

**ÖZEN BARAJI (HAFİK)
DOLUSAVAK GÜNEYİNDEKİ HEYELANLARIN
JEOLojİK İNCELEMESİ**

BAHAR SAĞLAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Işık YILMAZ

2003

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ' NE

Bu çalışma jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Ergun KARACAN



Üye: Yrd.Doç.Dr. Orhan CERİT



Üye: Yrd.Doç.Dr. Işık YILMAZ



ONAY

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

18...08/ 2003



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ ✓

Prof. Dr. Rauf AMİROV

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora tez yazım kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

<u>İÇİNDEKİLER</u>	<u>Sayfa</u>
Özet	iii
Summary	v
Teşekkür	vii
Şekiller Dizini	viii
Çizelgeler Dizini	ix
Fotoğraflar Dizini	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Önceki Çalışmalar	2
1.2. Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşım	3
1.3. Topografya ve Jeomorfolojik Durum	5
2.JEOLOJİ	6
2.1. Bölgesel Jeoloji	6
2.1.1. Stratigrafik Jeoloji	6
2.1.1.1. Koşutdere Ofiyolitik Karışığı (Krk)	6
2.1.1.2 Boztepe Formasyonu (Krb)	9
2.1.1.3. Doğanşar Formasyonu (Td)	10
2.1.1.3.1. Pusat Üyesi (Tdp)	10
2.1.1.3.2. Çatpınar Üyesi (Tdç)	10
2.1.1.4. Alüvyon (Qal)	10
2.1.1.5. Yamaç Molozu (Ym)	11
2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi	12
2.2.1. Koşutdere Ofiyolitik Karışığı (Krk)	12
2.2.2. Boztepe Formasyonu (Krb)	12
2.2.3. Yamaç Molozu (Ym)	12
2.3. Yapısal Jeoloji	13
2.3.4. Faylar	13
2.4. Depremsellik	14
3. HİDROJEOLOJİ	20
3.1. Hidroloji	24

4. DOLUSAVAK HEYELANI VE DURAYLILIĞI	27
4.1. Özen Barajı Dolusavak Yapısı	27
4.2. Heyelanların Tanımlanması	27
4.3. Heyelan Malzemesinin Temel Jeo - Mühendislik Özellikleri	32
4.4. Heyelanların İzlenmesi	37
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	40
6. KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45
EKLER	

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Özen Barajı (Hafik) Dolusavak Güneyindeki Heyelanların Jeolojik
İncelemesi

Bahar SAĞLAM
Cumhuriyet Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Işık YILMAZ

Yakın zamanda Özen Barajı (Hafik - Sivas)'nın güneyinde yer alan ve dolusavak yapısını tehdit eden bir çok heyelanlar oluşmuştur. Gerçekleştirilen kinematik analizler, hakim şev yönü ile uyumlu (GD - KB) potansiyel duraysızlık yönlerini ortaya koymuştur. Yapılan jeoteknik araştırmalar, temel kayası ile yamaç molozu arasında yer alan ayrışma zonunda düzlemsel yüzeyler boyunca yenilmelerin oluştuğunu ve şevlerin ileri düzeyde duraysızlığa eğimli olduğunu ortaya koymuştur. Önceden var olan yenilmeler, şev topuğundaki kazı çalışmaları, temel kayasının zayıf özelliği ve şev yüzeyini oluşturan yamaç molozu malzemesinin suya doygun koşulu yüksek şev eğimleri ve taç bölgesindeki yol yapımı çalışmaları kaymayı oluşturan kuvvetleri arttırmış, kaymaya karşı koyan kuvvetleri düşürmüştür. Yüzey drenajlarıyla yeraltısuyunun ve yüzeysel akışın kontrolü, şev eğiminin azaltılması ve dolusavak duvarı ile şev arasına topukta yer alacak takviyelerin inşası gibi kaydırıcı kuvvetleri azaltan - kaymaya karşı koyan kuvvetleri arttıran bazı iyileştirme yöntemleri kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Ayrışma, baraj, dolusavak, heyelan, Sivas.

SUMMARY**MSc Thesis****Geological investigation of the landslides in the south of the Özen dam(Hafik)****Bahar SAĞLAM****Cumhuriyet University****Graduate School of Natural****and Applied Sciences****Department of Geological Engineering****Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Isik YILMAZ**

Recently, numerous landslides occurred in the southern part of the Özen Dam (Sivas-Turkey) threatening the spillway. Kinematical analyses showed that the potential slope instability direction is NW corresponding to the dominant slope directions. Geotechnical surveys confirmed the rock slopes are highly prone to instability, and failures occurred in the limits between basement rock and debris material in the alteration zone as a planar surface. Pre-existing failures, excavations in the toe of the slopes, low quality of the basement rock unit, saturation of the earth material on the slope causing an increase of the water pressure, high slope grades and highway works on the crown part of the landslides increased the driving forces and decreased the resisting forces. Some stabilization methods would be useful to decrease the resisting forces and increase the driving forces, such as; to control of the surface run-off and groundwater level by surface drain, to change the grade of the slope, buttresses at the toe between slope with spillway wall.

Key-words: Alteration, dam, spillway, landslide, Sivas.

TEŐEKKÖR

Tez alıŐmalarım aŐamasında, baŐta danıŐman hocam Yrd. Do. Dr. IŐık YILMAZ olmak űzere DSİ' de jeoloji műhendisi olarak çalıŐan arkadaŐlarım, Mehmet GÖRLEK'e ve aileme yardım ve katkılarından dolayı teŐekkűr ederim.

Bahar SAĞLAM

SEKİLLER DİZİNİ**Sayfa**

Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası	4
Şekil 2.1. Sivas ili jeoloji haritası.....	7
Şekil 2.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti..	8
Şekil 2.7. İnceleme alanının genelleştirilmiş deprem haritası.....	15
Şekil 3.1. Özen barajı, Pusat deresinin sulama suyunun sınıflandırılması (Wilcox diyagramı)	22
Şekil 3.2. Özen barajı, Pusat deresinin sulama suyunun sınıflandırılması (ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı)	23
Şekil 4.1. Dolusavak güneyinde yer alan şevlere ait tabaka düzlemleri, şev yönü ve potansiyel yenilme yönünü gösteren stereografik izdüşüm ağı	30
Şekil 4.2. Heyelanlar ve yenilme düzlemlerini gösteren kesit.....	31
Şekil 4.3. Zemin örneklerinin tane boyu dağılımı	33
Şekil 4.4. Zemin örneklerinin plastisite abağı üzerindeki dağılımı ...	34
Şekil 4.5. Zemin örneklerinin şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı	36

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa**

Çizelge 2.1. Özen barajı öndeterministik değerlendirme sonuçları	16
Çizelge 2.2. Çalışma alanında belirli maksimumu yatay yer ivmesi değerlerinin belirli ekonomik ömürler içerisindeki aşılma olasılıkları.....	17
Çizelge 2.3. Çalışma alanında çeşitli ekonomik ömürler içerisindeki çeşitli olasılıklarla beklenen maksimum yatay yer ivmesi değerleri.....	18
Çizelge 3.1. Pusat deresinden alınan suyun kimyasal analiz sonuçları	21
Çizelge 3.2. Özen barajı yağış havzasını temsil eden yağış istasyonunun yılda günlük en büyük yağış - gözleendiği ay ve yıllık toplam yağış değerleri	24
Çizelge 3.3. Yağış havzası çevresindeki meteoroloji istasyonları ve yıllık ölçümleri	25
Çizelge 3.4. Zara DMİ aylık ortalama sıcaklıkları	25
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki kayan malzeme debrisin indeks özellikleri ve istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	35
Çizelge 4.2. Kayaçların kaya kalitesine göre sınıflandırılması	37
Çizelge 4.3. Heyelan kuyularında kayma düzlemini bulmaya yönelik ölçümler	38
Çizelge 4.4. Topografyada gözlenen değişim miktarları.	39

FOTOGRAFLAR DİZİNİ**Sayfa**

Fotoğraf 4.1. Dolusavaktan heyelanlı bölgeye bakış	28
Fotoğraf 4.2. Heyelan taç bölgesi ve kabarmalar	28
Fotoğraf 4.3. Heyelan topuk bölgesi	29
Fotoğraf 4.4. Heyelanın akış yönüne dik bakış	29
Fotoğraf 4.5. Heyelanlı bölgede yapılan makineli çalışma ve yolda oluşan çatlaklar	37

1. BÖLÜM
GİRİŞ

1. GİRİŞ

"Özen Baraj (Hafik) Dolusavak Güneyindeki Heyelanların Jeolojik İncelemesi" adlı bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma, Sivas ili Hafik ilçe merkezi ile 13 köy arazisinin sulama suyunu temin için Madenköy çayı ile Pusat deresinin birleştiği vadi üzerinde yapımı devam eden Özen Barajı'nın dolusavağında gelişen heyelanın mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek ve alınacak tedbirleri ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır.

Baraj aks yeri, Sivas ilçesinin kuzeyinde ve Madenköy çayı ile Pusat deresinin birleştiği mevkide yer alır. Heyelanlı bölge ise, baraj aks yerinin 1100 m güneybatısında ve dolusavak sol yan duvarına sınır teşkil edecek konumda yer almaktadır. Heyelanlı bölge ile baraj aks yeri ve dolusavak birbirlerine çok yakın oldukları için, bu çalışmada söz konusu yapıların jeolojik verilerine de yer verilmiştir.

"DSİ Sivas - Hafik Pusat - Özen Barajı Ve Sulama Kanalları Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu (Yılmaz, 1997)" verilerine göre; sulama amaçlı ve kil çekirdekli kaya dolgu tipinde yapımı devam eden Özen Barajı'nın kret kotu 1498.00 m, talveg kotu ise 1426.00 m. olup, temelden yüksekliği 85.50 m. ve talvegten yüksekliği 72.00 m.dir. Kret uzunluğu 403.40 m. kret genişliği 10.00 m. olarak alınan aksın; memba ve mansap şevi 2/1 oranında olup, gövde dolgu hacmi $2.802.500 \text{ m}^3$ olarak projelendirilmiştir.

Dolusavak sol sahilde olup, karşıdan alışı serbest tiptedir. Dolusavak kret kotu 1494.00 m, yaklaşım kanal uzunluğu 70.00 m, boşaltım kanal uzunluğu 130.00 m. ve boşaltım kanal genişliği ise 12.00 m. olarak hesaplanmıştır.

Hidrojeolojik olarak; drenaj alanı 130.68 km^2 ve yıllık ortalama akım ise 59.44 hm^3 ölçülmüştür.

Bu verilere göre brüt sulama alanı 10.924 hektar alan olarak hesaplanmış olup, bu miktar 13 köy arazisinin sulama suyu ihtiyacını karşılayacak miktardadır.

1.1. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı içerisinde, DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü'nün Özen Barajı'na ilişkin çalışmadan başka, mühendislik jeolojisi amaçlı bir çalışma yoktur. Ancak çalışma alanını da içine almış, jeolojik amaçlı bir çok çalışma vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Müftahi (1965), Sivas - İmranlı - Kızılırmak başlangıç havzası Hidrojeolojik Etüt raporunda, bölgede Eosen'in yalnızca fliş fasiyesinde teşekkül ettiğini ve volkanik formasyonlarla sarılmış olduğuna dikkat çekmiştir.

Kurtman (1973), Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı hakkındaki raporda; havzanın temelini metamorfik kayaların oluşturduğunu, bunların üzerine Üst Kretase yaşlı sedimanter tabakaların ve Tersiyer kalkerlerinin geldiğini belirtmiştir.

İlbal (1971), Zara regülatörü ve sulama kanalları jeolojik planlama raporunda, regülatör yerinde alüvyon, sulama kanallarında ise genel olarak jips tabakalarının yer aldığını ve kanallar betonla kaplandıktan sonra jipsin betona olumsuz etki yapacağından bahsetmektedir.

Göksu (1974), 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun paftasında inceleme alanının Eosen fliş olarak göstermiştir.

Yılmaz (1980), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi başlıklı doktora tezinde Doğanşar formasyonu Çatpınar üyesinden bahsetmektedir. Eosen flişin, konglomera, kıltaşı, kumtaşı, konglomera ar dalanmasından oluştuğunu, genel olarak da kumtaşının egemen olduğunu belirtmiştir. Konglomeraların gri yeşilimsi renkli, killi, kumlu bir çimentolu olduğunu ve serpantin, mermer, kristalize kireçtaşı çakıllarının egemen olduğunu saptamıştır. Kumtaşlarının ise sarımsı renkli, ince ve orta kalınlıkta tabakalı ve bol Nummulit fosilli olduğundan bahsetmektedir.

Ergün (1983), İnceleme alanının 1 km. güneydoğusunda yer alan Sivas - Zara Kemeriz Gölet'i, mühendislik jeolojisi ön inceleme raporunda; tabanda çok kalın ve karbonat çimentolu, iri kireçtaşı, serpantin, bazalt, kuvars ve çört gibi çakıllardan oluşan konglomera seviyesi ile başlayıp, üste doğru kumtaşı, kireçtaşı ar dalanması ile devam eden Eosen fliş ve Eosen diskordan olarak örten

Miyosen killi kireçtaşları ve Eosen flişin üst seviyelerindeki bazalt ve andezit akıntılarının olduğunu belirtmektedir.

Yılmaz (1983), Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeolojik özellikleri adlı incelemesinde; Eosen flişten bahseder. Bu formasyonun çakıltaşı ile başlayıp, kumtaşı, kiltası aralanması ile devam eden, yer yer killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, tüfit ara katkıları kapsayan, alt seviyelerinde serpantinitten türemiş olistostromlar kapsayan Eosen yaşlı kaya topluluğu olduğu ifade etmiştir.

Özcan (1989), Sivas - İmranlı Projesi Regülatör HES yerleri enerji ve sulama kanalları güzergahı mühendislik jeolojisi planlama raporunda, sahada Eosen, Oligo - Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimlerin yüzeyletiği anlatmaktadır. Eosen; konglomera, kumtaşı, şeyl, silttaşı, aglomera, bazalt, andezitten oluşmaktadır. Oligo - Miyosen'i jipsler, Miyoseni ise kireçtaşı ve çört temsil eder. Pliyosen'i, konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası gibi genelde yatay tabakalı gevşek çimentolu karasal bazaltlardan oluştuğu belirtmektedir.

Gökten ve Kelling (1991), Hafik kuzeyinde Senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniği konulu çalışmasında; havzanın derin ve sığ kökenli tortullarla örtülü olduğunu, genel tektonik yönelimlerin ENE - WSW doğrultusunda uzandığını belirtmektedirler.

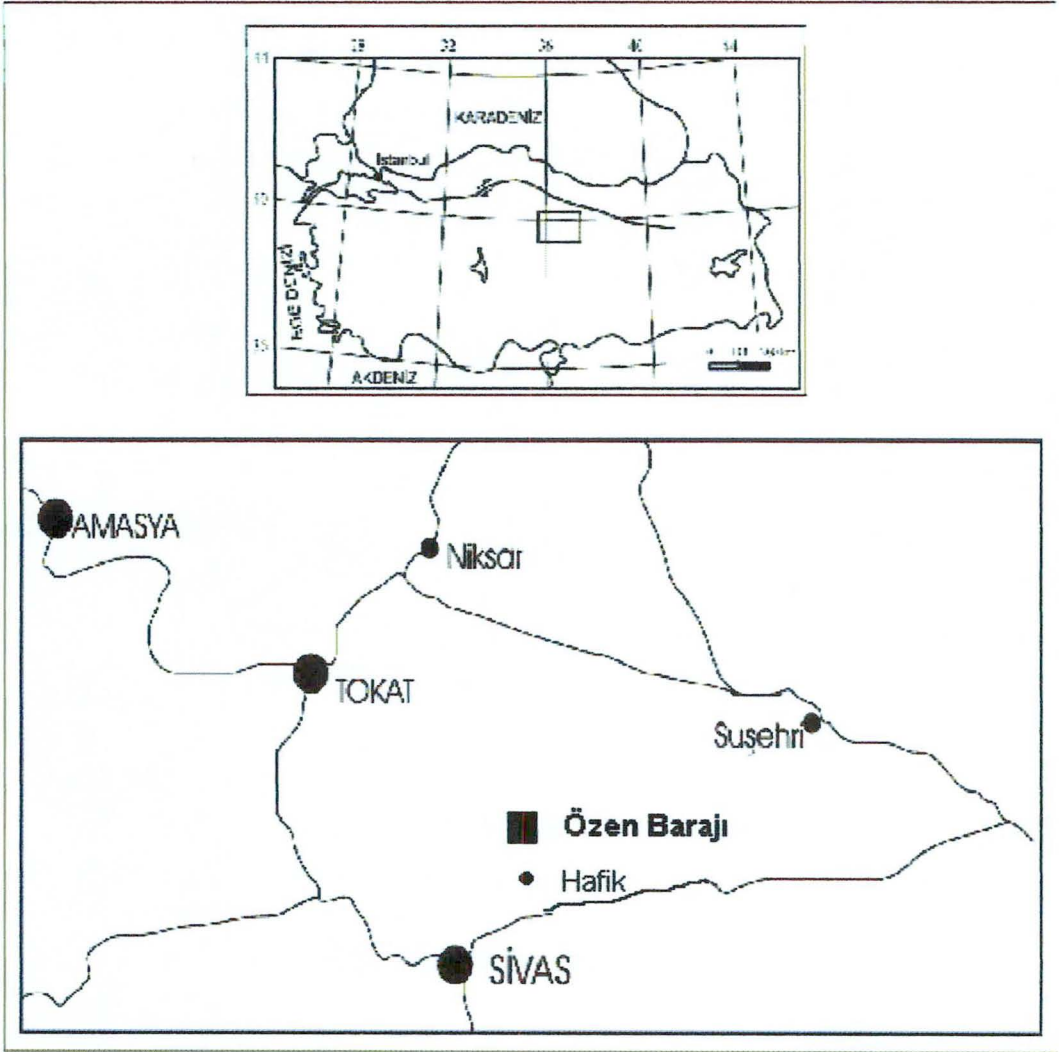
Söylem (1992), Sivas iline bağlı Hafik ilçesinin 18 km. kuzeyinde yapımı düşünülen Özen Baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisini açıklamayı amaçlamaktadır.

Yılmaz (1997), Sivas iline bağlı Hafik ilçe merkezi ile 13 köy arazisinin sulama suyu temini için yapımı düşünülen baraj yeri, regülatör yeri ile sulama kanal güzergahlarının mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşım

İnceleme alanı, Sivas ili Hafik ilçesinin kuzeyinde yer alır. Baraj yeri, Sivas - Erzincan Devlet Karayolunun (E-23) 35. kilometresinden Doğanşar ilçesine ayrılan yolun 25. kilometresinde Madenköy çayı ile Pusat deresinin birleştiği mevkidedir. Sivas Hafik arasındaki E-23 Devlet Karayolu, sulanacak

sahanın içerisinde geçmektedir. Büyük bir kısmına ise köy ve arazi yollarıyla ulaşım sağlanabilmektedir. Baraj yeri 1/25 000 ölçekli topografik Tokat H38 - c3 paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

Çalışma alanına, Sivas - Hafik - Doğanşar Karayolu vasıtasıyla her mevsimde ulaşım mümkündür. Ancak, kış şartlarında sulama kanallarının büyük bir kısmına ulaşmak zordur.

1.3. Topografya ve Jeomorfolojik Durum

Çalışma alanı ve civarındaki önemli yükseltileri, kuzey batıda Çakmaçalı Tepesi (1823 m.) ve devamı olan Karakaya Tepesi (1749.8 m.), kuzeyde Güvercinlik Tepesi (1841 m.) ve devamını oluşturan Kapaklı Tepe (1757 m.), doğuda Çalmaryeri Tepe (1723 m.) ve güneyde Kırınçalı Tepe (1749.8 m.) oluşturmaktadır. Tepelerden itibaren, drenaj sistemine bağlı olarak topografya alçalmakta ve Madenköy çayı ile Pusat deresinin aşındırması ile oluşan derin vadilere doğru kot düşmektedir. Genel topografik eğim, kuzeydoğudan güneybatıya doğrudur.

İnceleme alanı ve civarının drenaj ağını oluşturan önemli akarsular, Madenköy çayı ile Yeniköy çayı ve devamını oluşturan Pusat deresidir. Her mevsim devamlı akış gösteren bu iki akarsu, çalışma sahasında kuzeybatıdan güneybatıya doğru bir yay çizerek Suçatı yöresinde birleşir ve çalışma alanını terk eder. Çalışma sahasında bu suları besleyen birçok tali dere de görülmektedir.

İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından zengin değildir. Yerleşim yerlerinde ve civarında kavaklıklar ve meyve ağaçları yaygın olarak görülür. Doğal bitki örtüsü ise kısmi koruluk ve meşelikler halindedir. Bazı yerlerde de bodur dikenli ağaçlar görülür. Tarım yapılan araziler ise, genellikle kuru tarıma bağlı hububat yetiştiriciliği yapıldığı gözlenmektedir.

2. BÖLÜM
JEOLOJİ

2. JEOLojİ

Bu çalışmayı içine alan Sivas İline ait Bingöl (1989)' den alınan jeoloji haritası incelendiğinde; Sivas İli içinde üç önemli tektonik birliğin yer aldığı görülür. Bu tektonik birlikler; kuzeyden güneye doğru sıra ile Pontit Tektonik Kuşağı, Kuzey Anadolu Kuşağı Ofiyolitik Kuşağı ve Toros Tektonik Kuşağı ile temsil edilmektedir. Yöredeki metamorfik masifler ise olasılıkla Toros Tektonik Kuşağı'nda yer alan platform türü karbonatların metamorfizmaya uğramış eşdeğerleridir. Tektonik birliklerin üzerinde ise Maestrihtiyen - Kuvaterner yaşlı bir kaya türü topluluğu ile temsil edilen örtünün açılı uyumsuzlukla yer aldığı gözlenmektedir (Şekil 2.1).

2.1. Bölgesel Jeoloji

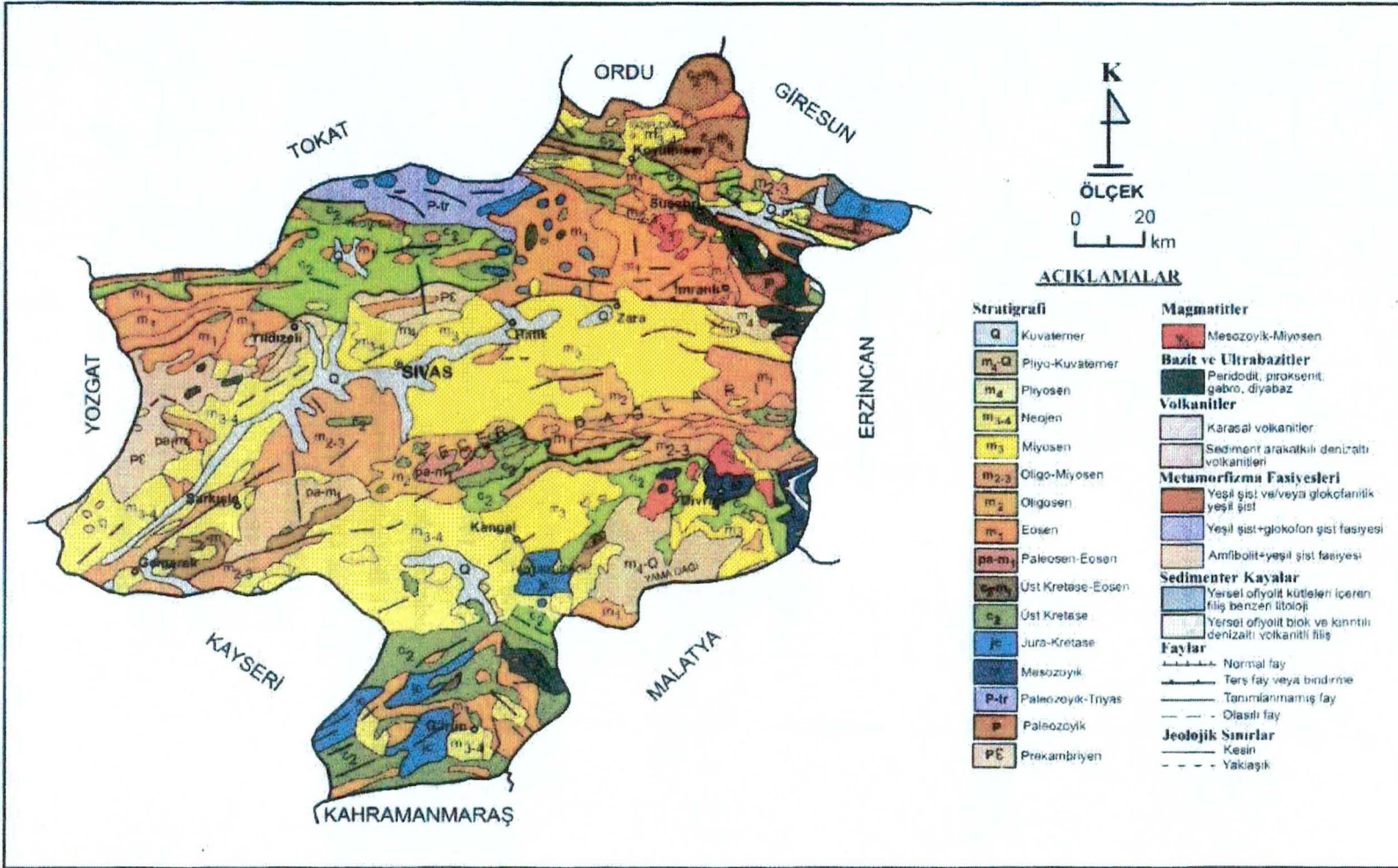
2.1.1. Stratigrafi

İnceleme alanının da içinde bulunduğu bölgenin stratigrafisini oluşturan formasyonlar, alttan üste doğru; Kretase yaşlı Koşutdere ofiyolitik karışığı (Krk) ve onun üzerinde tektono sedimanter olarak gelen Boztepe formasyonu (Krb) yer almaktadır. Bu formasyonların üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen yaşlı Doğanşar formasyonu ise iki üye ile temsil edilir. Bunlar Pusat üyesi (Tdp) ve Çatpınar üyesidir (Tdç). En üstte ise, Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Ym) yer almaktadır (Şekil 2.2).

2.1.1.1.Koşutdere Ofiyolitik Karışığı (Krk)

İnceleme alanı ve civarında Koşutdere ofiyolitik karışığı, Gökten ve Kelling (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birim genellikle serpantin, dünit, peridotit, diabaz, spilit ve bazalt gibi ultrabazik ve bazik kayalardan oluşan mafik kayalar ve birim içersinde yer alan kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. Koşutdere ofiyolitik karışığı, bölgeye Kampaniyen - Alt Maestrihtiyen' de yerleşmiştir.

Formasyon çalışma alanı ve civarının temelini oluşturur. Göl alanı içerisinde, özellikle Pusat köyü güneyinden itibaren kuzeydoğuya doğru uzanır ve Güngörmezler yöresini de içine alacak şekilde uzunca bir yayılım gösterir.



Şekil 2.1. Sivas İli Jeoloji Haritası. (Bingöl, 1989)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	Formasyon	Üye	Kalınlık	Simge	Kaya Türü	Açıklamalar
M E S O Z O Y İ K	K R E T A S E	E O S E N	Doğanşar	Çatpınar	40 m.	Tdp		Alüvyon -Yamaç molozu
M E S O Z O Y İ K	K R E T A S E	Boztepe	Boztepe	80 m.	Krb		Çakıtaşı Fliş (Çakıtaşı, silttaşı) Çakıtaşı-kumtaşı aralanma- sı.	
								~ 1200 m.
		Koşutdere						

Şekil 2.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Akbulut,1987)(Ölçeksiz).

Yine Ortaklık sırtı ve Karataş tepesi yamaçlarında lokal, Karatepe çevresinde geniş yüzleklere sahiptir.

Ofiyolitik karışık, inceleme alanı ve civarı genelde serpantin ile temsil edilir. Özellikle göl alanı içerisindeki yüzleklere koyu yeşil - siyahımsı renkli, kaygan ve parlak yüzeyli ve gevrek yapıda olduğu görülür. Peridotitler, yeşil renkte olup oldukça sert ve az çatlaklıdır. Çatlaklar ise genelde kalsit dolguludur. Spilit ve bazaltların, baraj aks yeri mansabındaki yüzleklere, siyah renkli olup, çok çatlaklı ve çatlaklarının kalsit dolgulu olduğu gözlenmiştir. Morfolojik olarak da kaya blokları halinde görülürler.

Ofiyolitik karışık içerisinde yer alan ve boyutları birkaç metre ile birkaç yüz metre arasında değişen kireçtaşı blokları, beyaz renkli, kırıklı ve parçalıdır. Özellikle barajın aks yeri sol yamacında görüldüğü gibi parçalı - dik tabakalardan oluşan uzun ve dar şeritler halinde göl alanına doğru uzandıkları gözlenmiştir.

Birimin çalışma alanı içerisindeki kalınlığı saptanamamıştır ve baraj aks yerinde açılan 80 m' lik temel sondaj kuyuları formasyon içerisinde kalmıştır.

2.1.1.2. Boztepe Formasyonu (Krb)

Boztepe formasyonu, inceleme alanı ve civarında bordomsu çakıltaşı - silttaşı, açık yeşil renkli kumtaşı - çakıltaşı ve sarımsı boz renkli kumtaşı - killi kireçtaşı ve kiltası ardalanması şeklinde gözlenir.

Formasyon, baraj aks yerinin her iki yamacında da yüzlek verir. Boztepe formasyonu çalışma alanı ve civarında, Koşutdere ofiyolitik karışığı (Krk), üzerine tektono sedimanter birim olarak gelmiştir.

Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası ve yer yer kireçtaşından oluşan formasyon, bir flişin tüm özelliklerini yansıtmaktadır. İnce, orta ve kalın tabakalı, tabakalanma düzenli, yer yer de tabakasız görünümündedir. Bol miktarda kılcal çatlaklı ve çatlaklar arası kalsit dolguludur. Taneler az yuvarlaklaşmış, boylanmamış ve genellikle birbiriyle ilişkilidir. Birimin bölgedeki kalınlığı ise, yaklaşık 80 m. civarında gözlenmiştir.

2.1.1.3. Doğanşar Formasyonu (Td)

Çalışma alanı ve civarında formasyon, çakıltaşı, kumtaşı ve kilitaşı ardalımalı, yer yer killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve tüfit ara katkılıdır. Doğanşar formasyonu Pusat üyesi (Tdp) ve Çatpınar üyesi (Tdç) olmak üzere iki ayrı üyeye ayrılır.

2.1.1.3.1. Pusat Üyesi (Tdp)

Genellikle ofiyolitli karışıktan oluşan birim Doğanşar formasyonunun tabanını oluşturur ve Pusat deresi yamaçlarında yüzlek verdiği görülür.

Birimde kaya türü olarak gözlenen çakıltaşları, genel olarak gri, koyu gri, yer yer morumsu renkte, tabaksız ve yer yer kalın tabakalıdır. Kum, kil ve kalsitten oluşan çimentoda, şist, mermer, kristalize kireçtaşı, serpantinitle Üst Kretase yaşlı kırmızımsı, yeşilimsi ve sarımsı kireçtaşı çakılları gözlenir. Taneler orta yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmıştır. Birimin tespit edilen kalınlığı 40 m. civarındadır.

2.1.1.3.2. Çatpınar Üyesi (Tdç)

Çatpınar üyesi inceleme alanı ve civarında çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kilitaşı ve killi kumlu kireçtaşı ardalıması şeklinde görülür. Pusat çakıltaşlarının üst seviyelerini oluşturan birime, Yeniköy çayı sol yamacından Yeniköy' e doğru uzunca bir alanda rastlanmaktadır.

Birimin çakıllı kumtaşı seviyeleri orta ve kalın tabakalıdır. Kumtaşı gri, sarımsı, yer yer yeşilimsi ve morumsu renklerde olup, orta ve kalın tabakalı, kılcal çatlaklı ve kalsit dolguludur. Kilitaşı ise grimsi, sarı renkli ve ince tabakalıdır. Birimin kalınlığı yaklaşık 40 m. civarındadır.

2.1.1.4. Alüvyon (Qal)

Alüvyon, Kızılırmak ve yan dereler boyunca yayılım göstermektedir. Dere yataklarında kil, kum, çakıldan oluşan alüvyon, özellikle aks yerinde dar bir şerit halindedir. Alüvyonu oluşturan birimlerden *kumtaşları*, sarımsı gri renkli, ince taneli, karbonat çimentolu ve kalsit dolgulu, tabana doğru konglomeratik yapıda

gözlenmektedir. *Çakıltaşları* ise; alacalı gri renkli, 2 cm.den küçük serpantin çakıllı, kumtaşı, şeyl, konglomeratik kumtaşı ara katkılı olup, tümü karbonat çimentolu ve boşluklar kalsit dolguludur.

Aks yerinde cut - off da alüvyonun genişliği, Madenköy çayı üzerinde 35 m, Pusat çayı üzerinde 43 m. olup, kalınlığı ise her iki dere üzerinde ayrı ayrı yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre 6.80 - 7m. arasındadır. İki derenin birleştiği kesimde yani gövde altında alüvyonun genişliği 81 m, kalınlığı ise temel sondajlardan elde edilen verilere göre 10 - 10.25 m. arasındadır.

Kızılırmak ise genişlik ve kalınlık bakımından çok farklı değerler sunar. Bu genişlik 150 - 200 m, kalınlık ise 20 ile 30 m. arasında değişmektedir.

2.1.1.5. Yamaç Molozu (Ym)

Yamaç moluzu inceleme sahası ve civarında yamaç ve yamaç eteklerinde görülür. Aks yeri sağ yamacında derivasyon ağzında kalınlığı 4.5 - 5 m. olan Boztepe formasyonun kumtaşı, silttaşı, konglomera seviyelerinin ayrışma ürünü kum, silt ile çok az çakıldan oluşan yamaç molozu bulunmaktadır. Bunun dışında aks yerinde yamaç molozu yok denecek kadar incedir. Yamaç molozu aks yerinde önemli bir kalınlık vermemekle beraber yamaçlarda tarım arazilerinin bu birim üzerinde yapıldığı gözlenmiştir.

Aks Yeri : Sonuç olarak, aks yerinde yüzlek veren formasyonlarda açılan kuyularda, geçirimsizliği sağlamak amacıyla yapılan permeabilite deneylerinde "k" permeabilite katsayıları elde edilmiştir. USBR' ye göre elde edilen permeabilite katsayıları değerlendirildiği zaman; sağ yamaçta 28 - 40 m. lik zon, sol yamaçta ise 26 - 50 m. lik zon yarı geçirimli - geçirimlidir. Alüvyon altındaki çakıltaşı seviyesinin ayrışmış olan 10.25 - 26 m. lik kısmı da geçirimlidir. Bu sonuçlar değerlendirilerek baraj aks yerinde, gövde altında alüvyon ve ayrışmış zon tamamen , yamaçlarda ise 2 m. lik kazı ile aks yerinde enjeksiyon yapılarak sızdırmazlık sorunu ortadan kaldırılmıştır.

2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Bu bölümde heyelan ve dolusavak bölgesinde yüzlek veren ve sondajlarda kesilen formasyon ve birimlere yer verilmiştir. Bunlar alttan üste doğru; Koşutdere ofiyolitik karışığı, Boztepe formasyonu ve yamaç molozudur (EK.2).

2.2.1. Koşutdere Ofiyolitik Karışığı (Krk)

Koşutdere ofiyolitik karışığı, aks yerinde ve dolusavakta olduğu gibi, heyelan alanının da temelini oluşturmaktadır. Heyelan üzerinde açılan temel sondaj kuyularından alınan karotlarda; ofiyolitik karışığın, genelde serpantinlerle temsil edildiği görülür. *Serpantinler*; koyu yeşil - grimsi renklerde, kaygan ve parlak yüzeyli ve çatlaklı bir yapıdadır. Çatlakların arası kalsit dolguludur.

2.2.2. Boztepe formasyonu (Krb)

Heyelan bölgesindeki Boztepe formasyonu, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır. *Çakıltaşları*; açık şarabi renkli, çok ince taneli, homojen, ayrıışmış, karbonat çimentolu, genellikle kireçtaşı elemanlı, oldukça sert, parçalı ve çatlaklı bir yapı göstermektedir. *Kumtaşları*; yeşil renkli, çok ince taneli, homojen, az çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu ve az karbonat çimentoludur. *Silttaşı*; grimsi renkli, ince ve sert taneli, homojen, kılcal çatlaklı ve karbonat çimentoludur. *Kıltaşı*; şarabi renkli, kılcal çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolguludur.

Heyelan alanındaki bu formasyon genelde ince ve orta tabakalı bir görünüme sahip olup, sondaj verilerine göre formasyonun bölgedeki kalınlığı yaklaşık 5 m. civarındadır.

2.2.3. Yamaç Molozu (Ym)

Heyelanın hareketi, Üst Kretase yaşlı Koşutdere Ofiyolitik Karışığı'na ait serpantinler ve serpantin kili ile yine aynı yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşan Boztepe formasyonu üzerinde yer alan yamaç molozu örtüsünün düzlemsel olarak kayması ile meydana gelmiştir. Kayan yamaç molozunun çakıllı olup, daha çok kil ağırlıklı malzeme içerdiği gözlenmiştir.

Yamaç molozunda laboratuvar deneyleri yapmak amacıyla, beko kepçe yardımıyla 4.50 m. derinliklerde 9 adet araştırma kuyusu açtırılmış, 18 adet numune alınarak DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında deneyler yapılmıştır.

Deney sonuçları ve arazi gözlemlerine göre *yamaç molozunun* ince taneli düzeylerinin; yeşilimsi renkli inorganik kil, çakıllı - kumlu kil, siltli kil ve az - orta - yüksek plastik (CL, CH, SC) kil karışımlarından oluştuğu gözlenmiştir. Heyelanlı alandaki yamaç molozunun kalınlığı 2 - 19 m. arasındadır.

Dolusavak : Sol sahilde karşıdan alışı serbest tipteki dolusavağın kret kotu 1494 m. ve yaklaşım kanal uzunluğu 70 m. Boşaltım kanal uzunluğu 130 m. uzunlukta ve 12 m. genişliktedir (Ek.2).

Dolusavak güzergahı F - 2, F - 3, ve F - 4 faylarından dolayı değiştirildiği için dolusavak güzergahına DSK - 1 ve TSK - 2 temel sondaj kuyuları rastlamaktadır. Buna göre DSK - 1 temel sondaj kuyusu yeni projedeki dolusavağın iletim kanalına rastlamaktadır. Bu kuyuda sıkı karbonat çimentolu ve geçirimsiz konglomera birimi kesilmiştir. İletim kanalı sonuna rastlayan TSK - 2 temel sondaj kuyusunda ise, yine sıkı karbonat çimentolu konglomera geçilmiştir. Dolusavağın kretinde hafriyat sırasında Kretase yaşlı ve blok olarak bulunan kireçtaşları ile karşılaşmıştır.

Düşü havuzunun bir kısmı sıkı karbonat çimentolu konglomera, bir kısmı da Boztepe formasyonuna (Krb) ait kumtaşı - silttaşı ardalanmasının üzerine oturmuştur.

Dolusavak inşaat yerine beton kaplama yapılacağından, burada geçirimsizlik açısından herhangi bir problemle karşılaşmayacaktır.

Heyelan bölgesi: Dolusavak yan duvarında başlayan heyelan bölgesi ise, yapılacak projelendirmeden sonra güvenli hale getirilecektir.

2.3. Yapısal Jeoloji

2.3.1. Faylar

İnceleme alanında Koşutdere ofiyolitik karışığının (Krk) yerleşimi tektoniktir (Gökten ve Kelling, 1991). Boztepe formasyonu (Krb), ofiyolitik

karişığın içinde tektonik sedimanter bir birim olarak bulunduğundan birimin kendi içerisinde bile küçük çaplı bir çok faylanma belirtisine rastlanmak mümkündür.

Aks yerinde görülen faylar F -1, F -2, F -3 ve F -4 olarak adlandırılmıştır (EK.2).

F - 1 Fayı : Aks yeri sağ yamacında, Boztepe formasyonu (Krb) içerisinde konglomera dokunağında görünmekte olup N25E doğrultulu, doğrultu atımlı sağ yönlü bir faydır.

F - 2 Fayı : Aks yeri sol yamacında Boztepe formasyonu (Krb) ile Doğanşar formasyonuna (Td) ait konglomera dokunağında görülmekte olup N60E doğrultulu, doğrultu atımlı sol yönlü bir faydır.

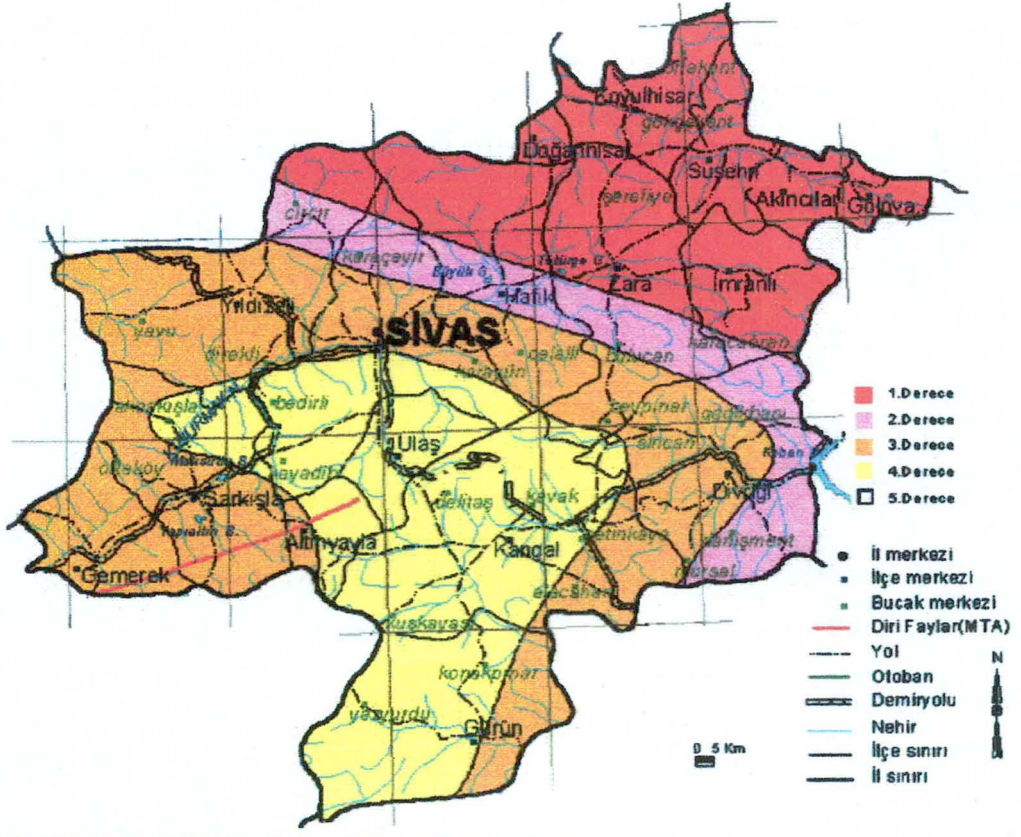
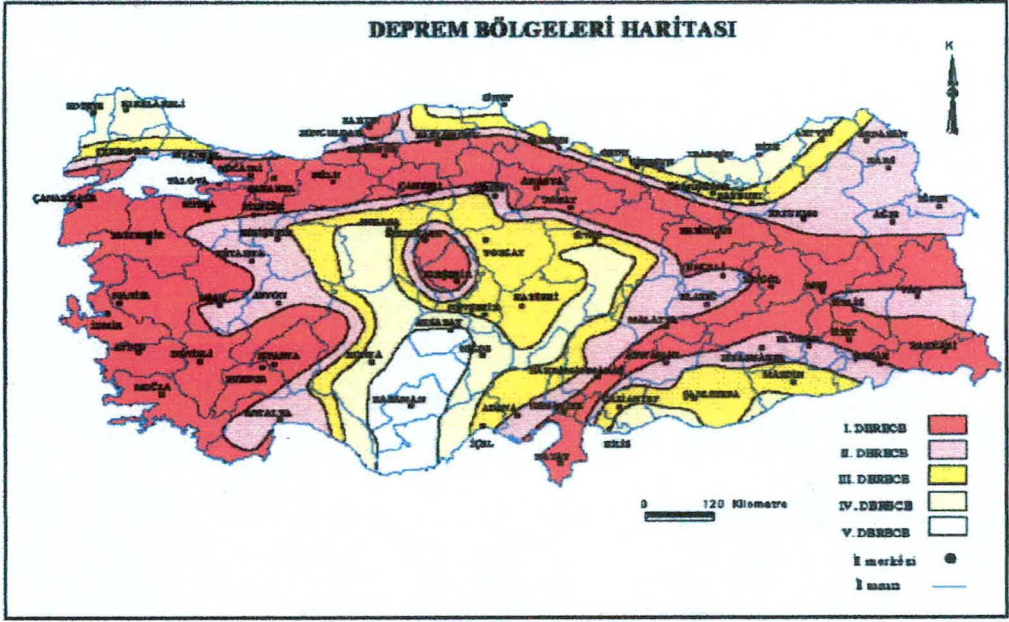
F - 3 Fayı : Aks yerinin sol yamacından başlayarak sağ yamaç mansaba doğru uzanan Boztepe formasyonu (Krb) ile Koşutdere ofiyolitik karişığının (Krk) dokanağında gelişmiş olup Pusat üyesinin (Tdp) konglomeralarını da etkilemiştir. N60W doğrultulu, doğrultu atımlı sol yönlü bir faydır.

F - 4 Fayı : Aks yerinin sol yamaç mansabında Boztepe formasyonu (Krb) ile Koşutdere ofiyolitik karişığının (Krk) dokanağında gelişmiştir. N80E doğrultulu, doğrultu atımlı sol yönlü bir faydır.

2.4. Depremsellik

İnceleme alanı, Türkiye sismo - tektonik deprem haritasına göre ikinci derece deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır.

Bakanlar kurulunun 23.12.1972 tarih ve 7/5551 sayılı kararı ile yayınlanan T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Türkiye deprem bölgeleri haritası Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. İnceleme alanının geliştirilmiş deprem haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi).

Coğrafi koordinatları 37°30' - 42°00' N ve 32°00' - 39°00' E olan inceleme alanı içerisinde jeolojik ve sismolojik verilerden yararlanarak $M_s \geq 4.0$ magnitudlü depremlerin oluşumuna neden olan 1 alan, 3 çizgisel deprem kaynağı belirlenmiştir.

Baraj yeri için yapılan hesaplamalardan elde edilen maksimum yer ivmesi değerleri Çizelge 2.1' de verilmiştir. Pusat - Özen baraj yerinde en yüksek ivmeler 24.01.1916 depreminin oluş yerine göre yapılan hesaplamalardan elde edilmiştir. Çizelge 2.1. incelendiğinde 4 no' lu bağlantı ile elde edilen ivmelerin; diğer üç azalım ilişkisi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. 09.02.1909 depreminin oluş yerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen en büyük ivme değeri 46.80 cm/s^2 olup, bu sonuç 2 no' lu bağlantıdan elde edilmiştir. Seçilen veriler içerisinde baraja en yakın episantr mesafesinde ($D = 10 \text{ km}$) olan deprem 24.01.1916 depremidir. 18.05.1929 depreminin oluş yerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen yer ivmesi değerlerinin en düşüğü 23.05 cm/s^2 , en büyüğü 62.28 cm/s^2 bulunmuştur.

Çizelge 2.1. Özen barajı öndeterministik değerlendirme sonuçları (Ada, 1995).

Depremin Oluş Tarihi	Magnitud Mg	Odak Derinliği H (km)	Episantr Mesafesi D (km)	Hiposantr Mesafesi R (km)	Maksimum Yer İvmesi (cm/s^2)			
					Bağlantı No			
					1 Aletsel	2 Estava	3 Joyner And Boore	4 Campbell
9.2.1808 Depremin Oluş Yerine Göre	8.3	60	85	88.48	45.64	46.80	38.77	17.24
24.1918 Depremin Oluş Yerine Göre	7.1	10	40	41.23	184.58	221.95	110.6	110.23
18.5.1928 Depremin Oluş Yerine Göre	8.1	10	52	52.80	82.80	82.28	95.01	23.05

Söz konusu baraj yeri için ivme - risk değerleri; 1.50, 100, 200, 1000 yıllık ekonomik ömürler ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5, % 10, % 50 aşılma olasılıklarına göre maksimum yatay yer ivmeleri hesaplanmıştır. Aynı ekonomik ömürler içerisinde 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 1000 cm/s² lik maksimum yer ivmeleri ile aşılma olasılıkları hesaplanarak Çizelge 2.2 ve 2.3' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Çalışma alanında belirli maksimum yatay yer ivmesi değerlerinin belirli ekonomik ömürler içerisindeki aşılma olasılıkları (Ada, 1995).

MAX.YATAY YER İVMESİ	EKONOMİK ÖMÜR (YIL)				
	1	50	100	200	1000
cm/s % g	AŞILMA OLASILIĞI %				
10 (0.01)	38.5710	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
50 (0.05)	3.5994	84.0050	97.4410	99.9350	100.0000
100 (0.10)	1.1579	44.1640	68.8230	90.2800	99.9990
150 (0.15)	0.5470	23.9930	42.2300	66.6260	99.5860
200 (0.20)	0.2993	13.9200	25.9040	45.0970	95.0120
250 (0.25)	0.1696	8.1366	15.6110	28.7860	81.6840
300 (0.30)	0.0845	4.1390	8.1068	15.5560	57.0640
400 (0.40)	0.0130	0.6509	1.2985	2.5802	12.2530
500 (0.50)	0.0058	0.2913	0.5818	1.1613	5.6731
1000 (1.00)	0.0005	0.0239	0.0478	0.0955	0.4767

Çizelge 2.3. Çalışma alanında çeşitli ekonomik ömürler içerisindeki çeşitli olasılıklarla beklenen maksimum yatay ter ivmesi değerleri (Ada, 1995).

AŞILMA OLASILIGI %	EKONOMİK ÖMÜR (YIL)				
	1	50	100	200	1000
	MAKSİMUM YATAY YER İVMESİ cm/s (% g)				
1	112.9 (0.12)	390.0 (0.40)	441.7 (0.45)	575.7 (0.59)	949.6 (0.97)
2	82.8 (0.08)	361.3 (0.37)	389.7 (0.40)	440.9 (0.45)	853.4 (0.87)
3	62.3 (0.06)	332.7 (0.34)	375.0 (0.38)	396.8 (0.40)	757.2 (0.77)
4	49.5 (0.05)	304.0 (0.31)	360.3 (0.37)	389.1 (0.40)	661.0 (0.67)
5	48.4 (0.05)	289.2 (0.29)	345.6 (0.35)	381.4 (0.39)	564.8 (0.58)
10	42.7 (0.04)	233.9 (0.24)	287.4 (0.29)	342.8 (0.35)	434.2 (0.44)
50	8.1 (0.01)	92.7 (0.09)	135.4 (0.14)	188.6 (0.19)	315.8 (0.32)

Baraj yeri için hazırlanan çizelgeler incelendiğinde görüleceği gibi 50 yıllık ekonomik ömür içerisinde maksimum yatay yer ivmesi 10 cm/s^2 için aşılma olasılığı % 100 dür. 100 yıllık ekonomik ömür içerisinde 150 cm/s^2 lik maksimum yer ivmesinin aşılma olasılığı %42.230 olup aşılmama olasılığı %57.77 dir. Çizelge 2.3' de görüldüğü gibi 50 yıllık ekonomik ömür ve %5 aşılma olasılığına göre hesaplanan maksimum yer ivmesi 289.2 cm/s^2 ve 100 yıllık ekonomik ömür %10 aşılma olasılığına göre hesaplanan maksimum yer ivmesi 287.4 cm/s^2 dir.

3. BÖLÜM
HİDROJEOLOJİ

3. HİDROJEOLOJİ

Özen Barajı dolusavak ve heyelan bölgesinde açılan sondaj kuyularında ölçülen yeraltı su seviyesi rasat ortalamaları ;

<u>Kuyu No</u>	<u>Ortalama (m)</u>
DSK – 1	10.94
TSK – 2	30.48
HSK – 1	2.70
HSK – 2	2.50
HSK – 3	2.50
HSK – 4	0.70

şeklindedir.

Özen Barajı aks yeri, Maden çayı ve Pusat deresinin birleştiği yerde yapılmaktadır. Baraj aks yeri ile heyelan bölgesi arasında dolusavak yerleştirilmiş ve dolusavak yan duvarı heyelanlı bölge ile sınır oluşturmaktadır.

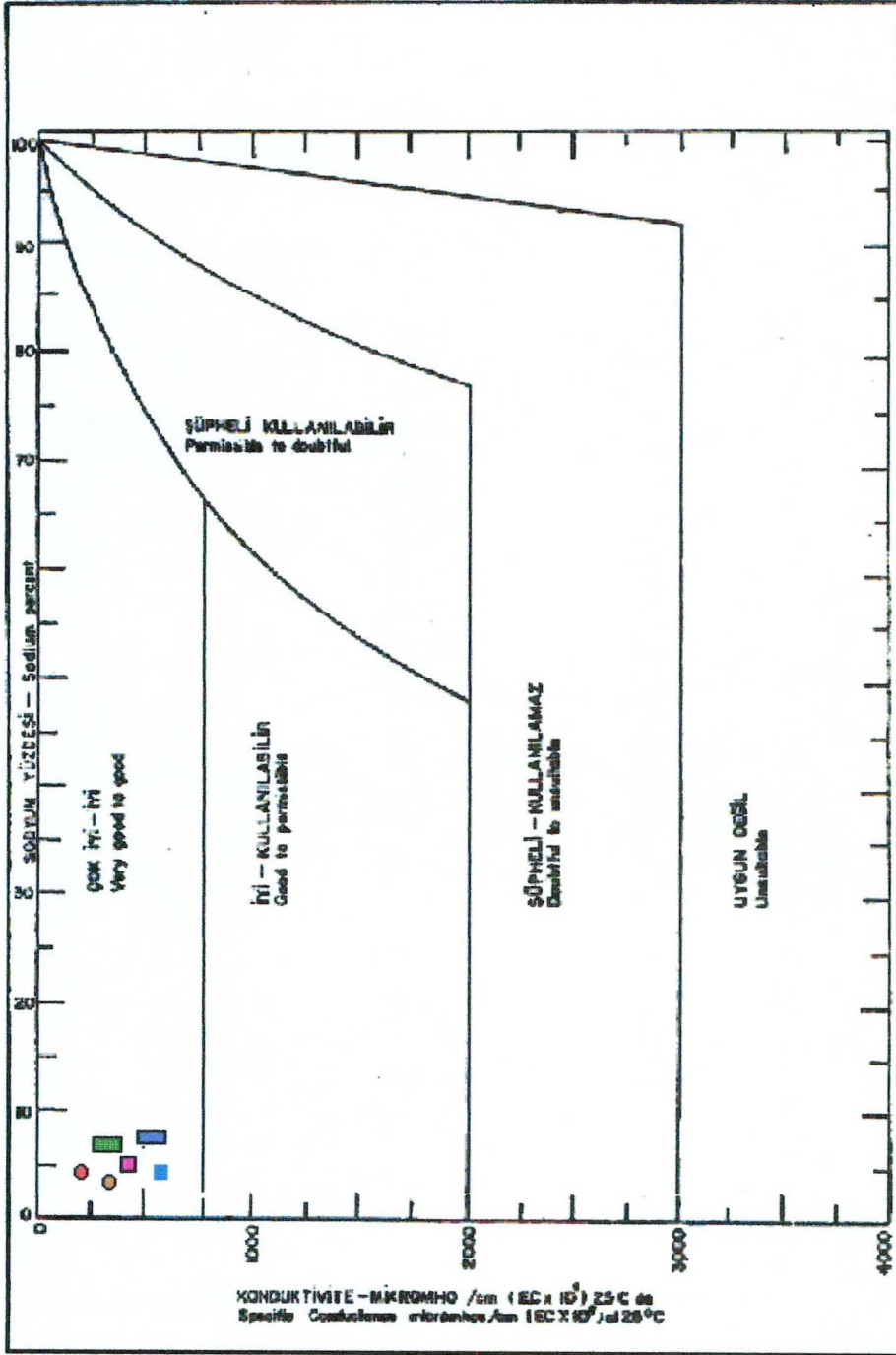
Heyelanın akma yönünün her iki tarafından küçük dere boşalımları olup, bu dereler akstan gelen Pusat deresine bağlanmaktadır.

Pusat deresinden farklı zamanlarda alınan sularda kimyasal analizler yaptırılmıştır (Çizelge 3.1).

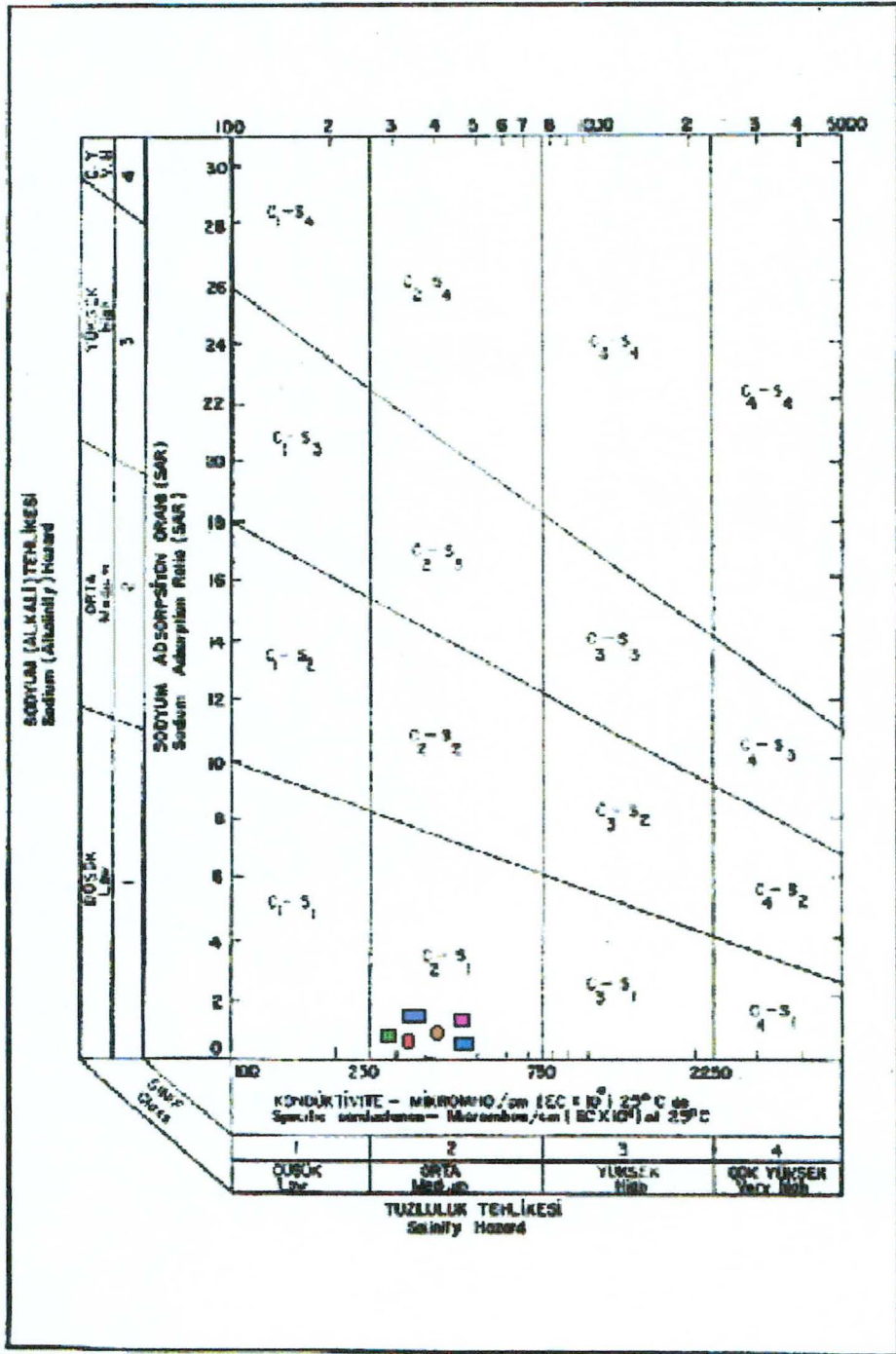
Pusat deresinin suyu, Wilcox diyagramına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre derenin suyu “çok iyi - iyi” sulama suyu sınıfında yer alır (Şekil 3.1). Yine aynı suyun ABD tuzluluk laboratuvarına göre yapılan sınıflamasında, suyun kalitesi “C₂S₁” olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2).

Çizelge 3.1. Pusat deresinden alınan suların kimyasal analiz sonuçları.

Alındığı Yer	Alındığı Tarih	RSC	PH	E _{Cx106} (25 °C) Microhm/cm	Kasyonlar Meq/l				Anyonlar Meq/l				Toplam	Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼					
Pusat Deresi	08.08.88	0	8.2	420	0.25	0.04	2.9+1.0	0	3.9	0.06	0.14	4.1	6.1	0.2	C ₂ S ₁	19	
Pusat Deresi	21.02.89	0	8.2	373	0.2	0.03	2.9+0.8	0	3.5	0.25	0.21	3.96	5.1	0.1	C ₂ S ₁	18	
Pusat Deresi	16.05.89	0	8.0	420	0.25	0.02	2.5+1.5	0	3.85	0.11	0.33	4.29	5.5	0.2	C ₂ S ₁	20	
Pusat Deresi	03.08.90	0	8.1	412	0.25	0.04	2.8+1.2	0	3.8	0.1	0.20	4.1	6.1	0.2	C ₂ S ₁	19	
Pusat Deresi	12.03.91	0	8.2	398	0.2	0.03	2.9+0.9	0	3.4	0.3	0.30	4.0	5.2	0.1	C ₂ S ₁	18	
Pusat Deresi	17.09.91	0	8.2	422	0.26	0.04	2.9+1.0	0	3.9	0.2	.016	4.2	5.9	0.2	C ₂ S ₁	19	



Şekil 3.1. Özen Barajı pusat deresinin sulama suyunun Wilcox diyagramına göre sınıflandırılması (DSİ XIX.Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı verilerinin değerlendirilmesi)



Şekil 3.2. Özen Barajı pusat deresinin sulama suyunun ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflandırılması (DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü verilerinin değerlendirilmesi).

3.1. Hidroloji

Çalışma alanında İç Anadolu bölgesinin karasal iklimi hüküm sürmektedir. Bu nedenle kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçer. Mart ve Nisan aylarında yağışlarla birlikte önemli ölçüde kar erimeleri görülür.

Proje sahası içinde bulunan meteoroloji istasyonlarının incelemesi sonucunda yağış havzasının Yeniköy DMI istasyonunun temsil ettiği ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda ve değerlendirmelerde bu istasyon verileri kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Özen Barajı yağış havzasını temsil eden yağış istasyonunun yılda günlük en büyük yağış - gözlendiği ay ve yıllık toplam yağış değerleri (Can, 1991).

Gözlem Yılları	Yılda Günlük En Büyük Yağış	Gözlendiği Ay	Yıllık Toplam Yağış
1988			
1987	28.50	6	558.90
1986	46.00	6	584.80
1985	37.00	10	543.90
1984	24.00	6	398.70
1983	34.30	10	721.10
1982	64.50	4	591.90
1981	82.00	10	833.60
1980	40.40	11	615.80
1979	28.20	1	536.60
1978	26.00	9	478.10
1977	49.70	2	563.00
1976	48.40	1	869.50
1975	60.00	4	590.30
1974	44.20	10	506.00
1973	32.60	4	396.80
1972	30.00	4	513.00
1971	33.30	4	550.80
1970	36.00	12	490.10
1969	30.30	12	403.30
1968	34.40	5	696.90
1967	53.50	5	597.90

Çalışma alanında ana meteoroloji istasyonu Sivas' ta bulunmaktadır. Bununla birlikte rasat yapan DSİ ve DMİ istasyonları verileri de kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Yağış havzası çevresindeki meteoroloji istasyonları ve yıllık ölçümleri (Can, 1991).

İstasyon Adı	İşleten Kuruluş	Rakım (m)	Gözlem Yılları	Kullanılabilir Yıllar	Yıllık Ort. Yağışlar
YENİKÖY	DSİ	1450	1966 1987	21	572.61
MERMER	DSİ	1420	1973 1988	15	551.57
REŞADİYE	DMİ	450	1957 1987	26	455.13
DOĞANŞAR	DMİ	1100	1964 1987	23	621.13
ŞEREFİYE	DMİ	1550	1964 1986	21	612.75
ZARA	DMİ	1348	1964 1988	32	553.01
HAFİK	DMİ	1275	1950 1987	31	413.81

Sıcaklık değerleri, inceleme alanına en yakın olan Zara DMİ istasyonundan alınmış ve bu veriler kullanılmıştır (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.4. Zara DMİ aylık ortalama sıcaklıkları (Can, 1991).

Aylar	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM
Ort. Sıcaklık	8.3	12.9	16.3	19.3	19.1	15.7	10.2	4.3

Baraj yerinde yapılan son 21 yıllık ortalamaya göre; yıllık ortalama sıcaklık 7.2 °C dir. En düşük sıcaklık ortalaması -3.6 °C (Ocak ayı), en yüksek sıcaklık ortalaması 19.3 °C (Temmuz ayı) olarak tespit edilmiştir. Bu sıcaklık ortalamaları baz alınarak proje yerinde gerçek buharlaşma terleme (E_{tr}) 318.59 mm. ve fazla su da 162.1 mm. bulunmuştur. Ocak ayından Mayıs ayına kadar fazla su sellenme - süzülme ile harcanır. Ortalama yağış, Nisan ayında 92.4 mm. ile en yüksek, Temmuz ayında 6.9 mm. ile en düşük seviyededir.

Çalışma alanının en önemli akarsuları Pusat deresi ile Maden çayıdır ve bu akarsulara büyüklü küçüklü bir çok yan dereler de karışmaktadır.

Özen Barajı yağış alanı 130.69 km² dir. Baraj yağış alanına 1966 yılında 15 - 49 nolu bir akım gözlem istasyonu kurulmuştur. İstasyonun kullanılabilir rasat süresi 20 yıldır. Ancak 1970 - 1972 yılları arasında eksik veri olduğundan dolayı 1973 - 1988 yılları arasındaki 16 yıllık rasat değerleri kullanılmıştır.

Pusat deresi üzerinde kurulan istasyonda yapılan ölçümlere göre en fazla akım 41 m³/s (Nisan 1976), en düşük akım 0.02 m³/s (Ağustos 1973) olarak tespit edilmiştir.

Özen Barajı yağış alanı	:130.68 km ²
İstasyon yağış alanı	:141.10 km ²
Alan oranıyla taşıma katsayısı	:0.926

bulunmuştur.

Bu katsayı ile alan taşınması yaptıktan sonra 16 yıllık ortalama akım 59.4 hm³ olarak bulunmuştur.

4. BÖLÜM
DOLUSAVAK HEYELANI VE DURAYLILIĞI

4. DOLUSAVAK HEYELANLARI VE DURAYLILIĞI

4.1. Özen Barajı Dolusavak Yapısı

Özen Barajı projesinde dolusavak sol sahilde olup, karşıdan alışı olarak projelendirilmiştir. Kret kotu 1494 m. olan dolusavağın yaklaşım kanal uzunluğu 70 m. dir. Boşaltım kanal ise 130.00 m uzunluğunda olup, genişliği 12.00 m. dir.

4.2. Heyelanların Tanımlanması

Hafik Özen Barajı'nın dolusavak sol sahilinde 1999 yılında kayma başlamış ve ortaya çıkan heyelanın boyutlarının belirlenebilmesi için yerinde incelemeler yapılmıştır.

Sivas - Hafik - Özen Barajı dolusavağının güneyinde yer alan Hacıtarla tepesi eteğinden yan dere boyunca uzanarak çaya kadar inen alan, eski bir heyelan bölgesidir. Daha önce sağ sahilde projelendirilen dolusavak, aks yerinde yer alan fayların olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla sol sahile taşınmış ve burada eski bir heyelanın var olduğu görülmüştür. Yeni güzergahta yapılan dolusavak kazısı, heyelan topoğuna denk gelmiştir. Bununla birlikte heyelanın taç bölgesine doğru, yeni Hafik - Doğanşar Karayolu yol açma çalışmaları da yapılmıştır. Sonuç olarak; topuk bölgesindeki kazı çalışmaları kaymaya karşı koyan kuvvetleri azaltmış, taç bölgesindeki Karayolları çalışmalarıyla da ek yükler ve dolayısı ile kaydırıcı kuvvetler artarak 1999 yılı Haziran ayında kütle harekete geçmiştir.

Heyelan mekanizmalarının anlaşılmasında, kaya kütleindeki ayrışmanın ve kütlelerin geçirimsizliğinin artışının büyük önemi vardır. Kayalarda az bozunmuş zondan, oldukça bozunmuş zona doğru kırık ve çatlaklardaki sıklık ile süresizliklerin açıklığı, buna bağlı olarak da depolama kapasitesi ve geçirimsizlik önemli ölçüde artar. Bunlar, söz konusu kayanın üzerinde yer alan malzemelerin duraylılığını bozar ve örtü malzemesinin akması veya kaymasına neden olur. Ayrışmış olan kayanın üst zonlarında, genellikle geçirimsiz kil malzemesi oluşumu söz konusu olup, bu yüzeylerde kayma dayanımı yenilmeleri gerçekleşebilir. Böylece bir çok şevlerde ayrışmamış kaya ile onu örten killi zemin arasında, eğim aşağı yaklaşık 2 -4 m. derinliklerde dikkate değer bir yeraltısuyu akışı oluşur (Rycroft, 1971 ; Grainger and Harris, 1986).



Foto 4.1. Dolusavaktan heyelanlı bölgeye bakış.



Foto 4.2. Heyelan taç bölgesi ve kabarmalar.

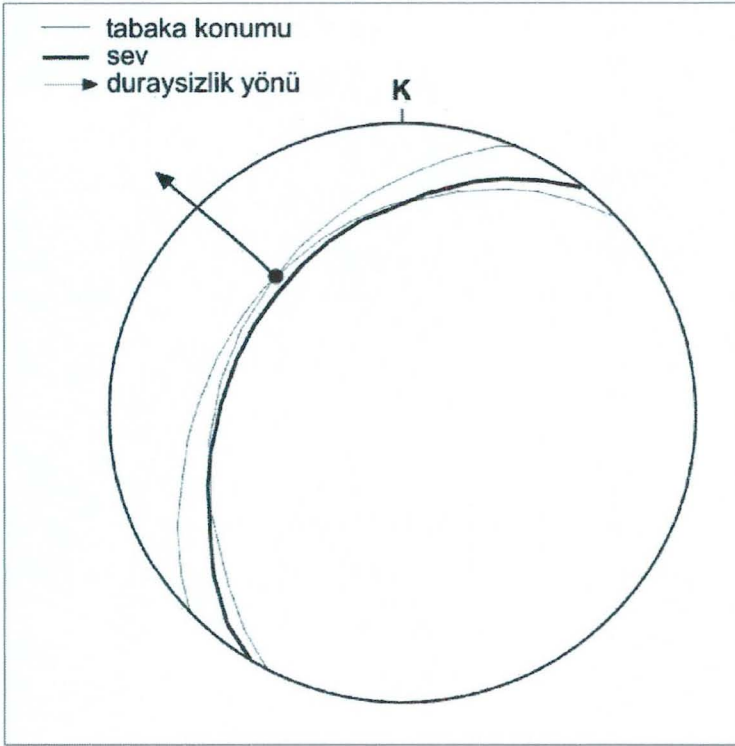


Foto 4.3. Heyelan topuk bölgesi.



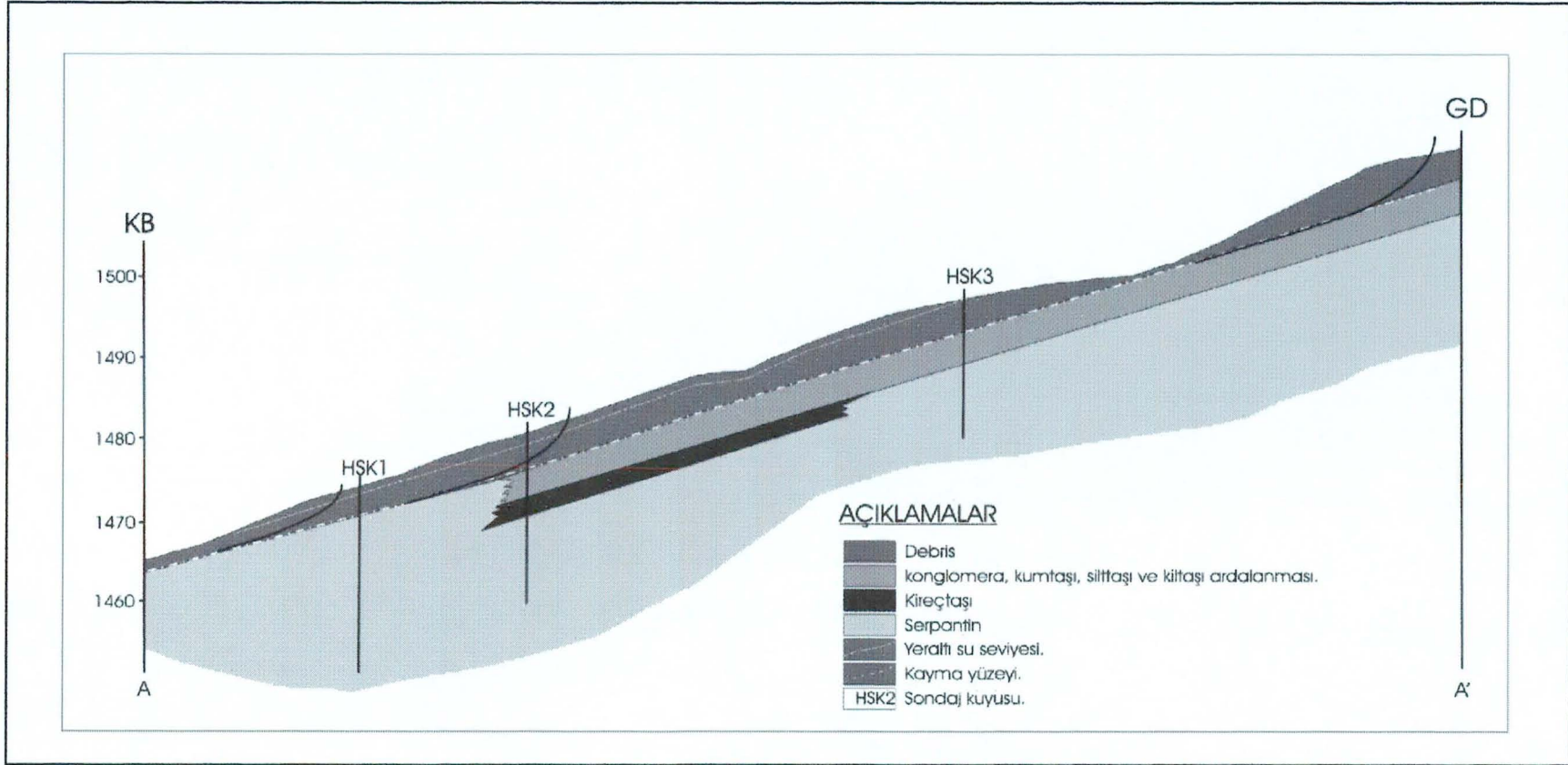
Foto 4.4. Heyelanın akış yönüne dik bakış.

Yakın geçmişte Özen Barajı' nın yaklaşık güneydoğu bölümünde dolusavağı tehdit eden heyelanlar oluşmuştur. Çalışma alanındaki jeoteknik araştırmalar, buralardaki kaya şevlerinin duraysızlığa eğimli olduğunu göstermiştir. Temel kayalarda gerçekleştirilen kinematik analizler de potansiyel şev duraysızlıkları yönünün, hakim şev yönü olan KB ile uyumlu olduğunu göstermiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Dolusavak güneyinde yeralan şevlerde ait tabaka düzlemleri, şev yönü ve potansiyel yenilme yönünü gösteren stereografik izdüşüm ağı.

Sondaj kuyusu gözlemleri ile elde edilen veriler yenilmelerin, temel kaya ile genellikle bunların ayrışmasından oluşmuş yamaç molozu arasındaki alterasyon zonunda düzlemsel yüzeyler boyunca meydana geldiğini işaret etmektedir (Şekil 4.2). Yüzeyden itibaren 2 m. den 19 m. derinliğe kadar " gevşek çakıllı - kumlu - siltli kil" malzemeden oluşan ince taneli yamaç molozu şev boyunca uzanmaktadır. Bu malzemenin altında bulunan ana kaya ise, özellikle ilk seviyelerinde ayrışmış ve bozunmuş bir özellik sunmaktadır.



Şekil 4.2. Heyelanlar ve yenilme düzlemlerini gösteren kesit.

4.3. Heyelan Malzemesinin Temel Jeo - Mühendislik Özellikleri

Heyelanlı sahada yer alan; şevin yüzeyinde ve topuğunda depolanmış olan yamaç molozu malzemesi, kil boyutundan çakıl boyutuna kadar malzeme içermekte olup, Koşutdere ofiyolitik melanjına ait temel kayasındaki ayrışma ve bozunmalar sonucunda oluşmuştur. Söz konusu yamaç molozunun kalınlığı 2 m. den 19 m. ye kadar değişmektedir. Bu malzeme düşük dayanıma sahip, gevşek ve yüksek su içeriğine bağlı olarak da mekanik olarak duraysızdır.

Temel ve yamaç molozu malzemesi özellik ve koşullarının ortaya konulabilmesi maksadıyla 9 adet mekanik olarak açılmış araştırma kuyusu ve heyelan sahasında açılmış 4 adet sondaj kuyusu kullanılmıştır (EK .3).

HSK - 1 nolu kuyu: Kuyu 1473.2 m. kotunda açılmış ve 0 - 9 m. arasında kahverenkli kil, 9 - 19.20 m. arasında mavimsi yeşil renkli çok plastik kil, 19.20 - 20 m. arasında serpantin, 20 - 21 m. arasında serpantin kili 21 - 23 m. arasında ise serpantin kesilmiştir. Kuyuda ölçülen yeraltı su seviyesi 2.70 m. dir.

HSK - 2 nolu kuyu: Kuyu 1479.40 m. kotunda açılmış ve 0 - 17 m. arasında kahverenkli kil, 17 - 18 m. arasında ayrışmış konglomera, 18 - 21 m. ler arası ise silttaşı - kireçtaşı ardalanması kesilmiştir. Kuyuda ölçülen yeraltı su seviyesi 4 m. dir.

HSK - 3 nolu kuyu: Kuyu 1494.65 m. kotunda açılmış ve 0 - 10 m. arasında kahverenkli kil, 10 - 12.50 m. arasında gri renkli kireçtaşı, 12.50 - 17 m. arasında ise serpantin kili kesilmiştir. Kuyuda ölçülen yeraltı su seviyesi 2.50 m.dir.

HSK - 4 nolu kuyu: Kuyu 1495.55 m. kotunda açılmış ve 0 - 2 m. arasında kahverenkli kil, 2 - 5 m. arasında kumtaşı - kireçtaşı kesilmiştir. Kuyuda ölçülen yeraltı su seviyesi 2.50 m. dir.

Temel sondajlarla kesilen kayaçların genel fiziksel özellikleri şu şekildedir
Konglomera ; yüzeyde şarabi, derinlere doğru yeşilimsi gri renkli, ayrışmış, çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolguludur.

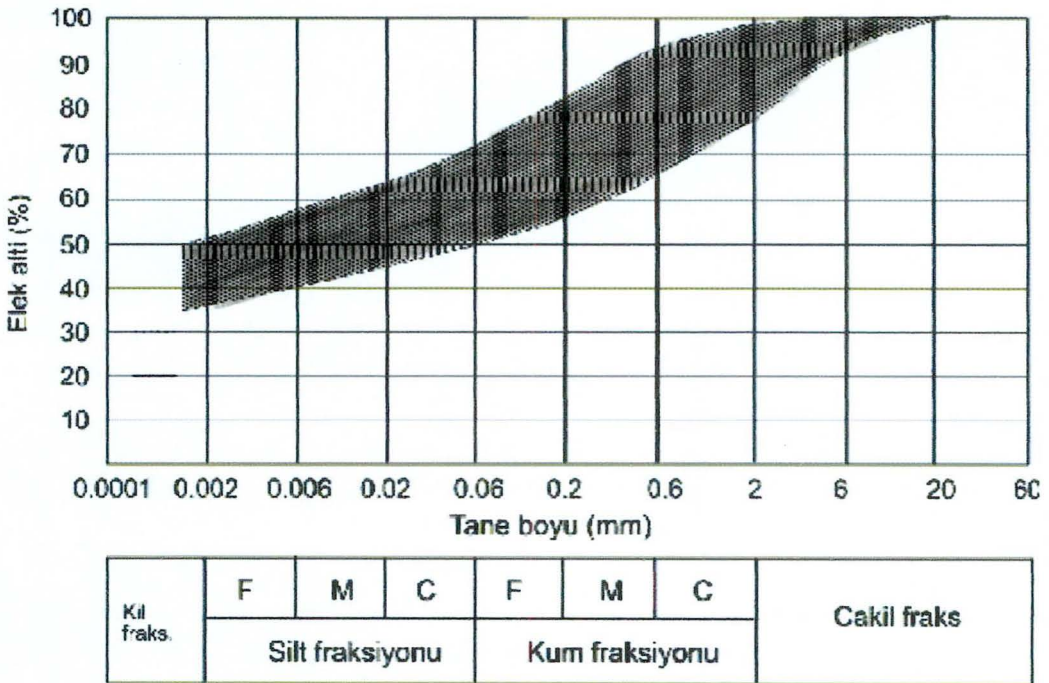
Kumtaşı - Silttaşı - Kiltası - Kireçtaşı ; tipik fliş karakteri görünümü sergilemektedir. Kumtaşları gri renkli, silttaşı kırmızımsı ve yeşil renkli, kiltaları kahverenkli ve kireçtaşları grimsi olup bol çatlaklı bir yapı göstermektedir.

Serpantin ve serpantin kili ; yeşil renkli, özellikle serpantinlerin üst kesimleri oldukça parçalı ve ayrılmış, kaygan yüzeyli görünümündedir.

Yamaç molozu ; heyelanın hareket halindeki kitlesidir. Malzemenin yeşil inorganik kil, gri çakıllı kumlu kil ve siltli kil karışımından oluştuğu gözlenmektedir.

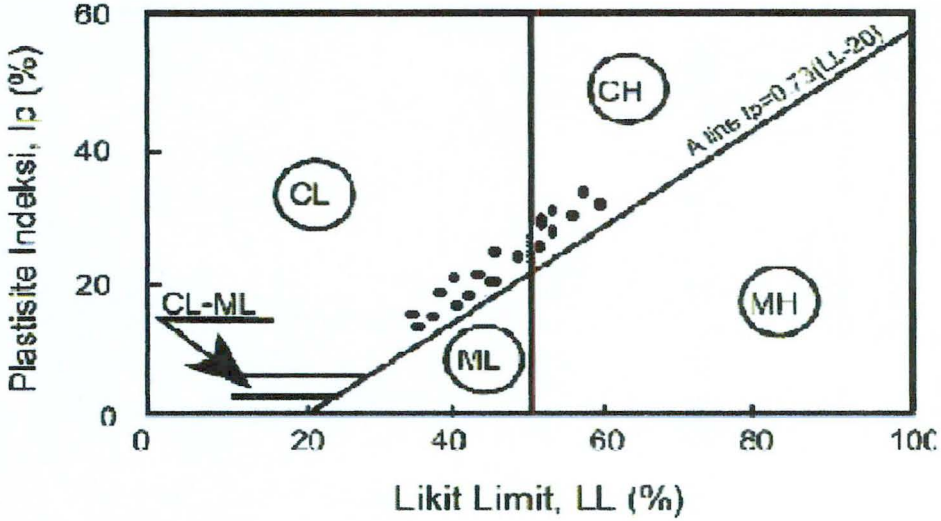
Sondaj kuyularından ve araştırma çukurlarından alınan şev malzemesine ait 18 adet zemin örneği üzerinde ASTM standartları (Bowles, 1992)' na uygun olarak zemin mekaniği deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Örnekler üzerinde iri elek, ince elek ve hidreometre yöntemleri kullanılarak tane boyu dağılım analizleri yapılmıştır. Bu analizler zeminlerin, genelde ortalama olarak %7 çakıl, %27 kum, %33 silt ve %33 kil boyu malzemenin oluştuğunu göstermiştir. Çalışma alanındaki zeminlere ait tane boyu dağılım aralığı Şekil 4.3' de görülmektedir.



Şekil 4.3. Zemin örneklerinin tane boyu dağılımı.

Kayan malzemeye ait zemin örnekleri üzerinde Atterberg sınırlarını belirlemek üzere deneyler yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre (Çizelge 4.1); likit limit değeri ortalama %49 olup, % 39' dan %59' a kadar değişim göstermektedir. Plastisite indeksi değerleri ise; %14 ile %29 arasında değişim göstermekte ve ortalama olarak %22 değerini almaktadır. Plastik limit değerleri ise; ortalama %24 olup, %19' den %32' e kadar değişmektedir. Örneklerin likit limit ve plastisite indeksi değerlerine bağlı olarak, plastisite abağı üzerinde değerlendirilmeleri sonucunda; zeminlerin genellikle CH (yüksek plastisiteli inorganik kil) ve CL (düşük plastisiteli inorganik kil) grubuna ait oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.4).



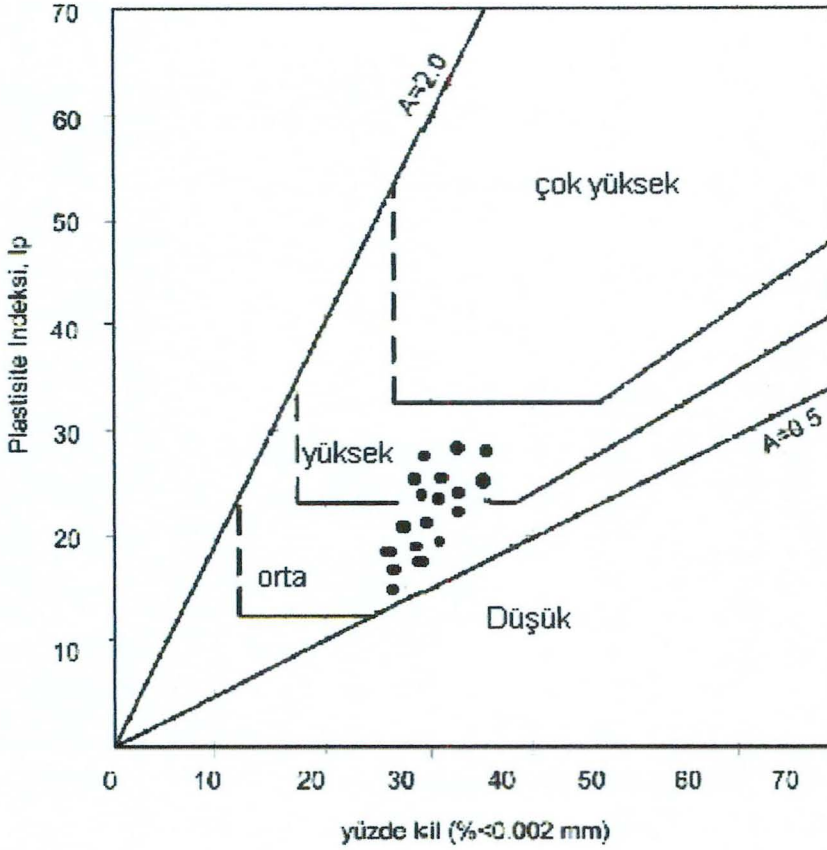
Şekil 4.4. Zemin örneklerinin plastisite abağı üzerindeki dağılımı.

Aynı zeminlere ait tane özgül ağırlığı değerleri ise; 2.67 ile 2.97 arasında değişmekle birlikte ortalama 2.74 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Heyelan malzemesi zeminlerinin plastisite indeksleri ve % kil içerikleri dikkate alınarak aktivite (A) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler 0.52 ile 0.91 arasında değişmekte olup, ortalama 0.72'dir (Çizelge 4.1). Elde edilen aktivite değerleri Skempton (1953)' e göre sınıflandırıldığında zeminler "normal aktif" killer olarak değerlendirilmiştir. Bunlara ek olarak, plastisite indeksi ve % kil miktarı kullanılarak Williams ve Donaldson (1980) şişme potansiyeli sınıflamasına göre ya yapılan değerlendirmeler, zeminlerin "orta - yüksek" şişme potansiyeline sahip olduklarını göstermiştir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki kayan malzeme debrisin indeks özellikleri ve istatistiksel değerlendirme sonuçları.

Örnek No	LL (%)	PL (%)	Ip (%)	% Kil	A	G _s
1	39	25	14	27	0,52	2,67
2	39	22	17	28	0,61	2,70
3	40	22	18	30	0,6	2,72
4	41	21	20	32	0,63	2,68
5	43	21	22	34	0,65	2,68
6	42	23	19	29	0,66	2,69
7	43	24	19	27	0,70	2,71
8	45	23	22	28	0,79	2,68
9	43	22	21	30	0,70	2,71
10	49	24	25	29	0,86	2,69
11	46	19	27	30	0,91	2,82
12	51	28	23	30	0,77	2,70
13	51	27	24	32	0,75	2,73
14	53	28	25	35	0,71	2,73
15	55	28	27	34	0,79	2,81
16	59	30	29	32	0,90	2,97
17	51	29	22	32	0,68	2,71
18	57	32	25	31	0,80	2,79
En az	39	19	14	27	0,52	2,67
En çok	59	32	29	35	0,91	2,97
Ortalama	47	24	22	31	0,72	2,74
Standart sapma	6,17	3,54	3,81	2,31	0,10	0,07

Not :LL: Likit limit ,PL:Plastik limit,Ip:Plastisite indeksi ,% Kil:Kil boyu malzeme içeriği ,
A : Aktivite, G_s : Özgül ağırlık .



Şekil 4.5. Zemin örneklerinin Williams ve Donaldson (1980)' e ait şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı.

Sondajlarda temel kayadan % 100' lük oranlarda karot alınmıştır. Elde edilen bu karotların RQD değerleri belirlenmiştir. RQD değerleri her karot parçasının merkezinden geçen bir hat boyunca, dik ve dike yakın süreksizlikleri içeren 10 cm. ve daha büyük karot parçalarının tespit edilmesi ve bunların toplam uzunluğunun ilerleme aralığı uzunluğuna oranı ile belirlenmiştir. Deere (1964)' e göre yapılan kaya kalitesi sınıflaması (Çizelge 4.2), 26 - 40 değerlerine sahip temel kayanın "kötü kaliteli" kaya özelliğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4.2. Kayaçların kaya kalitesine göre sınıflandırılması (Deere, 1964).

Kaya Tanımı	RQD %
Çok iyi kaliteli	100 – 90
İyi kaliteli	90 – 75
Orta kaliteli	75 – 50
Kötü kaliteli	50 – 25
Çok kötü kaliteli	25

4.4. Heyelanların İzlenmesi

Heyelan malzemesinin kalınlığı, miktarı, yeraltısuyu seviyesi ile kayma yüzeyinin tespit etmek amacıyla heyelan bölgesi üzerinde makinalı çalışma dışında 4 adet de temel sondaj kuyusu açılmıştır. Kayma yüzeyinin net ve kesin olarak tespiti, kuyulara plastik rasat borularının indirilmesi ile sağlanmıştır.



Foto 4.5. Heyelanlı bölgede yapılan makineli çalışma ve yolda oluşan çatlaklar.

Heyelan üzerinde temel sondaj kuyuları 2000 Eylül ayında yapılmış ve kuyulara plastik rasat boru yerleştirilmiştir. Sondaj yapılmadan önce heyelan 2000 yılının Şubat ayında takibe alınmış ve sondajlardan sonra 2000 Ekim ayına kadar geçen yaklaşık 8 ay içerisinde topografyada 1-1.5 m. arasında düşme gerçekleştiği tespit edilmiştir. 2001 Haziran ayında ve 2002 Mayıs ayında ölçümler yapılmış ve plastik borularda kaymaya bağlı farklı okumalar kaydedilmiştir (Çizelge 4.3.)

Çizelge 4.3. Heyelan kuyularında kayma düzlemini bulmaya yönelik ölçümler.

Ölçüm Tarihleri	Ölçüm Sonuçları (m)			
	HSK-1	HSK-2	HSK-3	HSK-4
Eylül 2000	23	21	17	5
Haziran 2001	12	16.6	9	4.6
Mayıs 2002	3.6	4.6	4.1	Dolu

Çizelgede görüleceği gibi, kuyular açıldıktan sonra ilki 2001 yılı Haziran ayında, ikincisi 2002 yılı Mayıs ayında olmak üzere iki farklı kayma gerçekleşmiştir. Plastik boruların kırılma noktaları birleştirildiğinde çalışmaya konu olan heyelanların kayma yüzeyinin dairesel değil, düzlemsel olduğu ortaya çıkmaktadır (EK. 3).

Hareketlere bağlı olarak kuyu noktalarının harita üzerindeki yerleri heyelanın akma yönüne göre ötelendikleri gözlenmiştir. Bu hareket de güneyden kuzeye doğru gerçekleşmiştir.

Heyelan bölgesinde açılan sondaj kuyularında en son olarak 06.10.2002 tarihinde ölçüm yapılmıştır. İlk ölçüm ve son ölçüm sonuçlarına göre koordinatlar karşılaştırılarak, topografyadaki kaymalar, kotlar karşılaştırılarak da topografyada gözlenen kabarma ve çökmeler ortaya çıkarılmıştır(Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Topografyada gözlenen değişim miktarları.

Kuyu No		Koordinatlar		Kayma miktarı (m)	Kotlar	Çökme ve kabarma miktarı (m)
		X	Y			
HSK-1	İlk okuma	631.500	3636.000	6.179	1473.62	-1.00
	Son okuma	636.695	3632.620		1472.62	
HSK-2	İlk okuma	600.000	3657.000	3.440	1479.40	-1.23
	Son okuma	602.529	3654.000		1478.17	
HSK-3	İlk okuma	519.000	3711.500	0.858	1494.65	+0.27
	Son okuma	518.146	3711.408		1494.92	
HSK-4	İlk okuma	511.000	3677.500	1.250	1495.55	+0.62
	Son okuma	509.750	3677.478		1496.22	

Elde edilen bu sonuçlara göre çıkarılan topografik kesitler karşılaştırıldığında kayma, kabarma ve çökmeler bariz şekilde görülecektir.

5. BÖLÜM
SONUCLAR VE TARTIŞMALAR

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışma Özen Barajı dolusavak yapısının yaklaşık olarak güney bölümünde oluşmuş heyelanlar üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle varılan genel sonuçlar ve tartışmalar aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

- Çalışma alanı içerisinde yaşlıdan gence doğru; Kretase yaşlı Koşutdere ofiyolitik karışığına ait serpantinitle kireçtaşları, bu birimin üzerinde yine Kretase yaşlı olan Boztepe formasyonuna ait konglomera - kumtaşı silttaşı ve kiltası aralanması yer almaktadır. Bahsedilen bu birimler çalışma alanı içerisinde kayda değer yüzlekler vermeyip sondajlar esnasında tanımlanmış olup, çalışma alanı oldukça kalın yayılım gösteren yamaç molozu ile örtülüdür.
- Yamaç molozuna ait zeminler genellikle CH (yüksek plastisiteli inorganik kil) ve CL (düşük plastisiteli inorganik kil) grubu zeminler olarak sınıflandırılmışlardır. Bu zeminler "normal aktif" killer olup, "orta - yüksek" şişme potansiyeline sahiptirler. Tane boyu analizlerine göre ise; ortalama %7 çakıl, %27 kum, %33 silt ve %33 kil boyu malzemeden oluşan ince taneli bir yapıya sahiptirler.
- Heyelan bölgesinde yapılmış olan sondaj kuyularından alınan temel kayaya ait karotlarda yapılan RQD değerlerine göre kayalar; "kötü kaliteli" olarak sınıflandırılmışlardır. Bu düşük değerlerin elde edilmesinde, ayrışmanın önemli etkisi olduğu bir gerçektir.
- Saha ve deneysel çalışmaların sonuçlarına göre heyelanlar, yamaç molozu ile ana kaya arasında yer alan ayrışma zonu içerisinde düzlemsel yenilme yüzeyleri boyunca gerçekleşmiştir. Kayma - yamaç molozu akması şeklinde gözlenen heyelanların bazı önemli karakteristikleri; *a.* Gevşek yamaç molozu ile ayrılmış ana kaya arasında yer alan, 1 m. den 19 m. ye kadar değişen kayma yüzeyleri, *b.* Onlarca metreküpten yüzlerce metreküp kadar ulaşan heyelan hacimleri, *c.* Ana kaya - yamaç molozu kontağı boyunca yenilmeler şeklinde tanımlanabilir.

- Temel kayalarda gerçekleştirilen kinematik analizler, potansiyel şev duraysızlıkları yönünün, hakim şev yönü olan KB ile uyumlu olduğunu göstermiştir.
- Heyelan bölgesinde yapılan temel sondaj kuyularına plastik borular indirilmiş ve belirli zaman aralıklarında yapılan ölçümlerde heyelanın kayma yüzeyi saptanmıştır. Heyelandaki hareketli malzemenin kalınlığı 17 - 19 m arasına değişmekte olup, heyelan düzlemsel bir yüzey üzerinde hareket etmektedir.
- Çalışma alanı ve civarının kuzeyinden geçmekte olan Kuzey Anadolu Fay hattı dikkate alındığında, bölgedeki heyelanların muhtemel bir fay aktivitesi sonunda tetiklenebileceği düşünülmektedir.
- Özen Barajı dolusavak heyelanı oluşumunda aşağıdaki faktörler önemli rol oynamıştır.
 - a. Heyelanın eski heyelan bölgesinde açığa çıkması, önceden meydana gelmiş yenilmelerin varlığını göstermektedir.
 - b. Heyelanın topuk bölgesinde yapılan dolusavak kazı çalışmaları heyelanlı kitlenin dayanımını azaltmış ve taç bölgesinde yapılan Karayolları yol çalışmaları da heyelan üzerindeki ek yükleri arttırarak hareketi tetiklemiştir.
 - c. Dolusavak heyelan bölgesindeki ana kayanın kalitesinin “fena kaliteli” olması ve yağışlar sonucu yeraltısuyunun artması serpantinlerin bozunmasına ve ayrılmış zon oluşturmaya neden olmuştur. Yeraltısuyunun etkisi ile kaydırıcı kuvvetler artarak yenilmeler meydana gelmiştir.
 - d. Dolusavak çalışmaları öncesinde aktif olmayan faylar kayma yüzeyi üzerinde yamaç molozu kalınlığının 17 - 19 m’ye ulaşmasında etkili olmuş ve topukta yapılan kazı çalışmaları hem yamaç molozunun kritik duraylılık koşuluna ulaşmasına hemde fayların harekete geçmesine neden olmuştur.
 - e. Kazı yapılan topografyada yamaç eğiminin fazla olması kaydırıcı kuvvetlerin artmasında etkili olmuştur.

- f. Koşutdere ofiyolitik karışığına ait serpantinler ile serpantinlerin ayrışması sonucu oluşan serpantin killerinin üzerinde yer alan yamaç molozu örtüsünün düzlemsel olarak eğim aşağı hareket etmesiyle heyelanın hareketi hızlanmıştır.

Özen Barajı dolusavak sol yan duvarını etkileyecek olan heyelanın önlenmesi için yapılacak çalışmalar;

- Heyelan üzerindeki yükü hafifletmek amacıyla heyelan malzemesinin dolguda kullanılması,
- Yeni Doğanşar yolunun üstünde kalan heyelanlı bölgenin drenajının yapılarak kaynak suların uzaklaştırılması,
- Dolgu malzemesi alındıktan sonra dolusavak yan duvarından heyelanın taç kısmına kadar olan kesimde, 1/2 eğimle palyelerin oluşturulması,
- Dolusavak sol yan duvarının heyelanın konumuna göre yeniden projelendirilmesi,
- Dolusavak sol yan duvarı ile yamaç arasında meydana gelen boş alanın kaya malzeme ile doldurularak topuk oluşturulması,

şeklinde özetlenebilir.

6. BÖLÜM
KAYNAKLAR

6. KAYNAKLAR

- Ada, E., 1995.** Hafik Projesi – Özen Barajı ” Deprem Risk Analizi” Raporu. DSİ Raporu, 11 s.
- Akbulut, D., 1987.** Hafik - Özen Barajı ve sulama kanalları jeolojik planlama raporu. DSİ Raporu, 15 s.
- Bingöl, E., Bal, İ. ve Can, N., 1989.** 1/2 000 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, MTA, Ankara.
- Bowles, J. E., 1992.** Engineering Properties of Soils and Their Measurement. McGraw - Hill Inc. New Jersey, U.S.A., 241 p.
- Can, B., 1991.** Sivas - Hafik - Özen Projesi Planlama Raporu. DSİ Raporu, 30 s.
- Deere, D.V., 1964.** Tecnicl description of cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Engineering geology. 1. 18 - 22.
- Ergün, V., 1983.** Sivas - Zara, Kemeriz göleti mühendislik jeolojisi ön inceleme raporu. DSİ Raporu, 16 s.
- Göksu, E., 1974.** 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Samsun paftası (MTA yayını).
- Gökten, E. and Kelling, G., 1991.** Hafik kuzeyinde Senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniği.
- Grainger, P. and Harris, J., 1986.** Weathering and slope stability on Upper Carboniferous mudrocks in south-west England. Quarterly Journal of Engineering Geology, 19, 155-173.
- İkbal, H., 1971.** Zara regülatörü ve sulama kanalları jeolojik planlama raporu. DSİ Raporu, 28 s.
- Kurtman, F., 1973.** Sivas-Hafik - Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı .MTA Dergisi, 80 s. 1 - 32.
- Müftahi, Y., 1965.** Sivas-İmranlı, Kızılırmak başlangıç havzası hidrojeolojik etüd raporu. DSİ Raporu, 50 s.
- Özcan, Y., 1989.** Sivas - İmranlı Barajı mühendislik jeolojisi planlama raporu. DSİ Raporu, 36 s.
- Rycroft, D., 1971.** Drainage investigations in the south - west field drainage. Expt. Unit Ann. Rep., ADAS Min. Ag. For Fish, Cambridge.

- Skempton, A.W., 1953.** The colloidal activity of clays. Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics, Zurich, 1, 57 - 61.
- Söylem, B., 1992.** Hafik - Özen Barajı (Sivas) Mühendislik Jeolojisi İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 84 s.
- U.S.B.R., 1973.** Design of small dams, edition U.S. Government printing office, Washington.
- Williams, A.A.B. and Donaldson, G., 1980.** Building on expansive soils in South Africa. Proceedings of the 4th International Conference on Expansive Soils, Denver, 2, 834 - 838.
- Yılmaz, A., 1980.** Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi. MTA, 90 s.
- Yılmaz, A., 1983.** Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağ) dolaylarının temel jeolojisi ve ofiyolitli karışığın konumu. MTA Ens. Der., 99 - 100.
- Yılmaz, F., 1997.** Sivas - Hafik Pusat - Özen Barajı Mühendislik Jeolojisi Kesin Proje Raporu. DSİ Raporu, 138 s.

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta tamamladıktan sonra 1994 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Halen DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü'nde jeoloji mühendisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

EK. 1
ÖZEN BARAJI HEYELAN BÖLGESİ
TEMEL SONDAJ LOGLARI

