Şekil A5: I. Kırmızı Çamur Atık Barajı 26 numaralı sondaj logu (Temelsu, 1975).



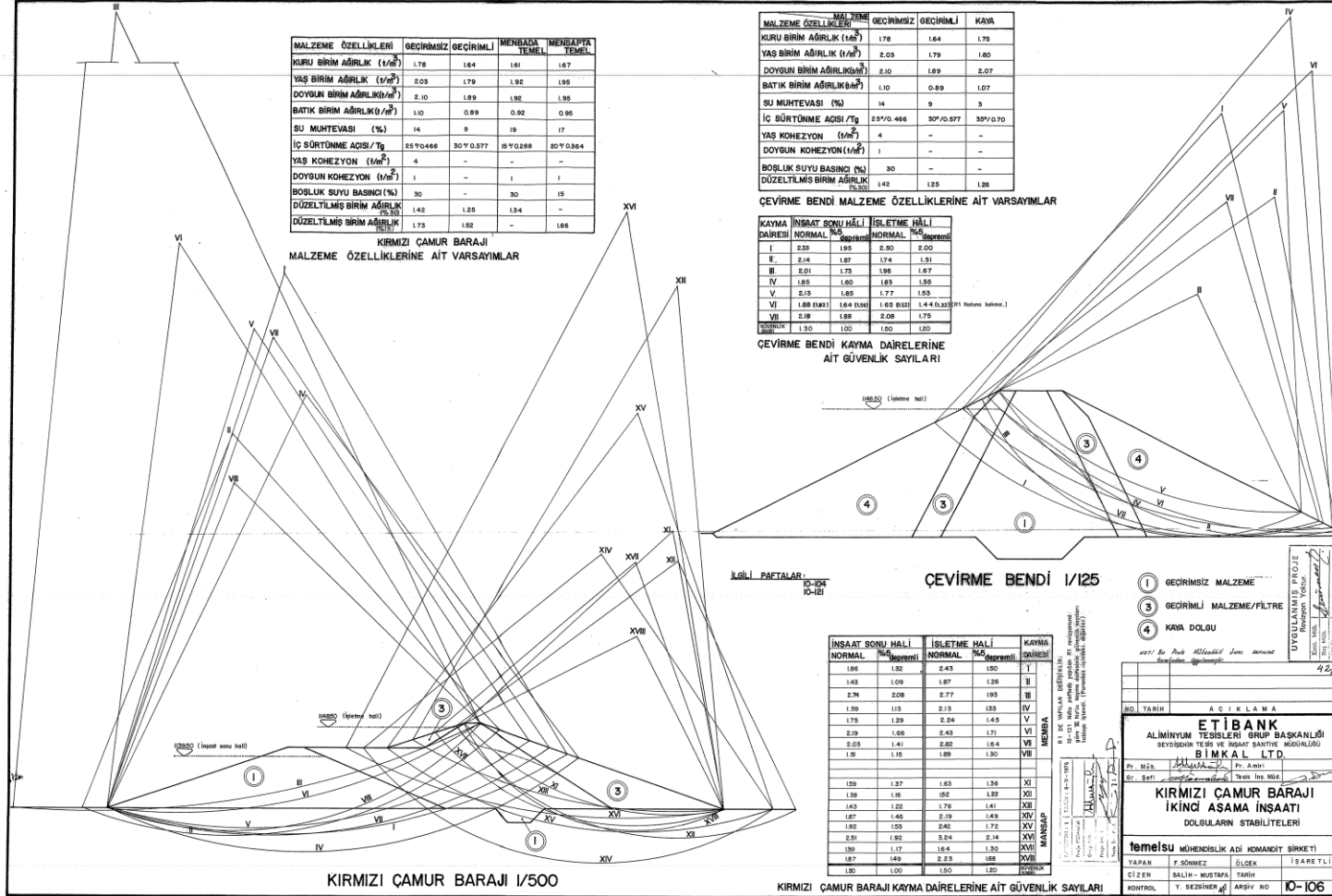
Şekil B: Kırmızı Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Jeoloji ve Malzeme (Temelsu, 1975).

EK C



Şekil C: Kirmizi Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Gövde Plan ve Kesitleri (Temelsu, 1975).

EK D



Şekil D: Kirmizi Çamur Barajı İkinci Aşama İnşaatı Dolguların Stabiliteleri (Temelsu, 1975).



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Süveyda Muş
Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir, 1986
E-Posta : mussuveyda@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği