

**KOZLUCA BARAJI (TAŞOVA, AMASYA)
REZERVUARINDAKİ HEYELANIN BARAJ AŞMA
POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE OVERTOPPING POTENTIAL
OF THE LANDSLIDE IN THE RESERVOIR OF KOZLUCA
DAM (TAŞOVA, AMASYA)**

ARZU ER

Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

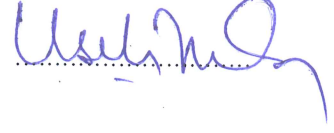
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

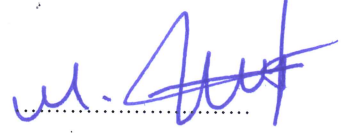
2018

ARZU ER'in hazırladığı "Kozluca Barajı (Taşova, Amasya) Rezervuarındaki Heyelanın Baraj Aşma Potansiyelinin Araştırılması" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

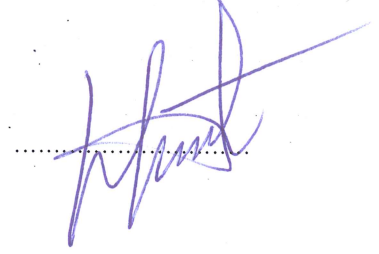
Prof. Dr. Işık YILMAZ
Başkan



Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU
Danışman



Prof. Dr. Harun SÖNMEZ
Üye



Prof. Dr. Dilek TÜRER
Üye



Doç. Dr. Mehmet Celal TUNUSLUOĞLU
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 2023 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

11.06.2018


(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

ARZU ER

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

ARZU ER
2018



ÖZET

KOZLUCA BARAJI (TAŞOVA, AMASYA) REZERVUARINDAKİ HEYELANIN BARAJ AŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Arzu ER

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

Haziran 2018, 99 sayfa

Barajlar, insan yaşamı için son derece önemli yapılar olup, farklı amaçlar doğrultusunda inşa edilmektedirler. Özellikle, baraj rezervuar alanlarında, herhangi bir nedenle şev duraysızlıkları ve baraj yenilmesi gibi sorunların ortaya çıkması, önemli can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Bu çalışmada, Amasya ili Taşova ilçesinde yapılması planlanan Kozluca Barajı'nın rezervuar alanı sol sahilinde bulunan heyelanın aktivite kazanması durumunda, söz konusu alanda, kayan malzemenin suda yaratacağı dalga etkisiyle, suyun baraj gövdesi üzerinden aşma potansiyelinin olup olmadığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Kayma potansiyeline sahip iki farklı kütle için, farklı senaryolar dikkate alınarak, toplam 24 adet şev duraylılığı analizi yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar, görgül yöntemler ile değerlendirilerek, heyelanın hızı, dalga yüksekliği, dalga hızı, dalga tırmanması, dalganın baraj gövdesine ulaşma süresi gibi dinamik özellikler belirlenmiştir. Her iki kütle için de olası hareketi sonucunda meydana gelebilecek dalgaların baraja kısa zamanda ulaşması ve karşı yamaca dalgaların tırmanması sonucunda da, olası yenilmelerin gerçekleşebileceği ön görülmektedir. Olası baraj aşması ile baraj aks yerinin mansabında bulunan Kozluca Mahallesi ve tarımsal alanların olumsuz yönde etkilenmesi de söz konusu olabilecektir. Tüm bu bulgular yardımıyla, potansiyel baraj aşma olayının üç boyutlu analizler yardımı ile değerlendirilerek, daha net bir şekilde ortaya konulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: baraj, baraj aşması, heyelan, Taşova (Amasya)

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE OVERTOPPING POTENTIAL OF THE LANDSLIDE IN THE RESERVOIR OF KOZLUCA DAM (TAŞOVA, AMASYA)

Arzu ER

Master's Degree, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

June 2018, 99 pages

Dams, which are very significant structures for human life, are constructed for different purposes. Particularly, in the dam reservoir areas, slope instabilities and dam failures, occurred by any reason, may cause significant losses of lives and properties. In this study, in case of the reactivation of the landslide in the left side of the reservoir area of Kozluca dam, which is planned to be constructed in Taşova (Amasya) district, it was aimed at evaluating the possibility of overtopping event caused by the wave effect from possible sliding material in the area of concern. A total of 24 slope stability analyses, taking into consideration different scenarios, were carried out for two different masses with possible sliding potential. By considering the empirical methods from which the results obtained from the analyses, the dynamic characteristics such as landslide velocity, wave height, wave velocity, wave run-up, travel time of the wave to the dam body were determined. It was also estimated that the waves, which might be resulted from the possible movement of both of the masses, could reach the dam in a short time and run-up the opposite slopes and thus causing possible additional failures. Kozluca district, located in the downstream of the dam, and agricultural areas may be negatively affected by the possible overtopping event in the study area. It is highly proposed that potential overtopping conditions gathered from this study should also be investigated by three dimensional analyses more clearly.

Keywords: dam, overtopping, landslide, Taşova (Amasya)

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca özverisini, sabrını hiç kaybetmeden, yoluma hep ışık tutan ve bana her konuda destek olan değerli danışmanım Prof. Dr. Murat ERCANOğLU'na, tezimin her aşamasında bilgi ve verilerinden yararlandığım Devlet Su İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼'ne, Devlet Su İşleri 7. B¼lge M¼d¼rl¼ę¼'ne ve Hidromark M¼hendislik M¼őavirlik A.Ő.'ye teőekk¼r ederim.

Çalıőmalarım sırasında benden destek ve yardımlarını esirgemeyen arkadaőım ve meslektaőım Murat KARAKUŐ'a teőekk¼r ederim.

Değerli j¼ri ¼yeleri Prof. Dr. Işık YILMAZ'a, Prof. Dr. Harun S¼NMEZ'e, Prof. Dr. Dilek T¼RER'e ve Doç. Dr. Mehmet Celal TUNUSLUOğLU'na teőekk¼r ederim.

Y¼ksek lisans yapmam konusunda beni y¼reklendiren aileme de sonsuz teőekk¼r ediyorum.

Arzu ER
ANKARA, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER	vi
ÇİZELGELER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Yöntemi	5
1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşım	7
1.3 Baraj tipi ve karakteristikleri	9
1.4 Hidroloji	9
1.4.1 Yağışlar	10
1.4.2 Sıcaklık	13
1.4.3 Akım Gözlem İstasyonları	14
1.4.4 İşletme Çalışması	17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
2.1 Genel Jeolojiye Yönelik Çalışmalar	19
2.2 Tez çalışmasına konu olan baraj aşması ile ilgili çalışmalar	22
3. BARAJLARA İLİŞKİN GENEL TAMIMLAMALAR ve SINIFLAMALAR	31
3.1 Barajların Tiplerinin Belirlenmesi	32
3.1.1 Barajların sınıflandırılması	33
3.2 Barajı oluşturan elemanlar	49

4. HEYELANLA İLİGİLİ KAVRAMLAR ve HEYELANLARIN NEDEN OLDUĞU BARAJ YIKILMALARI.....	51
4.1 Türkiye’de ve Dünyada Meydana Gelen Önemli Heyelanlar	53
4.2 Heyelanlardan Dolayı Yıkılan Barajlar.....	56
5. GENEL JEOLJİ	61
5.1 Stratigrafi.....	61
5.1.1 Turhal Grubu (PTtg)	64
5.1.2 Seyfe Formasyonu (Js).....	64
5.1.3 Doğdu Formasyonu (Jkd).....	65
5.1.4 Tersakan Formasyonu (Kt).....	66
5.1.5 Çerkes Formasyonu (Tç).....	66
5.1.6 Yamaç Molozu (Qym)	66
5.1.7 Alüvyon (Qal).....	66
5.2 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Yapısal Jeolojisi	67
6. ÇALIŞMA ALANINDAKİ HEYELANIN İNCELENMESİ.....	72
6.1 Görgül Yöntemlerle Baraj Aşmasının Değerlendirilmesi.....	77
6.1.1 Heyelanın Hacminin Belirlenmesi.....	79
6.1.2 Heyelan Hızı.....	81
6.1.3 Dalga Yüksekliği	82
6.1.4 Dalga Hızı	84
6.1.5 Dalga Tırmanması	84
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	88
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ	98

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1 Tüm baraj tiplerinde yenilme nedenlerinin dağılımı [2].	2
Şekil 1.2 Dolgu barajların yenilme nedenlerinin dağılımı [2].	2
Şekil 1.3 Çalışmaya konu olan heyelandan görünüm (2014, Amasya).	4
Şekil 1.4 Çalışmaya konu olan heyelandan görünüm (2017, Amasya).	4
Şekil 1.5 Heyelan-dere yatağı-su teması ilişkisi (2017, Amasya).	5
Şekil 1.6 Tez çalışmasının ana evreleri iş-akış şeması.	6
Şekil 1.7 Çalışma alanının yer bulduru haritası ve Google Earth görüntüsü.	8
Şekil 1.8 Mazlumoğlu DSİ meteoroloji istasyonunun ve Kozluca Barajı yağış alanının ortalama aylık toplam yağış değerleri ve mevsimsel dağılımı [5].	10
Şekil 1.9 Amasya-Taşova Kozluca Barajı'nın yağış alanı [5].	11
Şekil 1.10 Meteoroloji ve hidrometri istasyonlarını gösteren bulduru haritası [5].	12
Şekil 1.11 Ladik DMİ'nin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri [5].	13
Şekil 1.12 Baraj işletme çalışması yapılırken dikkate alınan parametreler [6].	17
Şekil 1.13 Amasya-Taşova Kozluca Barajı Kot-Alan-Hacim grafiği [5].	18
Şekil 3.1 Çorum Alacahöyük Gölpinar Hitit Barajı [50].	31
Şekil 3.2 Ankara Çubuk-I Barajı'ndan bir görünüm [51].	32
Şekil 3.3 Homojen dolgu baraj örneği, Manisa İlyasçılar Göleti [54].	35
Şekil 3.4 Ülkemizdeki en yüksek homojen dolgu barajlardan Osmaniye Aslantaş Barajı'ndan bir görünüm [55].	35
Şekil 3.5 Homojen dolgu baraj tip kesiti [56].	36
Şekil 3.6 Kil çekirdek yapımından bir görünüm, Azerbaycan-Şemkirçay Barajı ve HES [58].	37
Şekil 3.7 Ülkemizin en yüksek kaya dolgu baraj, Elazığ Keban Barajı [59].	38
Şekil 3.8 Kil çekirdekli kaya dolgu baraj, Atatürk Barajı [60].	38
Şekil 3.9 Kil çekirdekli kaya dolgu baraj tip kesiti [56].	39
Şekil 3.10 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj örneği, Kütahya Hasanlar Barajı [61].	40
Şekil 3.11 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu, Mersin-Anamur Alaköprü Barajı [62].	41
Şekil 3.12 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu, Mardin Ilısu Barajı [63].	41
Şekil 3.13 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj tip kesiti [56].	42
Şekil 3.14 Göl alanı membran kaplı, Bursa-İnegöl Şevketiye Göleti [64].	43
Şekil 3.15 Ön yüzü membran kaplı baraj örneği, Elazığ İçlikaval Göleti [65].	44
Şekil 3.16 Beton ağırlık baraj örneği, Eskişehir Porsuk Barajı [67].	45

Şekil 3.17 Beton kemer baraj örneği, Artvin-Deriner Barajı [68].....	45
Şekil 3.18 Silindirle sıkıştırılmış beton baraj örneği, Sakarya Ballıkaya Barajı [70].....	46
Şekil 3.19 Silindirle sıkıştırılmış beton baraj tip kesiti [53].....	47
Şekil 3.20 Beton payandalı baraj örneği, İstanbul-Elmalı Barajı [72].....	48
Şekil 3.21 Barajı oluşturan elemanların gösterimi [5].....	49
Şekil 4.1 Heyelanların aktivite yayılım özellikleri [75].....	53
Şekil 4.2 Türkiye’de son 50 yılda meydana gelen heyelan sayısının illere göre dağılımı [88].	55
Şekil 4.3 Teton Barajı’nın (ABD) yıkılması [79].....	57
Şekil 4.4 Saint Francis Barajı’nın (Fransa) yıkılmadan önceki (a) ve sonraki hali (b) [79].	58
Şekil 4.5 Malpasset Barajı’nın (Fransa) yıkılmadan önceki (a) ve sonraki hali (b) [80].....	59
Şekil 4.6 Vajont Barajı’nın (İtalya) baraj aşmasından önceki hali [81].....	60
Şekil 4.7 Vajont Barajı’nın (İtalya) baraj aşmasından sonraki hali [82].	60
Şekil 5.1 Tez çalışma alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [4].	62
Şekil 5.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (MTA’dan değiştirilerek alınmıştır) [4].	63
Şekil 5.3 Baraj aks yeri sağ sahildeki tüf arakatlı filiş biriminden bir görünüm.	64
Şekil 5.4 Baraj aks yeri sol sahildeki kireçtaşı biriminden bir görünüm.	65
Şekil 5.5 Baraj yapılacak Musullu deresi ve alüvyon malzemenin görünümü.	67
Şekil 5.6 Çalışma alanının “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki” yeri [56].	68
Şekil 5.7 Çalışma alanının Kuzey Anadolu Fay Hattı’na uzaklığı [93].....	69
Şekil 6.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası [4].	73
Şekil 6.2 Kozluca Barajı göl alanı sol sahildeki heyelanın görünümü.	73
Şekil 6.3 Baraj aks yeri sol sahildeki kireçtaşı biriminden bir görünüm.	74
Şekil 6.4 Kütle 1 (A)’in göl alanına göre konumu.	75
Şekil 6.5 Kütle 1 (B)’in göl alanına göre konumu.	76
Şekil 6.6 Göl alanında kalan heyelanın kütlelerinin konumu.	78
Şekil 6.7 Bir heyelanın hacim hesaplanmasında kullanılan parametreler (IAEG Commission on Landslides (1990), [87]).	80

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1.1 Aralıklı ölçüm değerleri (2013 su yılı) [5].....	15
Çizelge 1.2 Aralıklı ölçüm değerleri (2014 su yılı) [5].....	16
Çizelge 3.1 Amaçlarına ve gövde tipinde kullanılan malzemeye göre baraj tipleri [53].....	33
Çizelge 3.2 Homojen dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	34
Çizelge 3.3 Kaya dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	37
Çizelge 3.4 Ön yüzü beton dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	40
Çizelge 3.5 Ön yüzü membran dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	43
Çizelge 3.6 Beton ağırlık barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	44
Çizelge 3.7 Silindirle sıkıştırılmış beton dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].	46
Çizelge 4.1 Heyelanları tetikleyen nedenler [3].	51
Çizelge 4.2 Heyelanların sınıflandırılması [74].	52
Çizelge 4.3 Çeşitli ülkelerde meydana gelen bazı önemli baraj yıkılmaları [77].....	56
Çizelge 5.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinde (100 km yarıçapta) 1900-2017 arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4'ten büyük deprem verileri [94].	70
Çizelge 6.1 Kütle 1 (A) üzerinde kullanılan değişkenler ile elde edilen güvenlik katsayıları.	76
Çizelge 6.2 Kütle 2 (B) üzerinde kullanılan değişkenler ile elde edilen güvenlik katsayıları.	77
Çizelge 6.3 Kütle-1 (A) ve Kütle-2 (B)'deki elde edilen parametrelere göre görgül yöntemlerde kullanılan değerler.	79
Çizelge 6.4 Kütle-1 (A) ve Kütle-2 (B)'deki elde edilen parametrelere göre hesaplanan hacim değerleri.	81
Çizelge 6.5 Görgül yöntemler sonucunda elde edilen değerler.	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	metre
mm	milimetre
m ³	metreküp
km ²	kilometrekare
°C	Santigrat derece
km	kilometre
km ²	kilometrekare
cm	santimetre
ha	hektar

Kısaltmalar

ICOLD	International Commission on Large Dams
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSİ	Devlet Su İşleri
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
DMİ	Devlet Meteoroloji İstasyonu
AGİ	Akım gözlem istasyonu
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
GGİ	Göl Gözlem İstasyonu
Min. S.S	Minimum su seviyesi
N.S.S.	Normal su seviyesi
Mak. S.S.	Maksimum su seviyesi
Völü	Ölü hacim
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
CNY	Çin Para Birimi
M.Ö.	Milattan Önce

1. GİRİŞ

Barajlar, insan hayatını kolaylaştıran, yaşamlarına katkı sağlayan ve sulama, taşkın kontrolü, enerji üretimi gibi farklı amaçlar doğrultusunda inşa edilmiş son derece önemli yapılardır. Bu amaçların yanı sıra barajlar, ülkelerin bölgesel kalkınması, ülke ekonomisinin büyümesi ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji üretimi konusunda da önemli rol oynamaktadırlar.

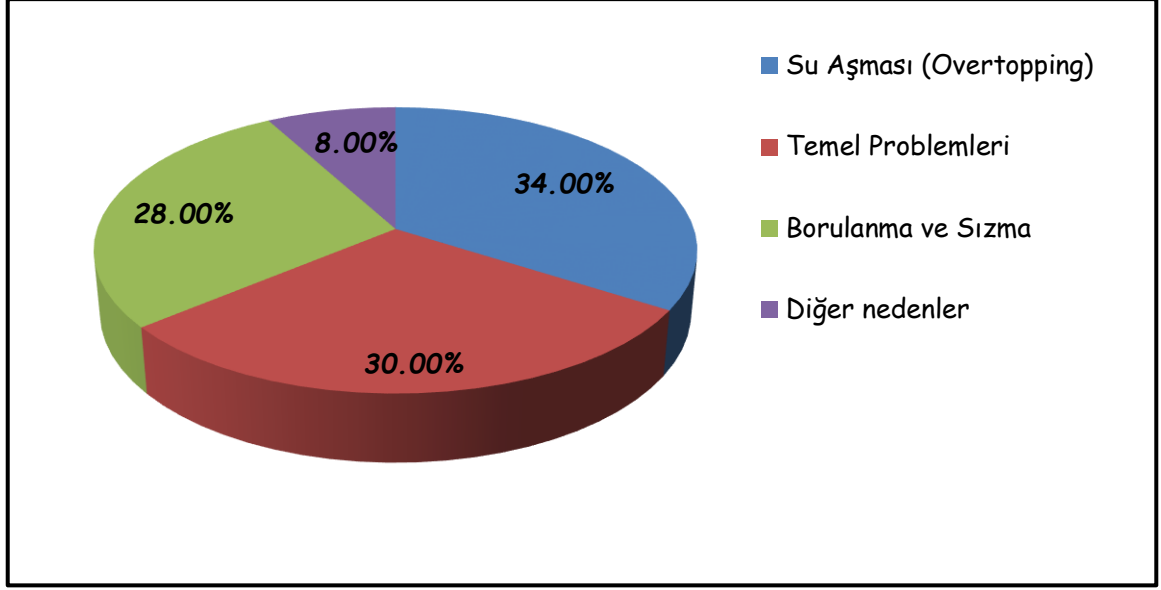
Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu, nehir seviyesinden 15 m yükseklikte su tutabilecek yapıları baraj olarak tanımlamaktayken, bu seviyenin altı ise gölet olarak isimlendirilmektedir.

Barajların planlama çalışmaları sırasında akarsu vadisinde baraj yapımına uygun alanlar belirlenmektedir. Belirlenen alternatifler arasından karşılaştırma yapılarak; en uygun baraj yerine karar verilmektedir. Baraj yeri ve göl alanının topoğrafyası, jeolojisi, yağış havzasının hidrolojik özellikleri, çevre etkisi, maliyet ve zaman parametreleri baraj yeri seçimini etkileyen en önemli faktörler arasındadır.

Jeolojik koşullar, baraj yeri seçimlerinde en önemli belirleyici unsurlardan biri olarak değerlendirilebilir. Jeolojik olarak; baraj yeri ve göl alanının jeolojik yapısı, geçirimsizlik durumu, deprem durumu, temelin ve yamaçların jeolojik yapısı, taşıma gücü, yapısal jeolojisi, deprenselliği, heyelan gibi unsurların olup olmadığı incelenmeli, baraj yerinin son haline, bu ve benzer koşullar bir arada değerlendirilerek karar verilmelidir.

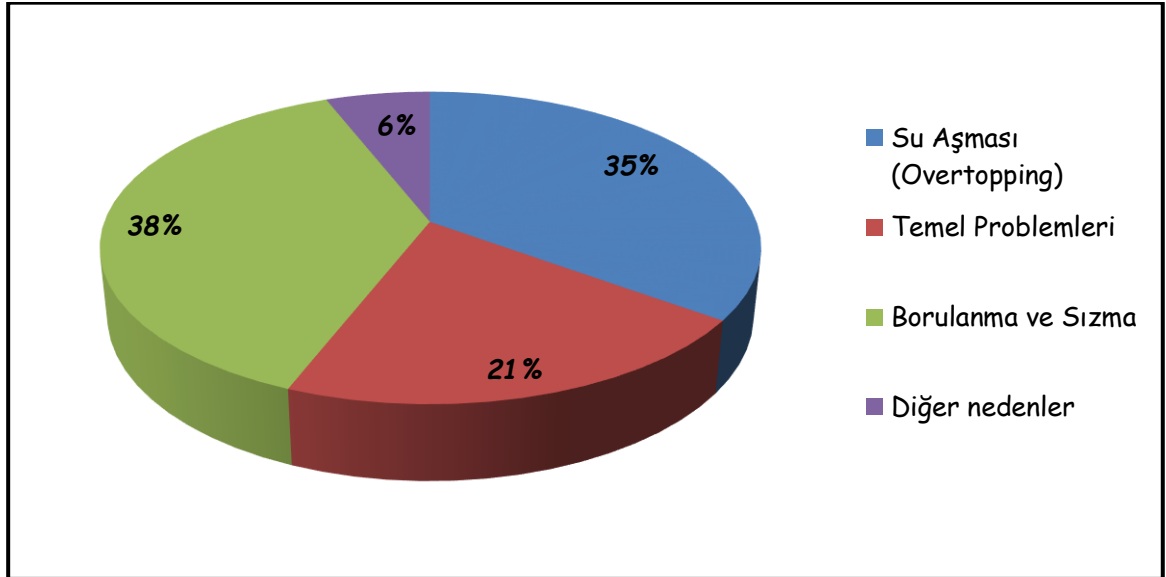
Sulama, kullanma ve içme suyu amaçlı yapılan barajlar, maliyet-fayda analizi göz önünde bulundurularak, yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine yakın yerlerde projelendirilirler. Barajlarda herhangi bir yenilme olması durumunda, önemli can ve mal kayıplarının yaşanması olası olup, bu nedenle, barajlar projelendirilirken her türlü olasılık göz önünde bulundurularak, analizler bu önemli yapılarda herhangi bir hasar/zarar olmayacak şekilde yapılmalıdır.

20. yüzyılda yaklaşık 200 önemli baraj kazası meydana gelmiştir. Bu kazalarda yüz binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Baraj kazaları incelendiğinde; barajlar yüksekliğine ve tipine göre bir değerlendirilme yapılırsa; baraj yenilmelerinin en çok 15-20 m arasında yüksekliğe sahip dolgu barajlarda gerçekleştiği görülmektedir [1]. 1950'den sonraki dönemlerde baraj yenilmelerinin % 34'ü su aşması (overtopping), % 30'u temel problemleri, % 28'ini borulanma ve sızma, % 8'ini ise diğer nedenler oluşturmaktadır [2], (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Tüm baraj tiplerinde yenilme nedenlerinin dağılımı [2].

Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu'na (ICOLD) tarafından hazırlanan rapora göre; 1900-1975 yılları arasında 15 m'den yüksek dolgu barajlarda meydana gelen hasarların %35'i su aşması (overtopping), % 21 temel problemleri, %38'i borulanma ve sızma, % 6'sı diğer nedenlerden oluşmaktadır [2], (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Dolgu barajların yenilme nedenlerinin dağılımı [2].

Baraj yeri seçiminde, göl alanındaki yamaçların duraylılığı ve heyelan durumu da belirleyici bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır. Topoğrafik özellikler, gerek doğal olaylardan gerekse insan faaliyetlerinden dolayı değişim gösterebilmektedir. Bu nedenle, baraj gerisinde kalan rezervuar (göl) alanında meydana gelecek bir kütle hareketi, baraj gövdesine zarar verebileceği gibi, harekete geçen kütlenin göl alanını doldurup barajın ekonomik ömrünü de kısaltabilmektedir.

Heyelan; kaya, toprak, moloz veya bunların karışımı ile doğal veya yapay malzemelerden oluşan bir kütlenin; yerçekimi etkisiyle aşağı hareketi olarak tanımlanmaktadır [3]. Genel olarak, kütle hareketleri içinde değerlendirilen heyelanlar, büyük bir hızla gerçekleşebildikleri gibi, daha yavaş bir hızla da gerçekleşebilmektedirler.

Ülkemizde, Karadeniz Bölgesi'nde yer alan akarsuların yatak eğimleri ve enerji potansiyelleri oldukça fazladır. Bu yüzden, baraj yapımı için en uygun bölgelerden birisi de Karadeniz Bölgesi'dir. Bununla birlikte, jeolojik, morfolojik ve iklimsel özellikleri nedeniyle, Karadeniz Bölgesi heyelanların da en çok görüldüğü bölgelerimizden biridir.

Çalışmanın konusu oluşturan, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yapımı planlanan, Amasya Taşova Kozluca Barajı'nın göl alanı sol sahilinde meydana gelen heyelan, barajın göl alanını ve gövdesini potansiyel olarak tehdit etmektedir. Heyelanın göl alanındaki suyu harekete geçirerek, baraj üstünden aşması olayının yaratacağı olumsuz etkilerin değerlendirilmesinin hedeflendiği bu çalışmada, imalat aşamasına geçilmeden önce, potansiyel tehlike yaratabilecek heyelan olayı sonucunda, barajın heyelan nedeniyle zarar görmemesi, ekonomik ömrünün uzatılması ve amacına uygun olarak uzun yıllar hizmet etmesi açısından yapılabilecek çalışmaları içermektedir.

Bu çalışmanın temel amacı; Amasya Taşova Kozluca Barajı'nın göl alanı sol sahilinde meydana gelen heyelanın (Şekil 1.3) aktivite kazanması durumunda, baraj gövdesi üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerin belirlenmesidir. Aynı zamanda, göl alanında meydana gelebilecek kütle hareketi sonucunda kayan malzemenin suda yaratacağı dalga etkisiyle, suyun baraj gövdesi üzerinden aşma potansiyelinin olup olmadığının ortaya konulması da hedeflenmektedir.



Şekil 1.3 Çalışmaya konu olan heyelandan görünüm (2014, Amasya).



Şekil 1.4 Çalışmaya konu olan heyelandan görünüm (2017, Amasya).



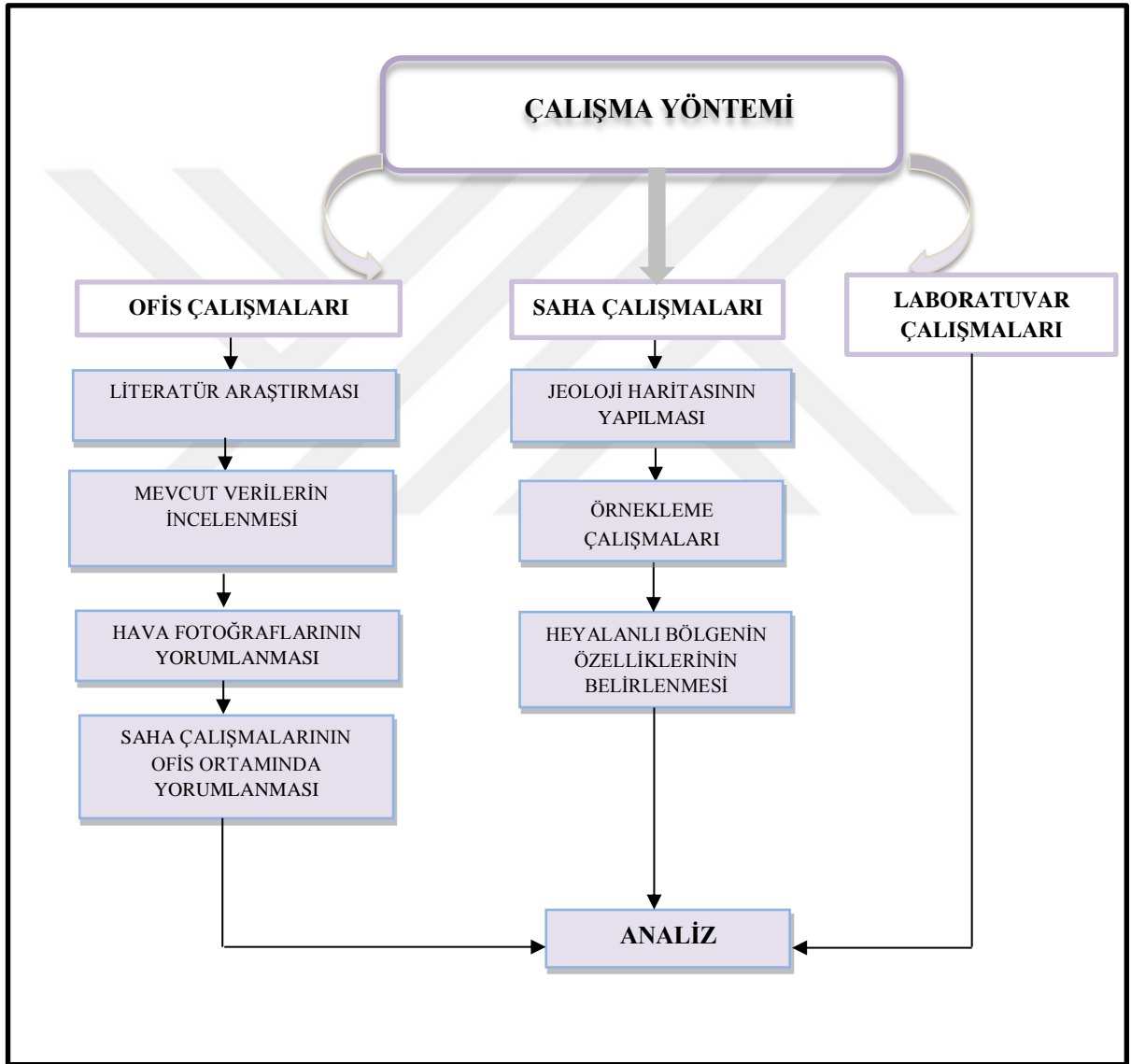
Şekil 1.5 Heyelan-dere yatağı-su teması ilişkisi (2017, Amasya).

1.1 Çalışma Yöntemi

Kozluca Barajı (Taşova, Amasya) rezervuarındaki heyelanın, herhangi bir baraj aşma potansiyelinin varlığına yönelik değerlendirmenin yapılmasının amaçlandığı bu çalışma, saha ve ofis çalışmaları olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Bu çalışmalara ilişkin iş akış şeması Şekil 1.6'da sunulmuştur. Ofis çalışmaları kapsamında genel jeoloji ve baraj aşması ile ilgili önceki yapılmış çalışmaların araştırılması, Kozluca Barajı Planlama Raporu kapsamında kullanılan hidroloji çalışmalarının incelenmesi, çalışma alanına ait hava fotoğraflarının değerlendirilmesi ve saha çalışmalarının ofis ortamına aktarılmasını

içermektedir. Saha çalışmaları ise; baraj yeri ve rezervuar alanının genel jeoloji haritasının yapılması, örnekleme çalışmaları ve laboratuvar deneylerinin yapılması çalışmalarını kapsamaktadır.

Saha ve ofis çalışmaları tamamlandıktan sonra ise tüm veriler birlikte değerlendirilerek, Slide 7.0 programı ve görgül yöntemlerle elde edilen veriler birlikte değerlendirilerek, baraj aşmasının gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ortaya konulacaktır.



Şekil 1.6 Tez çalışmasının ana evreleri iş-akış şeması.

Jeolojik özelliklerin tanımlanması için, bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası temel alınmıştır. Ayrıca, çalışma alanında yapılan saha gözlemleri ile 2014 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından baraj aksında yapılmış sondaj çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır [4]. Bölgede yüzeyleyen litolojik birimlerin birbirleriyle olan stratigrafik ilişkilerini belirlemek amacıyla çalışma alanın genelleştirilmiş kolon kesiti, yeraltı jeolojisine açıklık getirmek amacıyla ise jeolojik kesitleri hazırlanmıştır.

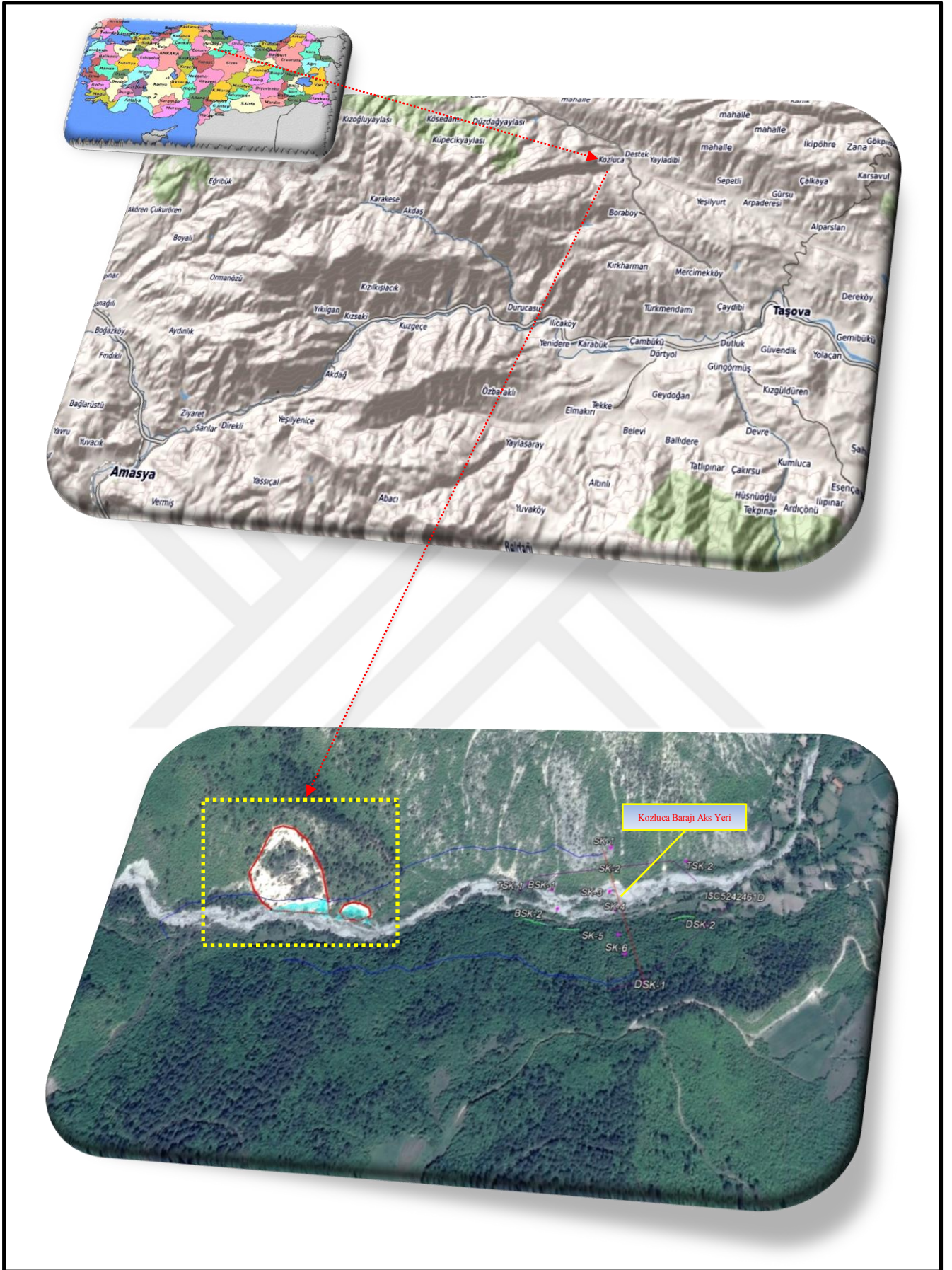
Kozluca Barajı planlanırken, kullanılan hidroloji çalışmaları kapsamında yağışlar, sıcaklıklar, akım gözlem istasyonları ve bu veriler kullanılarak yapılan işletme çalışmaları sonucunda baraja ait kot-alan-hacim grafiği elde edilmiştir [5]. Bu grafik incelendiğinde; göl hacminin artması ile orantılı olarak maksimum su kotunu aşp aşmama durumu belirlenebilmektedir. Göl alanına akabilecek heyelan kütesinin hacmi belirlendiğinde bu işletme çalışması sonucunda elde edilen grafikte baraj aşması olup olmayacağı tahmin edilebilecektir.

Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen, çalışma alanına ait dört farklı döneme (1953, 1972, 1975 ve 2006) ilişkin hava fotoğrafları bulunmaktadır. Bu çalışma ile kayma hareketinin yıllara göre hızı, kayan malzemenin hacmi belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen hacim miktarı ile hidrolojik verilere göre elde edilmiş Hacim-Alan Grafiğinden barajda aşma olup olmayacağı değerlendirilmiştir.

1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşım

Çalışma alanı, Amasya il merkezine 63 km uzaklıkta olup, ulaşım asfalt yol ile sağlanmaktadır. Çalışma alanı; Amasya-Taşova, Samsun-Ladik yolu üzerinde Destek beldesi Kozluca mahallesinin güneybatısında, Kozluca köyündeki Musullu dere üzerinde yapılması planlanan Kozluca Barajı göl alanı sol sahilinde yer almaktadır. Köy merkezinden aks yerine ulaşım ham yollardan sağlanmaktadır.

Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1.7'de verilmiştir.



Şekil 1.7 Çalışma alanının yer bulduru haritası ve Google Earth görüntüsü.

1.3 Baraj tipi ve karakteristikleri

Baraj yerinin topoğrafyası, jeolojisi ve malzeme durumu göz önünde bulundurularak kil çekirdekli kaya dolgu tipinde planlanan, 809 ha brüt sulama alanına sahip Kozluca Barajı hidroloji çalışmalarında; gelen akımlar, çekilen su, buharlaşma, sızma ve havzaya gelecek çökeller (rüsubat) miktarı dikkate alınarak işletme çalışmaları yapılmıştır. Buna göre, aktif hacim 2 040 700 m³ ve maksimum su kotu 780.07 m olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, söz konusu baraja ilişkin kret ve talveg kotu sırasıyla 782.00 m 725.00 m şeklinde belirlenmiştir [5].

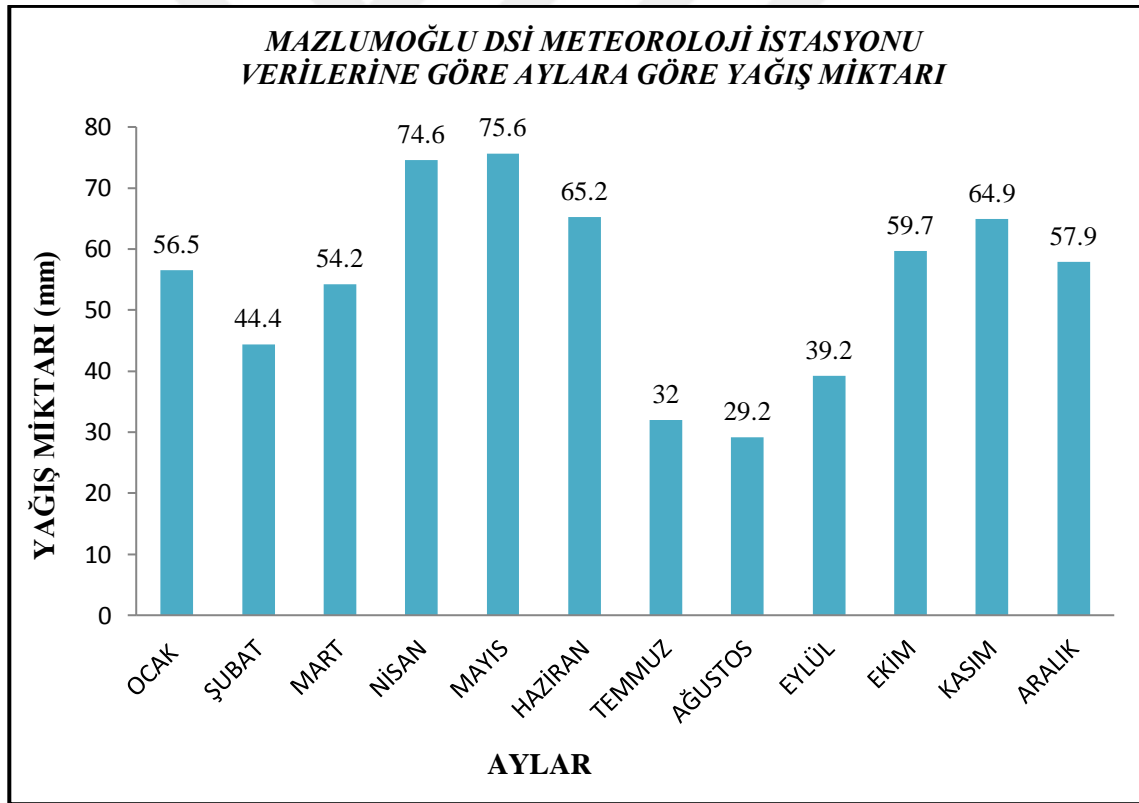
1.4 Hidroloji

Baraj aşma olayını yakından ilgilendiren konulardan birisini de hidroloji çalışmaları oluşturmaktadır. Barajın aktif hacmi, ölü hacmi, hangi hacimden sonra suyun savaklanacağı ya da hangi kotta ve hacimde suyun baraj üzerinden aşacağı çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

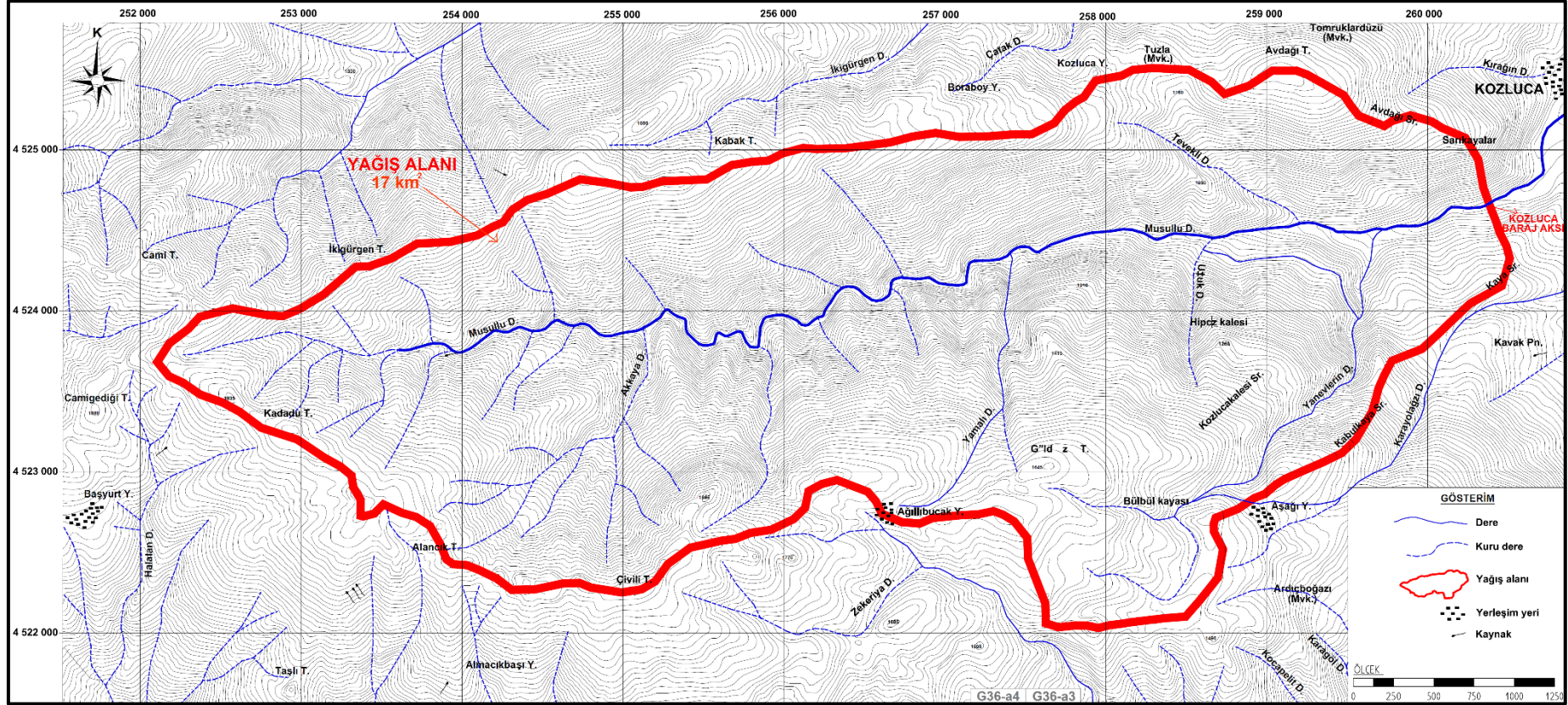
Hidrolojik hesaplarda; yağış, sıcaklık, buharlaşma ve dereye gelen akım verileri kullanılmaktadır. Bu kapsamda, çalışma alanındaki meteoroloji ve akım gözlem istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak, barajın hidroloji çalışmaları tamamlanmıştır. Hidroloji çalışmaları; yağışlar, sıcaklık, akım gözlem istasyonları ve işletme çalışması adı altında alt başlıklar halinde sunulmaktadır. Aşağıda başlıklar halinde verilen sayısal veriler Amasya Taşova Kozluca Barajı Planlama Raporu'ndan [5] alınmıştır.

1.4.1 Yağışlar

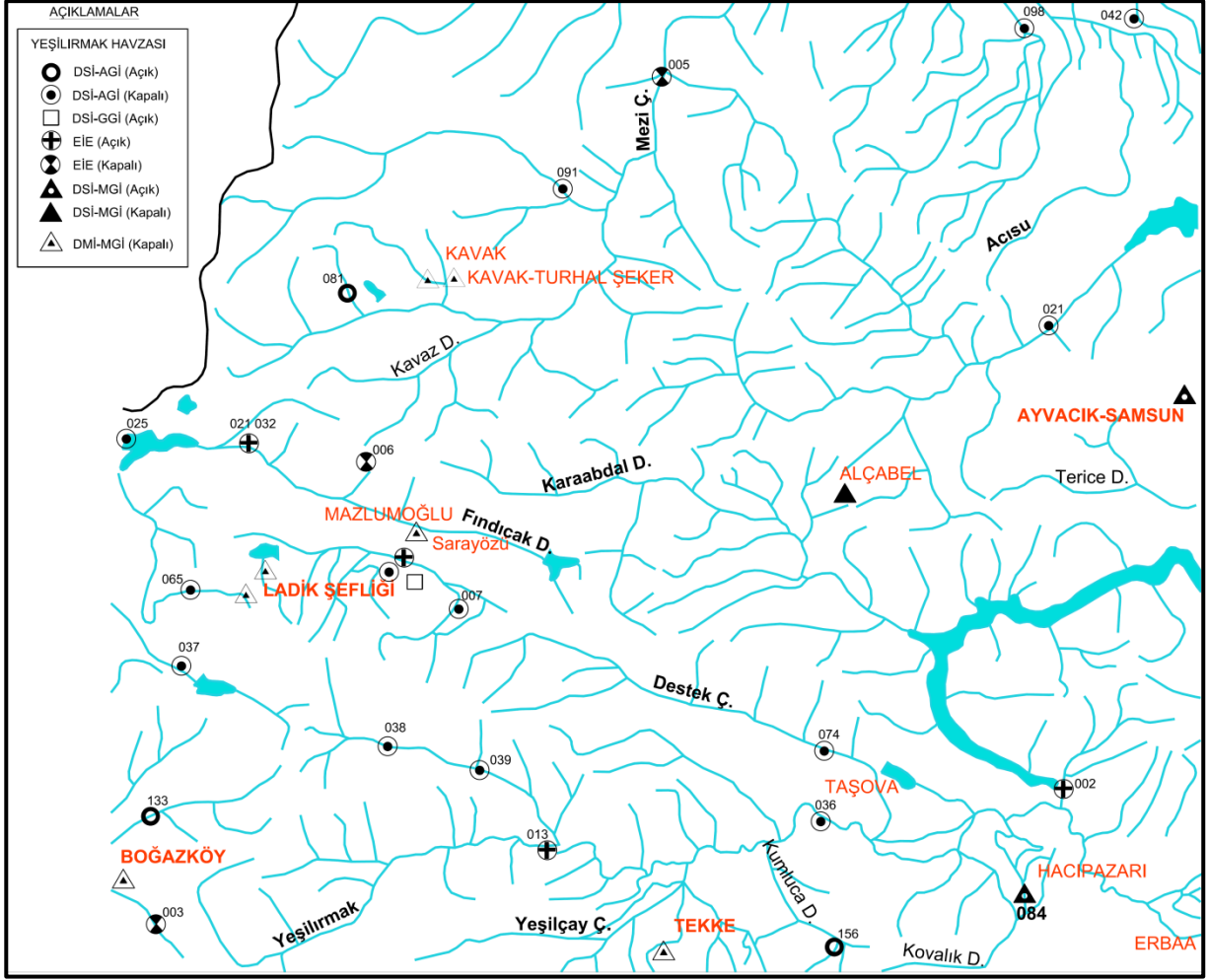
Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan çalışma alanında, bulunduğu lokasyon da dikkate alındığında, Karadeniz ve yer yer de Karasal iklimle örtüşen iklimsel özellikler sunmaktadır. En fazla yağışın görüldüğü mevsim Kış ve İlkbahar mevsimleridir. Çalışma alanına en yakın ve yağış alanını temsil eden en yakın ve tek istasyon Mazlumoğlu DSİ meteoroloji istasyonudur. Mazlumoğlu DSİ istasyonunun 1959-2012 periyodunda 48 yıllık kullanılabilir yağış değerleri mevcuttur. Yağışın en fazla olduğu ay olan Mayıs ayında aylık toplam yağış değeri 75.60 mm iken, en az yağışlı mevsim olan Ağustos ayında ortalama aylık toplam yağış değeri 29.20 mm, yıllık ortalama yağış değeri 653.40 mm ve yağış alanı 17 km²'dir [5], (Şekil 1.8). Amasya Taşova Kozluca Barajı'na ait yağış alanını gösterir harita Şekil 1.9'da, meteoroloji ve hidrometri istasyonlarını gösteren bulduru haritası Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 1.8 Mazlumoğlu DSİ meteoroloji istasyonunun ve Kozluca Barajı yağış alanının ortalama aylık toplam yağış değerleri ve mevsimsel dağılımı [5].



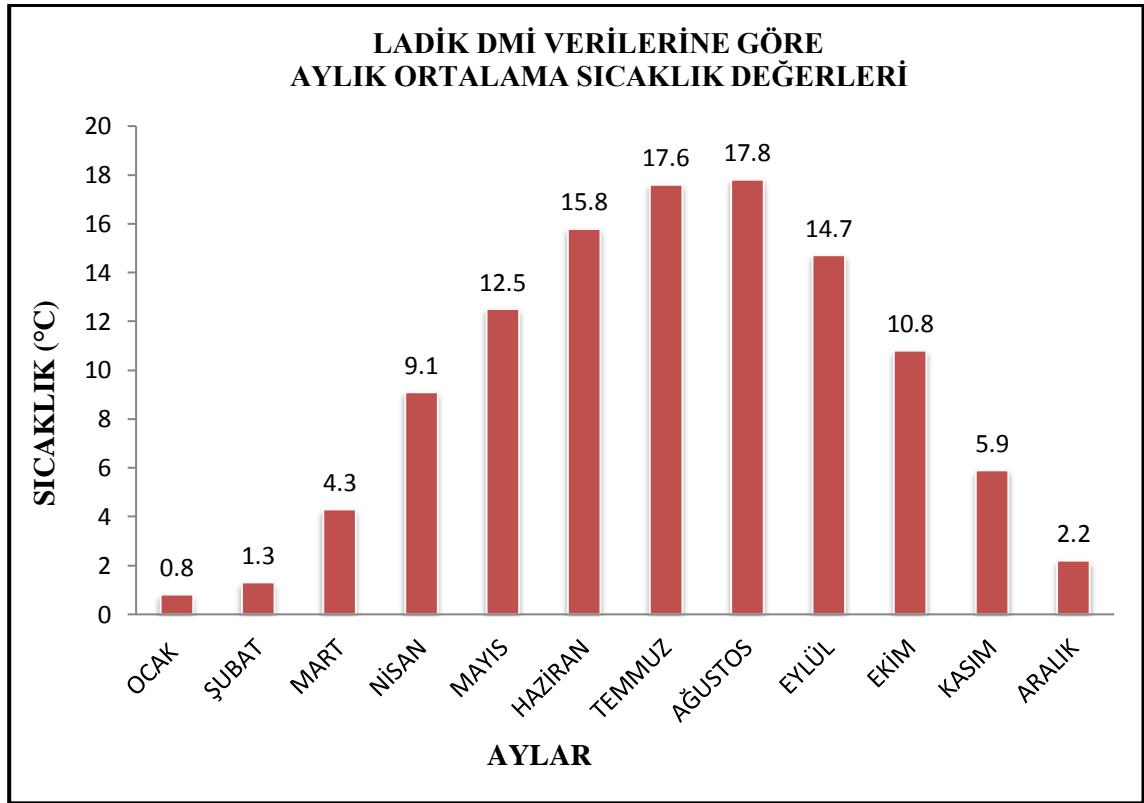
Şekil 1.9 Amasya-Taşova Kozluca Barajı'nın yağış alanı [5].



Şekil 1.10 Meteoroloji ve hidrometri istasyonlarını gösteren bulduru haritası [5].

1.4.2 Sıcaklık

Çalışma alanında sıcaklık değeri ölçümü yapan herhangi bir meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu, Ladik meteoroloji istasyonudur. Ladik DMİ’de 1976-1999 yılları arasında 19 yıllık kullanılabilir sıcaklık gözlemi bulunmaktadır. Ladik DMİ verilerine göre, en sıcak ve en soğuk aylar sırasıyla ortalama değerleri için Ağustos (17.8 °C) ve Ocak (0.8 °C) ayları olup, yıllık ortalama sıcaklık ise 9.4 °C’dir [5], (Şekil 1.11).



Şekil 1.11 Ladik DMİ’nin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri [5].

1.4.3 Akım Gözlem İstasyonları

Barajın planlandığı Musullu Deresi üzerinde akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmamaktadır. Musullu Deresinde 06.12.2012 – 09.12.2013 tarihleri arasında 13 adet aralıklı (müteferrik) ölçüm yapılmıştır. Su temini hesaplamalarında, yağışların kullanıldığı görgül yöntemler ile aralıklı akım değerleri kullanılmıştır [5]. Aralıklı ölçüm değerleri Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2’de verilmiştir.



Çizelge 1.1 Aralıklı ölçüm değerleri (2013 su yılı) [5].

*Kırmızı renk ile gösterilen tarih ve ölçümler DSİ tarafından yapılan ölçümlerdir. Diğer değerler enterpolasyon yöntemi ile tamamlanmıştır.

Tablo No: 3.5 2013 SU YILI																							
Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül	
Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)
10/1/2012		11/1/2012		12/1/2012		1/1/2013	0.306	2/1/2013	0.444	3/1/2013	0.503	4/1/2013	0.888	5/1/2013	0.634	6/1/2013	0.269	7/1/2013	0.117	8/1/2013	0.058	9/1/2013	0.039
10/2/2012		11/2/2012		12/2/2012		1/2/2013	0.309	2/2/2013	0.467	3/2/2013	0.504	4/2/2013	0.880	5/2/2013	0.625	6/2/2013	0.256	7/2/2013	0.112	8/2/2013	0.057	9/2/2013	0.041
10/3/2012		11/3/2012		12/3/2012		1/3/2013	0.313	2/3/2013	0.489	3/3/2013	0.504	4/3/2013	0.871	5/3/2013	0.617	6/3/2013	0.244	7/3/2013	0.108	8/3/2013	0.056	9/3/2013	0.043
10/4/2012		11/4/2012		12/4/2012		1/4/2013	0.316	2/4/2013	0.511	3/4/2013	0.505	4/4/2013	0.863	5/4/2013	0.608	6/4/2013	0.231	7/4/2013	0.104	8/4/2013	0.054	9/4/2013	0.045
10/5/2012		11/5/2012		12/5/2012		1/5/2013	0.319	2/5/2013	0.511	3/5/2013	0.519	4/5/2013	0.854	5/5/2013	0.600	6/5/2013	0.227	7/5/2013	0.100	8/5/2013	0.053	9/5/2013	0.047
10/6/2012		11/6/2012		12/6/2012	0.222	1/6/2013	0.322	2/6/2013	0.511	3/6/2013	0.532	4/6/2013	0.846	5/6/2013	0.591	6/6/2013	0.223	7/6/2013	0.095	8/6/2013	0.052	9/6/2013	0.049
10/7/2012		11/7/2012		12/7/2012	0.225	1/7/2013	0.326	2/7/2013	0.510	3/7/2013	0.546	4/7/2013	0.837	5/7/2013	0.583	6/7/2013	0.218	7/7/2013	0.091	8/7/2013	0.051	9/7/2013	0.051
10/8/2012		11/8/2012		12/8/2012	0.228	1/8/2013	0.329	2/8/2013	0.510	3/8/2013	0.560	4/8/2013	0.829	5/8/2013	0.570	6/8/2013	0.214	7/8/2013	0.087	8/8/2013	0.050	9/8/2013	0.053
10/9/2012		11/9/2012		12/9/2012	0.232	1/9/2013	0.332	2/9/2013	0.510	3/9/2013	0.573	4/9/2013	0.820	5/9/2013	0.558	6/9/2013	0.210	7/9/2013	0.086	8/9/2013	0.048	9/9/2013	0.055
10/10/2012		11/10/2012		12/10/2012	0.235	1/10/2013	0.335	2/10/2013	0.510	3/10/2013	0.587	4/10/2013	0.812	5/10/2013	0.545	6/10/2013	0.206	7/10/2013	0.085	8/10/2013	0.047	9/10/2013	0.056
10/11/2012		11/11/2012		12/11/2012	0.238	1/11/2013	0.339	2/11/2013	0.510	3/11/2013	0.601	4/11/2013	0.803	5/11/2013	0.533	6/11/2013	0.201	7/11/2013	0.083	8/11/2013	0.046	9/11/2013	0.058
10/12/2012		11/12/2012		12/12/2012	0.241	1/12/2013	0.342	2/12/2013	0.509	3/12/2013	0.614	4/12/2013	0.795	5/12/2013	0.520	6/12/2013	0.197	7/12/2013	0.082	8/12/2013	0.045	9/12/2013	0.060
10/13/2012		11/13/2012		12/13/2012	0.245	1/13/2013	0.345	2/13/2013	0.509	3/13/2013	0.628	4/13/2013	0.786	5/13/2013	0.508	6/13/2013	0.193	7/13/2013	0.081	8/13/2013	0.044	9/13/2013	0.062
10/14/2012		11/14/2012		12/14/2012	0.248	1/14/2013	0.348	2/14/2013	0.509	3/14/2013	0.642	4/14/2013	0.778	5/14/2013	0.495	6/14/2013	0.189	7/14/2013	0.080	8/14/2013	0.042	9/14/2013	0.064
10/15/2012		11/15/2012		12/15/2012	0.251	1/15/2013	0.351	2/15/2013	0.509	3/15/2013	0.655	4/15/2013	0.769	5/15/2013	0.482	6/15/2013	0.184	7/15/2013	0.079	8/15/2013	0.041	9/15/2013	0.066
10/16/2012		11/16/2012		12/16/2012	0.254	1/16/2013	0.355	2/16/2013	0.508	3/16/2013	0.669	4/16/2013	0.761	5/16/2013	0.470	6/16/2013	0.180	7/16/2013	0.077	8/16/2013	0.040	9/16/2013	0.068
10/17/2012		11/17/2012		12/17/2012	0.258	1/17/2013	0.358	2/17/2013	0.508	3/17/2013	0.683	4/17/2013	0.752	5/17/2013	0.457	6/17/2013	0.176	7/17/2013	0.076	8/17/2013	0.039	9/17/2013	0.070
10/18/2012		11/18/2012		12/18/2012	0.261	1/18/2013	0.361	2/18/2013	0.508	3/18/2013	0.697	4/18/2013	0.744	5/18/2013	0.445	6/18/2013	0.172	7/18/2013	0.075	8/18/2013	0.038	9/18/2013	0.072
10/19/2012		11/19/2012		12/19/2012	0.264	1/19/2013	0.364	2/19/2013	0.508	3/19/2013	0.710	4/19/2013	0.736	5/19/2013	0.432	6/19/2013	0.167	7/19/2013	0.074	8/19/2013	0.036	9/19/2013	0.073
10/20/2012		11/20/2012		12/20/2012	0.267	1/20/2013	0.368	2/20/2013	0.508	3/20/2013	0.724	4/20/2013	0.727	5/20/2013	0.420	6/20/2013	0.163	7/20/2013	0.073	8/20/2013	0.035	9/20/2013	0.075
10/21/2012		11/21/2012		12/21/2012	0.271	1/21/2013	0.371	2/21/2013	0.507	3/21/2013	0.738	4/21/2013	0.719	5/21/2013	0.407	6/21/2013	0.159	7/21/2013	0.071	8/21/2013	0.034	9/21/2013	0.077
10/22/2012		11/22/2012		12/22/2012	0.274	1/22/2013	0.374	2/22/2013	0.507	3/22/2013	0.751	4/22/2013	0.710	5/22/2013	0.394	6/22/2013	0.155	7/22/2013	0.070	8/22/2013	0.033	9/22/2013	0.079
10/23/2012		11/23/2012		12/23/2012	0.277	1/23/2013	0.377	2/23/2013	0.507	3/23/2013	0.765	4/23/2013	0.702	5/23/2013	0.382	6/23/2013	0.151	7/23/2013	0.069	8/23/2013	0.032	9/23/2013	0.081
10/24/2012		11/24/2012		12/24/2012	0.280	1/24/2013	0.381	2/24/2013	0.507	3/24/2013	0.779	4/24/2013	0.693	5/24/2013	0.369	6/24/2013	0.146	7/24/2013	0.068	8/24/2013	0.030	9/24/2013	0.082
10/25/2012		11/25/2012		12/25/2012	0.283	1/25/2013	0.384	2/25/2013	0.507	3/25/2013	0.792	4/25/2013	0.685	5/25/2013	0.357	6/25/2013	0.142	7/25/2013	0.067	8/25/2013	0.029	9/25/2013	0.083
10/26/2012		11/26/2012		12/26/2012	0.287	1/26/2013	0.387	2/26/2013	0.506	3/26/2013	0.806	4/26/2013	0.676	5/26/2013	0.344	6/26/2013	0.138	7/26/2013	0.065	8/26/2013	0.028	9/26/2013	0.084
10/27/2012		11/27/2012		12/27/2012	0.290	1/27/2013	0.390	2/27/2013	0.506	3/27/2013	0.820	4/27/2013	0.668	5/27/2013	0.332	6/27/2013	0.134	7/27/2013	0.064	8/27/2013	0.030	9/27/2013	0.085
10/28/2012		11/28/2012		12/28/2012	0.293	1/28/2013	0.394	2/28/2013	0.506	3/28/2013	0.833	4/28/2013	0.659	5/28/2013	0.319	6/28/2013	0.129	7/28/2013	0.063	8/28/2013	0.032	9/28/2013	0.086
10/29/2012		11/29/2012		12/29/2012	0.296	1/29/2013	0.397			3/29/2013	0.847	4/29/2013	0.651	5/29/2013	0.306	6/29/2013	0.125	7/29/2013	0.062	8/29/2013	0.034	9/29/2013	0.087
10/30/2012		11/30/2012		12/30/2012	0.300	1/30/2013	0.400			3/30/2013	0.861	4/30/2013	0.642	5/30/2013	0.294	6/30/2013	0.121	7/30/2013	0.061	8/30/2013	0.036	9/30/2013	0.088
10/31/2012				12/31/2012	0.303	1/31/2013	0.422			3/31/2013	0.874			5/31/2013	0.281			7/31/2013	0.059	8/31/2013	0.037		
hm ³			0.000		0.703		0.952		1.219		1.799		1.983		1.251		0.477		0.215		0.111		0.171

Çizelge 1.2 Aralıklı ölçüm değerleri (2014 su yılı) [5].

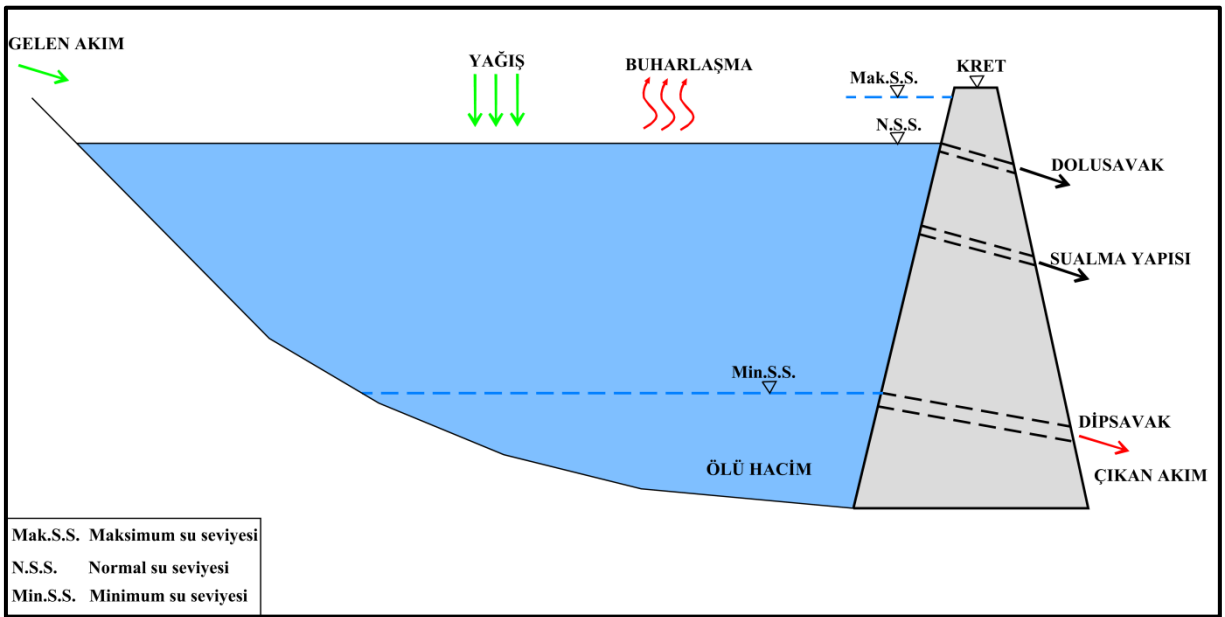
Tablo No: 3.5 Devamı																							
2014 SU YILI																							
Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül	
Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Tarih	Debi (m ³ /s)
10/1/2013	0.089	11/1/2013	0.103	12/1/2013	0.079	1/1/2014		2/1/2014		3/1/2014		4/1/2014		5/1/2014		6/1/2014		7/1/2014		8/1/2014		9/1/2014	
10/2/2013	0.090	11/2/2013	0.103	12/2/2013	0.077	1/2/2014		2/2/2014		3/2/2014		4/2/2014		5/2/2014		6/2/2014		7/2/2014		8/2/2014		9/2/2014	
10/3/2013	0.091	11/3/2013	0.103	12/3/2013	0.076	1/3/2014		2/3/2014		3/3/2014		4/3/2014		5/3/2014		6/3/2014		7/3/2014		8/3/2014		9/3/2014	
10/4/2013	0.092	11/4/2013	0.103	12/4/2013	0.075	1/4/2014		2/4/2014		3/4/2014		4/4/2014		5/4/2014		6/4/2014		7/4/2014		8/4/2014		9/4/2014	
10/5/2013	0.093	11/5/2013	0.104	12/5/2013	0.073	1/5/2014		2/5/2014		3/5/2014		4/5/2014		5/5/2014		6/5/2014		7/5/2014		8/5/2014		9/5/2014	
10/6/2013	0.094	11/6/2013	0.104	12/6/2013	0.072	1/6/2014		2/6/2014		3/6/2014		4/6/2014		5/6/2014		6/6/2014		7/6/2014		8/6/2014		9/6/2014	
10/7/2013	0.095	11/7/2013	0.104	12/7/2013	0.071	1/7/2014		2/7/2014		3/7/2014		4/7/2014		5/7/2014		6/7/2014		7/7/2014		8/7/2014		9/7/2014	
10/8/2013	0.096	11/8/2013	0.104	12/8/2013	0.069	1/8/2014		2/8/2014		3/8/2014		4/8/2014		5/8/2014		6/8/2014		7/8/2014		8/8/2014		9/8/2014	
10/9/2013	0.097	11/9/2013	0.105	12/9/2013	0.068	1/9/2014		2/9/2014		3/9/2014		4/9/2014		5/9/2014		6/9/2014		7/9/2014		8/9/2014		9/9/2014	
10/10/2013	0.098	11/10/2013	0.105	12/10/2013		1/10/2014		2/10/2014		3/10/2014		4/10/2014		5/10/2014		6/10/2014		7/10/2014		8/10/2014		9/10/2014	
10/11/2013	0.098	11/11/2013	0.105	12/11/2013		1/11/2014		2/11/2014		3/11/2014		4/11/2014		5/11/2014		6/11/2014		7/11/2014		8/11/2014		9/11/2014	
10/12/2013	0.098	11/12/2013	0.104	12/12/2013		1/12/2014		2/12/2014		3/12/2014		4/12/2014		5/12/2014		6/12/2014		7/12/2014		8/12/2014		9/12/2014	
10/13/2013	0.099	11/13/2013	0.102	12/13/2013		1/13/2014		2/13/2014		3/13/2014		4/13/2014		5/13/2014		6/13/2014		7/13/2014		8/13/2014		9/13/2014	
10/14/2013	0.099	11/14/2013	0.101	12/14/2013		1/14/2014		2/14/2014		3/14/2014		4/14/2014		5/14/2014		6/14/2014		7/14/2014		8/14/2014		9/14/2014	
10/15/2013	0.099	11/15/2013	0.100	12/15/2013		1/15/2014		2/15/2014		3/15/2014		4/15/2014		5/15/2014		6/15/2014		7/15/2014		8/15/2014		9/15/2014	
10/16/2013	0.099	11/16/2013	0.098	12/16/2013		1/16/2014		2/16/2014		3/16/2014		4/16/2014		5/16/2014		6/16/2014		7/16/2014		8/16/2014		9/16/2014	
10/17/2013	0.100	11/17/2013	0.097	12/17/2013		1/17/2014		2/17/2014		3/17/2014		4/17/2014		5/17/2014		6/17/2014		7/17/2014		8/17/2014		9/17/2014	
10/18/2013	0.100	11/18/2013	0.096	12/18/2013		1/18/2014		2/18/2014		3/18/2014		4/18/2014		5/18/2014		6/18/2014		7/18/2014		8/18/2014		9/18/2014	
10/19/2013	0.100	11/19/2013	0.094	12/19/2013		1/19/2014		2/19/2014		3/19/2014		4/19/2014		5/19/2014		6/19/2014		7/19/2014		8/19/2014		9/19/2014	
10/20/2013	0.100	11/20/2013	0.093	12/20/2013		1/20/2014		2/20/2014		3/20/2014		4/20/2014		5/20/2014		6/20/2014		7/20/2014		8/20/2014		9/20/2014	
10/21/2013	0.100	11/21/2013	0.092	12/21/2013		1/21/2014		2/21/2014		3/21/2014		4/21/2014		5/21/2014		6/21/2014		7/21/2014		8/21/2014		9/21/2014	
10/22/2013	0.101	11/22/2013	0.090	12/22/2013		1/22/2014		2/22/2014		3/22/2014		4/22/2014		5/22/2014		6/22/2014		7/22/2014		8/22/2014		9/22/2014	
10/23/2013	0.101	11/23/2013	0.089	12/23/2013		1/23/2014		2/23/2014		3/23/2014		4/23/2014		5/23/2014		6/23/2014		7/23/2014		8/23/2014		9/23/2014	
10/24/2013	0.101	11/24/2013	0.088	12/24/2013		1/24/2014		2/24/2014		3/24/2014		4/24/2014		5/24/2014		6/24/2014		7/24/2014		8/24/2014		9/24/2014	
10/25/2013	0.101	11/25/2013	0.087	12/25/2013		1/25/2014		2/25/2014		3/25/2014		4/25/2014		5/25/2014		6/25/2014		7/25/2014		8/25/2014		9/25/2014	
10/26/2013	0.102	11/26/2013	0.085	12/26/2013		1/26/2014		2/26/2014		3/26/2014		4/26/2014		5/26/2014		6/26/2014		7/26/2014		8/26/2014		9/26/2014	
10/27/2013	0.102	11/27/2013	0.084	12/27/2013		1/27/2014		2/27/2014		3/27/2014		4/27/2014		5/27/2014		6/27/2014		7/27/2014		8/27/2014		9/27/2014	
10/28/2013	0.102	11/28/2013	0.083	12/28/2013		1/28/2014		2/28/2014		3/28/2014		4/28/2014		5/28/2014		6/28/2014		7/28/2014		8/28/2014		9/28/2014	
10/29/2013	0.102	11/29/2013	0.081	12/29/2013		1/29/2014				3/29/2014		4/29/2014		5/29/2014		6/29/2014		7/29/2014		8/29/2014		9/29/2014	
10/30/2013	0.102	11/30/2013	0.080	12/30/2013		1/30/2014				3/30/2014		4/30/2014		5/30/2014		6/30/2014		7/30/2014		8/30/2014		9/30/2014	
10/31/2013	0.103			12/31/2013		1/31/2014				3/31/2014				5/31/2014	0.000			7/31/2014	0.000	8/31/2014			0.000
hm ³	0.263		0.249		0.196		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000

*Kırmızı renk ile gösterilen tarih ve ölçümler DSI tarafından yapılan ölçümlerdir. Diğer değerler enterpolasyon yöntemi ile tamamlanmıştır.

1.4.4 İşletme Çalışması

Sulama amaçlı planlanan Kozluca Barajı'nın 809 ha brüt arazinin tamamını sulayacağı göz önünde bulundurulduğunda, bu amacı gerçekleştirmek için $2\,040\,953\text{ m}^3$ ($V_{\text{aktif}}=V_{\text{top}}-V_{\text{ölü}}$) suyu aktif hacminde depolaması gerekmektedir [5].

Aktif hacim hesabı yapılırken, gelen akım, çekilen akım ve zaman parametresine bağlı olarak baraj haznesinin depolama kapasitesi belirlenmektedir. Bu hesap yapılırken, buharlaşma ve sızma gibi kayıplara neden olan parametreler de dikkate alınmaktadır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12 Baraj işletme çalışması yapılırken dikkate alınan parametreler [6].

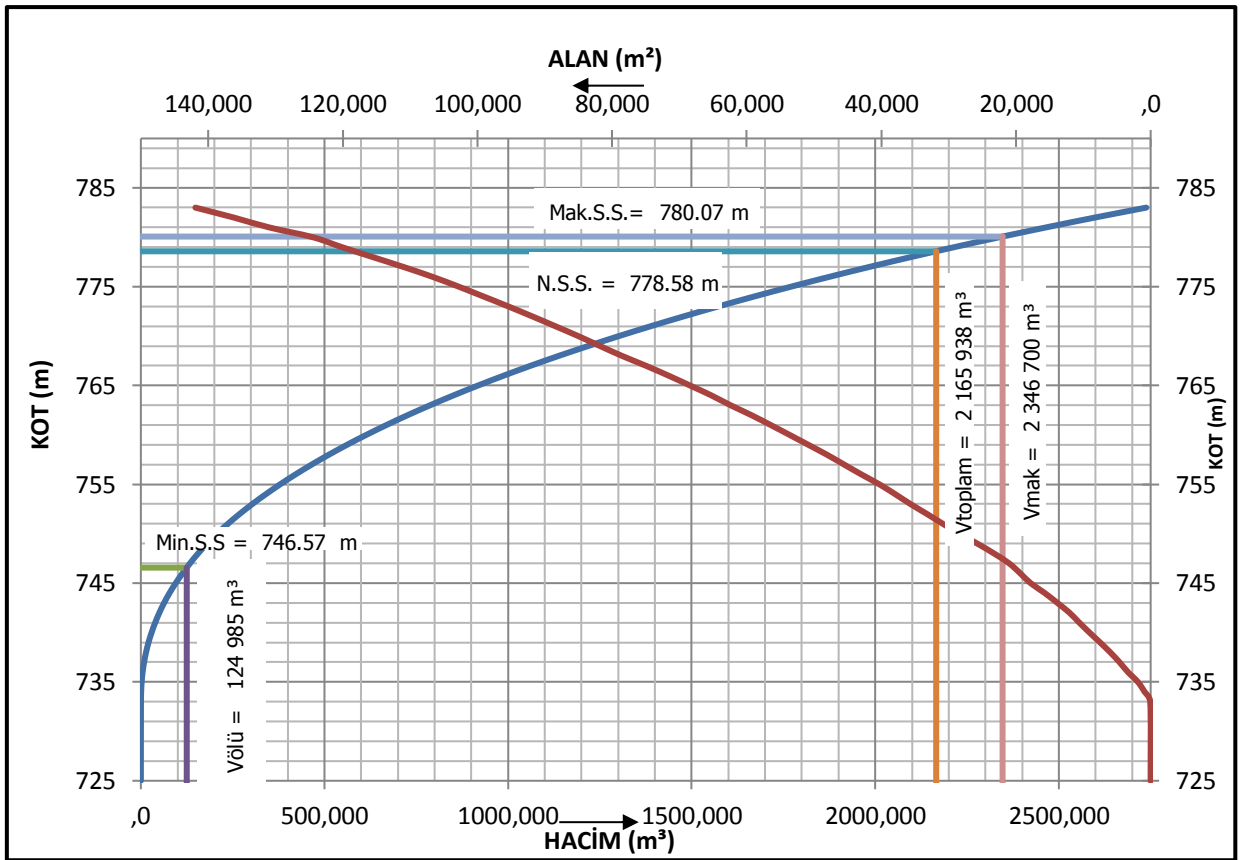
Baraj eksen yerindeki dere kotundan başlayarak, üst kotlara doğru çeşitli yüksekliklerdeki göl alanını ve bu alanların altındaki hacimleri gösteren grafik kot-alan-hacim grafiği olarak isimlendirilmektedir (Şekil 1.13). Düşey eksene kotlar, yatay eksene sağdan sola doğru alanlar işaretlenerek eğri çizilir. Aynı grafik üstüne düşey eksene kotlar, yatay eksene soldan sağa doğru hacim işaretlenir. Hacim-alan grafiği, barajdaki belirli bir su seviyesine karşılık gelen göl alanını ve göl hacmini gösterir.

Minimum su seviyesi (Min.S.S): barajın yağış alanından 50 yıl boyunca gelecek olan çökel hacmine karşılık gelen su seviyesidir.

Su alma seviyesi: minimum su seviyesinin biraz üzerinden seçilir. Minimum su seviyesinin altında kalan hacim “ölü hacim ($V_{ölü}$)” olarak adlandırılır.

Normal su seviyesi (N.S.S): barajın amacına bağlı olarak (sulama, içme suyu, enerji) kullanılacak olan aktif ve ölü hacim toplamına karşılık gelen su seviyesidir.

Maksimum su seviyesi (Mak.S.S): barajdaki su, normal su seviyesinde iken gelen taşkın oluşturacağı hacimdir. Taşkın debisi kriterleri ise, baraj tipine göre değişmektedir (Q_{10000} , Q_{1000} , $Q_{katastrofal}$ (maksimum taşkın)).



Şekil 1.13 Amasya-Taşova Kozluca Barajı Kot-Alan-Hacim grafiği [5].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmaları, çalışılan alanın genel jeolojik özelliklerine ve tez çalışmasının temel konusunu oluşturan barajlara yönelik olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Sözü edilen bu çalışmalara, izleyen paragraflarda değinilerek, bir literatür özeti sunulmuştur.

2.1 Genel Jeolojiye Yönelik Çalışmalar

Blumenthal [7], çalışma alanı ve çevresindeki ilk önemli çalışmaları yapan araştırmacılardan biri olup, temel kayaları Permiyen öncesi yaşlı metamorfikler ve serpantinlerin oluşturduğu ve bu birimlerin üzerine Permiyen yaşlı fusulinli kireçtaşlarının uyumsuz olarak geldiğini ortaya koymuştur. Liyas yaşlı kumtaşı ve filişten oluşan birimin Permiyen yaşlı kireçtaşları üzerine yine uyumsuz olarak yerleştiğini ifade eden araştırmacı, çalışmasında Amasya Kireçtaşları'nın birim üzerinde uyumsuzlukla yer aldığı ve ofiyolitik melanj ve filişlerle yanal ve düşey geçişli olarak bulunduğu tespit etmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, bölgenin jeolojik özelliklerine ışık tutacak 1/10000 ölçekli harita oluşturulmuştur.

Ketin [8], KAFZ olarak adlandırılan ve Türkiye'nin en sorunlu deprem kuşaklarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonunda çalışmalar yapmıştır. KAFZ'unun yaklaşık olarak 1100 km uzunluğunda ve farklı segment ve parçalardan oluştuğunu vurgulayan araştırmacı fayın, Pliyosen/Kuvarterner'den bu yana deprem ürettiğini ve yıkıcı depremlerin, bu zon üzerinde olmaya devam edeceğini ifade etmiştir.

Alp [9], Amasya, Taşova, Erbaa ve Niksar'ı içine alan geniş bir alanının jeolojisini çalışmıştır. Daha önceden, söz konusu alan içinde, Blumenthal [7] tarafından metamorfik kayalar olarak adlandırılmış olan bu kayaçları, "kristalin şist" olarak değerlendiren araştırmacı, bu çalışmasıyla bölgenin jeolojik özelliklerini daha net bir şekilde ortaya koymuştur.

Ayhan [10], Vezirköprü (Samsun) civarında yaptığı çalışmada, Blumenthal (1950)'den farklı olarak Paleozoyik yaşlı kloritşist, epidotşist, kalkışist ve mermerlerden oluşan birimin üzerine Kretase yaşlı filişlerin geldiğini ve bu filiş seviyelerinin andezit-dasit ve tüflerden oluşan volkanitlerle yanal ve düşey geçişli olduğunu savunmuştur. Filiş içinde, metamorfik kayaçların, Permiyen ve Jura yaşlı kireçtaşlarının blok olarak bulunduğu, ofiyolitik birimin tektonik olarak Kretase yaşlı birimlerin üstünde yer aldığını ifade etmiştir. Araştırmacıya göre; Eosen yaşlı kumtaşları, Neojen yaşlı kumtaşı-marn ve kaba kalkerlerle devam eden istiflenme alüvyon birimi ile örtülmektedir.

Arpat ve Şaroğlu [11], KAFZ'nda çalışma alanının da içine alacak şekilde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. KAFZ'nun son derece aktif bir zon olduğunu ve deprem açısından önemli risk içerdiğini belirten araştırmacılar, ülkemizde, mevcut diri faylarının sayısının, bilinenden çok daha fazla sayıda olduğunu ifade etmektedirler.

Seymen [12], Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunan Reşadiye-Niksar (Tokat) civarında jeolojik çalışmalar yapmıştır. Söz konusu fay üzerinde, sağ yönlü öneli bir yerdeğişirmeden söz eden araştırmacılar, özellikle Kelkit Vadisi'de tektonik birliktelikler açısından önemli bulgular sunduğunu ifade etmektedirler.

zcan vd. [13], inceleme alanının en yaşlı birimi olan Turhal Grubu birimlerini incelemişlerdir. Turhal Grubu kayaçlarının, düzgün istiflenmeli metavolkanik diyabaz, aglomera, spilit, hornblend yeşilşist, metatortul, grafitşist, kalkşist ve mermerlerden oluştuğunu ortaya koymuşlardır.

Genç vd. [14], Merzifon (Amasya) civarında yaptıkları çalışmalarda bölgedeki stratigrafik istifi ortaya koymuşlardır. Çalışma alanının temelini, Permiyen ncesi Beke Metamorfikleri'nin oluşturduğu bu birim üzerine uyumsuz olarak Permiyen yaşlı Gelinsini Formasyonu'nun geldiğini belirlemişlerdir. Bu birimin, yine uyumsuz olarak Triyas yaşlı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve diyabazlardan oluşan Boğazkaya Formasyonu tarafından zerlendiği arazi çalışmaları ile ortaya çıkarılmıştır. rt bantlı kireçtaşlarından oluşan Jura yaşlı Ağılönü Formasyonu'nun, st Kretase yaşlı Kanatpınar Ofiyolitleri ve Teknekaya Formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü belirleyen araştırmacılar, üste doğru gidildiğinde Eosen yaşlı volkanik arakatlılı filiş özelliği gösteren Kuzuluk Formasyonu'nun birim üzerine uyumsuz olarak geldiğini belirlemişlerdir. Bu birimin üzerinde ise Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal okellerin diskordanslı olarak yerleştiğini bu çalışma sonucunda ortaya koymuşlardır.

Aktimur vd. [15], çalışma alanının yakın bir kesimini (Niksar ve Erbaa) kapsayan çalışmalarında, KAFZ ve özellikleri üzerinde yorumlamalarda bulunmuşlardır. Anadolu ve Avrasya plakalarının göreceli hareketi sonucunda, çalışılan bölgede doğu-batı yönelimine sahip, bindirmelerin olabileceğini vurgulamışlardır. KAFZ'nun jeolojik zamanlar boyunca hareketini değerlendiren araştırmacılar, özellikle çalışma alanını da içeren bölgenin, pull-apart (ek-ayır) havzaları olduğunu savunmaktadırlar.

Akyazı ve Tunç [16], Zile (Tokat) bölgesinde yaptıkları çalışmalarda, temel kayacı oluşturan metamorfik kayalar ve özelliklerini araştırmışlardır. Bölgenin Permiye'den başlayarak, Pliyosene kadar değişen jeolojik özelliklerini değerlendiren araştırmacılar, bölgede, Eosen yaşlı Çekerek Formasyonu'nun üzerine açılı uyumsuzlukla Pliyosen yaşlı Kemerkaş Formasyonu'nun geldiğini ortaya koymuşlardır.

Akyazı vd. [17], Gümüşhacıköy bölgesinin temelini Permiyen-Triyas yaşlı metamorfik kayaların oluşturduğunu ortaya koymuşlardır. Örtü kayaların ise, Üst Jura-Alt Kretase yaş aralığında çökelmiş kireçtaşlarıyla başladığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bu kireçtaşlarının üzerine uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, marn, kireçtaşı ardalanmalı filiş fasiyesinde gelişmiş birimlerin geldiğini ve aglomera-tüflerden oluşan volkanosedimanter birimlerle ardalanmalı olarak gözlenen bu birimin Eosen yaşlı detritikler ve volkanitler tarafından örtüldüğünü savunmuşlardır. Bölgenin en genç birimlerinin, Miyosen-Pliyosen yaşlı görsel çökeltilerin oluşturduğu yapılan arazi çalışmaları ile desteklenmiştir.

Bilgehan [18], Amasya ili Taşova ilçesindeki heyelanı ve jeo-mühendislik özellikleri üzerine bir araştırma gerçekleştirmiştir. Söz konusu heyelana ilişkin, jeolojik özellikleri hazırlanan harita ve kesitlerle değerlendirilerek, heyelana ilişkin kayma yüzeyi belirlenmiştir. Yapılan analizlere göre, sözü edilen heyelanın aktif bir heyelan olduğunu ortaya koyan araştırmacı, özellikle yüzey drenajı ve topuk aşındırmasının önlenmesine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Bilgehan vd. [19], Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda, Amasya, Taşova ve Alparslan yerleşimi arasında yer alan fosil heyelanın morfolojik, jeofizik, jeolojik ve jeoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, fay zonundaki yükselim nedeni ile topoğrafik eğimin arttığını ve fay zonunun güneyinden geçen Yeşilirmak'ın aşındırması ile topuktan yük alınması sonucu özellikle yükselimin güney yamacında duraysızlıklar gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır. İnceleme alanında, karasal oluşumlu Pliyosen yaşlı çakıl, kum ve silt depoları bulunmaktadır. Duraysızlıkları bu tip zeminlerde genellikle dairesel ve dairesel-düzlemsel olmak üzere karışık tip fosil heyelanlar şeklinde geliştiği tezini savunan araştırmacılar, çakıl ve kum depoları içerisindeki silt bantları ve tabakaların kayma yüzeyini oluşturduklarını arazi gözlemleri ile ortaya koymuşlardır.

DSİ 7. Bölge Müdürlüğü [4], Amasya İli Taşova İlçesi'ne bağlı, Destek Beldesi-Kozluca köyünde yapılması planlanan Kozluca Barajı'nın eksen yeri ve göl alanında yer alan kayaların jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymuşlardır. Projede yapılan çalışmalar

sonucunda, elde edilen veriler değerlendirilip, projenin güvenilir sınırlarda inşa edilmesi konusunda öneriler getirilmeye çalışılmıştır. Baraj aks ve yapı yerlerinde açılan temel araştırma sondajlarında, sol sahilde Doğdu Formasyonu'na ait yer yer kıltaşı ara seviyeli kireçtaşı; sağ sahilde Seyfe Formasyonu'na ait tuf ara katkılı filiş ile örtü birimi olarak Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ile talvegde alüvyon birimi kesilmiştir. Planlama aşamasında aks yerinde 12 adet kuyuda toplam 402.00 metre derinlikte temel sondaj kuyusu açılmıştır. Temel sondajlarda elde edilen veriler değerlendirilerek çalışma alanının ana kayası tanımlanmış olup, karot numuneler alınarak mühendislik parametreleri belirlenmiştir.

2.2 Tez çalışmasına konu olan baraj aşması ile ilgili çalışmalar

Bu başlık altında tez çalışmasına temel oluşturacak ve yaklaşık son 25 yıl içinde yapılmış yayınlar incelenerek, kullanılan çalışma yöntemleri, arazi uygulamaları, laboratuvar deneyleri vb. bulgular derlenerek, elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

Heinrich [20] New Mexico'daki, Los Alamos Ulusal Laboratuvarı tarafından geliştirilen, iki boyutlu hidrodinamik programı (Nasa-Vof2D) ile heyelanlar sonucu oluşan su dalgalarının yayılımını ve dalgaların çalışma şeklini ortaya koyması üzerine çalışmıştır. Heyelanların tetiklemesi sonucu oluşan su dalgalarının neredeyse tüm dünyada örneklerinin olduğunu, kıyı bölgelerinin yakınında, heyelanların yarattığı en büyük dalgaların, Alaska'da (Lituya Körfezi, Koku Körfezi), Japonya'da (Shimabara Körfezi), Fransız Polinezyası'nda ve birçok Norveç fiyortunda meydana geldiğini belirtmiştir. Kıyılardan ve dik dağlık bölgelerden uzaktaki kayalıklarla, İtalya (Vajont Rezervuarı) ve Peru (Yanahuin Gölü) gibi rezervuar, göl veya nehirlere büyük su dalgaları üretildiğini, kaya düşmesi veya heyelan tarafından üretilen bu dalgaları simüle eden sayısal model üzerine çalışmıştır. Nasa-Vof uzantısı, katı cisimlerin akışkan alan içinde hareket etmesine izin vererek, su altındaki heyelanlar için test edilmiştir. Araştırmacıya göre, deneysel verilerle yapılan karşılaştırma, sayısal modelin heyelanla oluşturulan su dalgalarını, mühendislik için yeterli bir doğrulukla simüle edebildiğini göstermektedir. Deneysel koşullar aralığında, hesaplanan dalgalar, serbest yüzey yakınındaki türbülans oluşmadığı sürece ölçülen değerlerle çok yakından örtüşüğünü savunmaktadır.

Fritz vd. [21] heyelan tarafından üretilen dalgaları, genelleştirilmiş Froude benzerliğine dayalı iki boyutlu bir fiziksel laboratuvar modelinde araştırmışlardır. Araştırmacılar, ana dalga özelliklerinin, tüm dalga üretim sürecini yönlendiren heyelan parametreleriyle ilgili

olduğunu ortaya koymuş, kullanılan hesaplama yöntemlerinde, Froude sayısını baskın parametre olarak tanımlamışlardır.

Panizzo vd. [22] toprak kaymalarından kaynaklanan su dalgalarının rezervuarın kıyısında veya barajın aşağısında yaşayan insan toplulukları için çok tehlikeli bir tehdit oluşturduğu savunmuşlardır. Bu çalışmada, Pontesei ve Vajont Barajları'nda meydana gelen heyelanlar sonucunda oluşan dalgaların parametrelerini hesaplamak için görgül yöntemleri kullanmışlar ve yapılan hesaplamalar sonucunda görgül yöntemlerle elde edilen değerlerin tatmin edici olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır.

Kocaman [23], baraj yenilmesi sorununa genel bir bakış açısıyla değerlendirdiği çalışmada, farklı geometrilerde, baraj yenilmesi ve dalga yayılım özelliklerini araştırmıştır. Deneysel, su yüzü profilleri ve kanal boyunca istenilen noktalarda zamana bağlı su seviyesi değişimleri sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Laboratuvar ortamında yapmış olduğu modellemeleri, dalga gelişimi açısından yüksek çözünürlüklü kameralar ile izleyen araştırmacı, FLOW-3D sayısal modeli ile elde ettiği sonuçları karşılaştırmış, deneysel ve sayısal modellemeler arasında önemli bir uyumdan söz etmiştir.

Chongxun vd. [24], taşkın, rüzgâr dalgaları, rezervuarın depolama ve dolusavağın boşaltma kapasitesindeki belirsizlikleri dikkate almışlardır. Chengbihe Barajı rezervuarında, taşkın ve rüzgar dalgalarının ortak etkisi altında dolgu barajların aşma riskini belirlemede kullanılan temel teori ve hesaplama yöntemi, olasılıksal hidrolik, hidroloji ve diğer ilgili bilgileri de kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda; 40 cm rezervuar seviyesinin artırılması ile depolama hacminin 16 milyon m³ artacağını belirleyen araştırmacılar, beraberinde aşmaya karşı baraj rezervuarının da korunduğunu belirlemişlerdir. Bu şekilde, yaklaşık 100 milyon CNY karşılık gelen yıllık doğrudan ekonomik kâr elde edileceğini ortaya koymuşlardır.

Pehlivan [25], Kürtün Barajı'nın (Gümüşhane) su tutmaya başlamasından sonra Özkürtün Beldesi'nde meydana gelen heyelanı incelemiştir. Araştırmacı, barajda su tutulduktan sonra, bir heyelan gelişiminden söz etmekte olup, karayolu ile rezervuar arasında bir çatlamanın ve sonrasında da, heyelanın geliştiğine değinmektedir. Kayma yüzeyini farklı yöntemlerle belirleyen araştırmacı, alınması gereken önlemler üzerinde de farklı alternatifler sunarak, önerilerde bulunmuştur.

Pastor vd. [26], heyelanların, içerdiği materyallere ve tetikleme mekanizmasına bağlı olarak çeşitlilik gösterdiğini, hızlı heyelanların rezervuarlara girebileceğini ve hızlarına bağlı olarak, Vajont Barajı'nda olduğu gibi, önemli tahribata neden olan dürtüsel dalgalar üretebileceğini savunmuşlardır. Dalgaların riskini değerlendirmek için; tetikleme, yayılım, rezervuara girme ve dürtüsel dalganın yayılması süreçleri hakkında doğru bilgi verebilecek modellerin gerekli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, dalganın tetiklenmesinden yayılmasına kadar olan fazlardaki parametreleri belirlemeyi amaçlamışlardır.

Bosa ve Petti [27], 9 Ekim 1963'te Kuzey İtalya'daki Vajont Barajı rezervuarında meydana gelen heyelanı ve incelemiştir. Heyelan sonucunda, baraj üzerinden aşan su, mansaptaki alanları ve yerleşim yerlerini su altında bırakmıştır. Heyelan sonucunda oluşan dalgalar, mal kaybının yanı sıra 2000 kişinin can kaybına neden olmuştur. Su dalgalarının hareketi ve birbirleriyle olan ilişkilerinin heyelan üzerine etkisi konusunda çok az hidrolik analiz yapılmıştır. Bununla birlikte, heyelanının oluşumunu açıklayan sayısal bir model çalışması yapılmamıştır. Araştırmacılar; bu çalışmada Vajont barajı rezervuarında toprak kayması tarafından üretilen dalgayı incelemek için yatay iki boyutlu sonlu hacim modeli önermişlerdir. Sığ su denklemleri, özellikle simülasyonun ilk aşamalarında havzayı temsil eden derin su şartlarından dolayı uygun görülme de, sığ su denklemlerine ve sonlu hacim yöntemine dayanan sayısal sonuçların, en iyi sonuçları verdiğini ortaya koymuşlardır.

Düden [28], dolgu barajlardaki yarıkların gelişme süreci üzerine bir araştırma yapmıştır. Araştırmacı, barajların yenilmesini ve oluşan taşkını incelemek amacıyla toprak dolgu gövde tipindeki Darıdere Barajını ele almıştır. Darıdere Barajı'nın yenilme analizinde HEC-RAS ve DAMBRK programları kullanılmıştır. Farklı kesitler kullanılarak, dalga aşım simülasyonlarının yapıldığı çalışmada, yarıkların oluşumları üç farklı mekanizma oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

Erkan [29], Kürtün Barajı (Kürtün-Gümüşhane) göl alanının sol sahilinde yer alan Hardısağır Mevkii'ndeki heyelanlı alanı mühendislik jeolojisi açısından ele almıştır. Çalışma alanının mühendislik jeolojisi haritalarını oluşturmuş ve heyelanlı alanda yaptığı jeodezik çalışmalar ile deformasyonları belirlemiştir. Çalışma alanının çeşitli yerlerinde yamaç molozunun derinliğini belirlemek için 2 hat boyunca elektrik özdirenç ölçümleri yapılmıştır. Yamaç molozuna ve ana kayaya ait detay bilgiler elde etmek amacıyla 350 m uzunluğunda 7 adet araştırma sondajı yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, inklinometre ölçümleri yapılarak kayma yüzeyi belirlenmiştir. Çalışma alanından örselenmemiş örnekler

alınarak, zeminin indeks özellikleri, kıvam limitleri, kayma dayanımı ve granülometrisi belirlenmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen bütün veriler değerlendirilerek, heyelanlı sahanın yamaç duraylılığı Basitleştirilmiş Bishop ve Janbu yöntemleri kullanılarak “Slide” limit denge programında analizi yapılmıştır. Araştırmacı, geriye dönük analizler sonucunda, Kürtün Barajı'nın sol sahilinde oluşacak heyelanların geriye doğru ilerleyen heyelan modeline uyduğunu ve kaymaların dairesel ve birleşik şekilli olacağı sonucu ortaya koymuştur.

Özdoğan [30], Torul Barajı (Gümüşhane) göl alanı sağ ve sol sahillerinin duraylılığını mühendislik jeolojisi açısından incelemiştir. Araştırmacı, Torul Barajı çevresinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamış ve litolojik birimleri ayırtlamıştır. Duraylılığı incelenecek yamaçlarda, örnekler alınarak, laboratuvar deneyleri yapılmış ve zeminin fiziksel özellikleri, tane boyu dağılımı, killerin cinsi, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir. Araştırmacı tarafından, yamaçların jeolojik kesitleri çıkarılmış, olası kayma yüzeyleri belirlenerek, Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Janbu yöntemleri ile bilgisayar destekli stabilite hesapları yapılarak, güvenlik katsayıları belirlenmiştir.

Akgün [31], Kürtün Barajı (Kürtün-Gümüşhane) göl alanının sol sahilinde meydana gelen heyelanın yaratabileceği tehlikeler hakkında çalışma yapmıştır. Rezervuar alanında meydana gelen heyelanların yol açtığı dalgaların potansiyel yan etkilerini belirlemek için; görgül yöntemlerden elde edilen dalga özellikleri kullanılarak CBS ortamında modelleme yapılmıştır. Bu çalışmada özellikle dalga tırmanma ve dalga ivmesi hesaba katılmıştır. Çalışmalar sonucunda, heyelanlı bölge için 5 tane olası hasar seviyesi belirlenmiştir.

Kamphuis ve Bowering [32], heyelanın tetiklediği dalgalar üzerindeki etkili parametreleri belirlemek amacıyla bir dizi deney yapmışlardır. Bu deneyler sonucunda, heyelanların tetikleyerek oluşturduğu dalgaların, esas olarak heyelanın hacmine ve Froude sayısına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Goodarzi vd. [33], İran'ın güneyinde bulunan Doroudzan Barajı'nın rezervuarında baraj aşma riski ve belirsizlik analizleri üzerine çalışmışlardır. Baraj aşma analizinin temel amacı, farklı su girişlerinde rezervuardaki suyun yüksekliğini tahmin ederek; baraj kret kotu ile hesaplanan su yüksekliklerini karşılaştırmaktır. Çalışmada, maksimum su yüksekliğini hesaplamak için, çeşitli dönemlerde hidrograflar aracılığıyla ölçülen rezervuara giriş akımları ve yıllık maksimum girişleri toplanmıştır. Giriş verileri kullanılarak, tek değişkenli taşkın frekans

analizinin yapılması çalışmanın asıl konusunu oluşturmaktadır. Araştırmacılar, dolusavak deşarj katsayısı, pik debilerin dağılımı ve ilk su yüzeyi seviyesi belirsiz olarak kabul etmişlerdir. Monte-Carlo simülasyonu (MCS) ve Latin Hiperküp Örnekleme (LHS) bu belirsizliklerin analizi için kullanılmaktadır. Bu çalışma ile araştırmacılar olası baraj aşması için; giriş akışlarının yanı sıra, farklı rüzgâr hızlarında etkisi olduğunu kabul etmişlerdir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, hem artan su seviyesinin hem de artan rüzgâr hızının baraj aşması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Ma vd. [34], baraj aşması nedeniyle taşkından kaynaklanan baraj yenilmelerinin gerçek zamanlı tahmini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Baraj yenilmesi sürecinde gözlenen çıkış verilerini inceleyen araştırmacılar, bu verileri kalibre modeli, yenilme süreci ve taşkın özelliklerini tahmin etmek için kullanmışlardır. Araştırmacılar, baraj yenilmelerinde yaygın olarak kullanılan parametrik modelleri, pratiklik ve hesaplamadaki sadeliği göz önünde bulundurarak kullanmışlardır. Model parametreleri arasındaki ilişkiler ile model kalibrasyonunu engelleyerek ortaya çıkan sorunlara ise analitik tanımlar yardımı ile basit ama etkili bir çözüm yöntemi önermişlerdir.

Sun vd. [35], hidrolojik risk analizinin bir dizi olasılıksal analize dayandığını savunmuşlardır. Eş zamanlı sel ve rüzgâr tarafından uyarılan toprak baraj aşma riskini değerlendirmek için bir olasılıksal risk analizi çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada; ilk su seviyesi, sel, rüzgâr hızı ve baraj yüksekliğinden kaynaklanan belirsizlikleri ele almışlardır. Araştırmacılar; baraj aşma modelini oluşturmak için Gelişmiş Monte Carlo Simülasyonu ve ortalama değer birinci dereceden ikinci moment yöntemini önermişlerdir. Daha sonra Çin'de Dongwushi Barajı rezervuarında Monte Carlo simülasyonu kullanılarak, hesaplanan baraj aşma riskinin ortalama değer birinci dereceden ikinci moment yöntemiyle hesaplanan riskten daha düşük olduğunu kanıtlamışlardır. Ayrıca; duyarlılık analizi; baraj aşma riskine karşı ilk su seviyesinin rüzgâr hızından daha duyarlı olduğunu araştırmalarının sonucunda belirlemişlerdir.

Sun vd. [36], fiziksel deney yöntemiyle, atık barajının yenilme analizi üzerine çalışmışlardır. Yöntemin temeli; sabit, doymun olmayan akış ve denge dışı erozyon mekanizmasına dayanmaktadır. Model benzerlik teorisi ve baraj erozyon kırılma modeli bu çalışmada atık barajlar üzerinde kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda, atık barajındaki yer değiştirmelerin, aşma kırılmaları sırasında taşkınlardaki baraj doymunluk derecesine bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Yüksek doymunluk hatları en büyük kaymaların, yer değiştirmelerin olduğu alanlardır. Araştırmada, baraj yenilmelerinin uzunluğu, erozyon taşkınına bağlıdır. Bu

deneysel koşul ile baraj yer değiştirmeleri, doygun hat yüksekliği, maksimum debi ve baraj yenilmesinin oluşunu sunulmuştur. Doygun hat yüksekliğinin azaltılması, kuru kıyı uzunluğunun artırılması, baraj yzeye drenaj kanalları kurulması ve diğer önlemler atık barajının taşkın aşmasından kaynaklı zararları azaltmaya yardımcı olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Goodarzi vd. [37], hidrolojik çalışmalar için, matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle risk değerlendirme ve belirsizlik analizinin önemli olduğunu ileri sürmüşler ve İran'ın kuzeyinde bulunan Meijaran Barajı'nı analiz etmişlerdir. Rüzgâr hızlarının ve baraj rezervuarına çeşitli girişlerin sonucunda, baraj aşma riski ve belirsizlik analizi üzerine çalışmışlardır. Yöntemde; rezervuarın maksimum su kotunu hesaplamak için rezervuar yönlendirme, rezervuar entegrasyonu, tek değişkenli sel hızı, rüzgâr hızı frekans analizleri kullanılmıştır. Daha sonra ise, aşma olasılığını, analiz yöntemlerinin (Monte Carlo simülasyonu ve Latin hiperküp örnekleme) uygulanması ve belirsiz değişkenler olarak taşkın pik debisi, depodaki suyun başlangıçtaki derinliği ve dolusavak deşarj katsayısı gibi faktörleri dikkate alarak değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, kurulacak erken uyarı sistemlerini aktif hale getirecek kritik parametrelerin belirlenmesinde deterministik yöntemlerin önemli olduğu fikrini savunmuşlardır.

Lee vd. [38], rezervuar yönetiminin, iklim değişikliğinin etkilerinden kaynaklanan yeni sorunlarla karşı karşıya olduğunu savunmuşlardır. Sorunlardan birisi; hidrolojik koşulların sabit olmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer önemli bir konu ise; rezervuarın sürdürülebilirliğini ve güvenliğini etkileyebilecek sedimantasyondur. Araştırmacılar rezervuar risk yönetimi ile ilgili fiziksel yönetim ilişkileri önermişlerdir. Önerdikleri bu yöntemler ile yaklaşım stratejisi için uygun seçenekleri belirlemek ve rezervuarla ilgili riskleri tespit etmeyi hedeflemişlerdir.

Nunez ve Berezowsky [39], Meksika'daki Grijalva Nehrinde hidroelektrik üretimi ve taşkın kontrolü için kullanılan Angostura, Chicoasen, Malpaso ve Penitas adlarında 4 baraj üzerinde çalışmışlardır. Araştırmacılar, Penitas Barajı'nın rezervuarında, Penitas Barajı, heyelan alanının yaklaşık 14 km akış aşağısında, Malpaso Barajı'nın 60 km akış aşağısında ve Juan Grijalva Köyü'nün yaklaşık 100 m ilerisinde bulunan San Juan de Grijalva heyelanını incelemişlerdir. Grijalva Nehri Meksika'nın doğusunda yer almakta olup; yaklaşık 60 000 km²'lik havzaya sahiptir. Baraj rezervuarlarındaki en tehlikeli olaylardan birisi heyelanlar tarafından üretilen su dalgalarıdır. Araştırmacılar, heyelanın

parametrelerini ve su dalgalarının özelliklerini tahmin etmek için görgül yöntemleri kullanmışlardır. Kasım 2007’de meydana gelen 50 milyon metreküplük heyelan sonucunda, Grijalva nehri tamamen kapanmıştır. Heyelanın neden olduğu dalgaların tehlike potansiyelini değerlendirmek amacıyla; görgül yöntemlerle; dalga ivmesi, dalga uzunluğu, dalga yüksekliği, dalga tırmanması gibi kritik parametreleri hesaplamışlardır. San Juan Köyündeki su dalgasının yüksekliğini görgül yöntemlerle 50 m olarak hesaplamışlardır.

Palamut [40], İzmir’in Ödemiş ilçesinde yapım çalışmaları süren ve mansabında 3 adet köy bulunan Rahmanlar Barajı’nın tek boyutlu ve üç boyutlu yenilme analizi üzerinde çalışmıştır. Çalışmanın amacı, barajın yenilmesi sonucu oluşan taşkının mansapta yer alan köylere ulaşıp ulaşamayacağını belirlemesidir. Tek boyutlu HEC-RAS modelinde farklı senaryolar altında gerçekleştirilen yenilme analiz sonuçları mansapta bazı bölgelerin olumsuz etkilenebileceğini göstermiştir. Fakat bir boyutlu dinamik analizlerde akımın doğrusal bir şekilde ilerlediği varsayıldığından, arazinin ve akımın fiziksel özelliklerinin daha doğru tanımlanabildiği üç boyutlu analizlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple FLOW-3D yazılımında en kritik yenilme senaryosu için taşkın sonuçları elde edilmiştir. Her iki modelde de yapılan analiz sonucunda oluşan taşkın haritalanarak, yerleşim yerlerindeki kesitlerde maksimum su seviyeleri ve bu seviyelerin oluşma zamanları belirlenmiştir.

Yang vd. [41], heyelandan kaynaklı baraj yenilmeleri üzerine çalışmışlardır. Savak deneyleri baraj aşmasında yırtılmanın büyüme sürecini incelemek için yapılmaktadır. Araştırmacılar, baraj yenilmesinin gelişimi sırasında sızıntı etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla baraj malzemelerinin geçirgenlik özelliklerini dikkate almışlardır. Deneysel gözlemlerle yırtılma süreçlerini; sızıntı erozyonu, formasyondaki ilksel yırtılmalar, erozyonun taç kısmı, yarılmanın genişlemesi, yarıktan nehir kanalının yeniden dengesinin sağlanması olarak 5 aşamada incelemişlerdir. Araştırmacıların çalışmaları sonucunda, barajın ilk yırtılmasının sızıntı yüzünün üst kenarında, barajın mansap yamacında yer almasının muhtemel olduğunu göstermektedir.

Hu vd. [42], aşırı büyük dalgaların, dalga-yapı etkileşimi çalışmasının oluşum mekanizmalarını ortaya çıkarmış olmasına rağmen hala yeterli olmadığını savunmuşlardır. Araştırmacılar; geleneksel Ritter çözümü, yanlış tahminler verdiği için kombine dalga baraj yırtılma modelini (CWDB) önermişlerdir. CWDB modeli; aşırı büyük dalgaların yayılma etkisi ile birlikte baraj yırtılması probleminin gecikmiş etkisini de dâhil ederek Ritter

çözümünden çıkarım yapmaktadır. Araştırmacılar; CWDB modelinin doğruluğunu, hem sayısal sonuçları ve mevcut deneysel ölçümleri karşılaştırarak kanıtlamışlardır.

Tanaka vd. [43], Doğu Japonya'da 2011 yılında meydana gelen tsunami ile Abukumagawa nehri üzerindeki, dört farklı lokasyonda oluşan akarsu setlerinde aşma ve şiddetli erozyonu incelemişlerdir. Hasarlar ve hidrolik parametreler arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için, doğrusal olmayan tsunami dalga denklemleri ve kırık hareketi modeli simüle etmişlerdir. Maksimum enerji yüksekliği ile oyulma derinliği, uzunluğu ifade eden taşma tipi aynı zamanda büyük ölçüde oyulma karakteristiklerini etkiler. Nehrin yersel şartları ve menderesli yapısından dolayı nehirde tsunami yayılımı daha hızlı olmuştur. Tsunaminin boyutları ve tsunami sonrasında yapılan arazi çalışmaları ile elde edilen gerçek ölçekli bir bağıntı yardımıyla, seddelerin arkasındaki maksimum oyulma derinliği ve uzunluğu tahmin edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Tezel [44], Artvin Barajı'nın (Yusufeli-Artvin) su tutmasıyla göl alanı içerisinde kalacak olan paleo-heyelan malzemenin topuk kısmının duraylılığını araştırmıştır. Çalışmada, derinlikleri 40-120 metre arasında değişen 22 adet sondaj kuyusu açılmış, 11 profilde elektrik rezistivite ve multi-elektrod çalışmaları yapılmıştır. 4 kuyuda 126 adet presiyometre deneyi uygulanmış ve yeraltı suyu gözlemi için 2 adet rasat kuyusu açılmıştır. Çalışmada Janbu yöntemi uygulanarak, suyun işletme seviyesinde ve deprem yer ivmesinin 0.25 g olması durumunda dairesel-düzlemsel kayma analizleri yapılmış, 0.5-1.5 güvenlik sayısına sahip olası kayma yüzeylerinin 840 metreden aşağı kotlarda olduğu anlaşılmıştır. Analizlerle, kaymanın gerileyen şekilde devam edeceği tespit edilmiş, gerileyen kaymalar sonucunda olası heyelan sınırının 640 m kotuna ulaştığı görülmüştür. Tekrarlayan her kayma sonucunda gelişecek yeni kaymada, kayan malzemenin boyutları ve hacmi azalmıştır. Bu durum baraj inşası sonunda, rezervuar suyunun işletme kotuna ulaşması durumunda tüm heyelan malzemesinin etkileneceği bir yenilmenin olmayacağı, daha küçük boyutlarda ve gerileyen nitelikte tekrarlı kütle hareketi riskinin olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

Shi vd. [45], 2008 yılında 7.9 büyüklüğünde Çin'de meydana gelen Wenchuan depreminin barajlardaki 257 heyelanı tetiklemesi sonucunda, aynı yatak üzerine birbiri ardına inşa edilen barajlarda, taşkın ve heyelan sonucunda baraj yırtılması gibi daha ciddi hasarlarda keskin bir artış yaşanabileceğini savunmuşlardır. Bu çalışmada, heyelan sonucunda Tangjiashan Barajı'nın çalışmasını ve aynı yatakta birbiri ardına gelen barajların, baraj yenilmelerini simüle etmeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, su-toprak etkileşimleri, erozyon ve sığ su akış

teorisi ile simüle edilen Modifiye Daba modelini uygulamışlardır. Bu çalışmada, ilk olarak Daba modelindeki değişiklikleri vurgulayan araştırmacılar, basamaklı baraj yenilmesi simülasyon metodolojisini tanıtmışlardır. Heyelan sonucunda, Tangjiashan Barajı ve iki küçük mansap batardosunda meydana gelecek basamaklı baraj yenilmesini Modifiye Daba modeli kullanılarak simüle etmişlerdir. Basamaklı baraj yenilmesinin birkaç önemli faktörü (örneğin, baraj yüksekliği, baraj genişliği vb.) değiştirerek, kritik koşulları belirlemek için tekrar analiz eden araştırmacılar, Modifiye Daba modelinin basamaklı baraj yenilmelerini simüle etmek için güvenilir bir araç olduğu kanıtlamışlardır.

Shi vd. [46], Çin'de meydana gelen Wenchuan depreminin 257 heyelanı tetikleme sonucunda, heyelanların özelliklerinin araştırılması ve büyük ölçekli sarsma tablası testleri kullanılarak, artçı depremler sonucunda oluşan heyelanların, barajlar üzerindeki dinamik davranışını incelemişlerdir. Araştırmacılar, barajların istikrarlı ve uzun ömürlü olmaları için heyelanların etkilerini azaltma önlemlerine değinmiştir. Artçı depremler altında oluşan heyelanların, barajlar üzerindeki iki tip dinamik davranışını simüle etmek için sallantılı masa testleri uygulamışlardır. Son olarak, ivme dağılımı, baraj deformasyon ve baraj yenilme süreci de dâhil olmak üzere testlerin sonuçlarını değerlendirmişlerdir.

Lin vd. [47], Çin'de meydana gelen Wenchuan depremi sonrasında yapılan saha araştırmalarına dayanarak, barajların rezervuarının deprem performansını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, farklı türden depremler nedeniyle küçük rezervuarlarda oluşan zararların ve zarar derecelerinin istatistiksel verilerini, saha araştırmasına dayanarak bu çalışma içerisinde derlemişlerdir.

3. BARAJLARA İLİŞKİN GENEL TAMIMLAMALAR ve SINIFLAMALAR

İnsanoğlu var oluşundan bu yana suya ihtiyaç duymuştur. İnsanoğlu, yerleşik tarıma geçtiği dönemden itibaren su yapıları ile ilgilenmeye başlamıştır. Mısır'da ve medeniyetlerin beşığı Anadolu'da antik çağlardan (M.Ö. 3000'li yıllardan) itibaren su yapılarına ve baraj kalıntlarına rastlamak mümkündür [48].

Dünyada ilk baraj sulama ve içme suyu amaçlı olarak planlanmış, M.Ö. 4000 yıllarında, Nil nehri üzerinde inşa edilmiş olup, kret uzunluğu 110 m ve yüksekliği 12 metredir. Nil nehri üzerinde projelendirilen Sadd-el-Kafara Barajı'nın M.Ö. 2950-2750 yılları arasında yapıldığı bilinmektedir. Çin'de ise M.Ö. 200 yıllarında yapılan Tu-Kiang Barajı, pirinç tarlalarını sulamak için inşa edilmiştir [49].

Anadolu'nun en eski barajı olarak kabul edilen, Hattuşaş'ın içme ve sulama suyu ihtiyacını karşılamak için inşa ettiği Hitit Barajı, Çorum'un Alacahöyük köyünde Hititler tarafından yaklaşık 3200 yıl önce inşa edilmiş olup, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından koruma altına alınmıştır [50].



Şekil 3.1 Çorum Alacahöyük Gölpınar Hitit Barajı [50].

Cumhuriyet döneminin ilk barajı ise Ankara'da yapılan Çubuk-I Barajıdır. Beton ağırlık gövde dolgu tipinden inşa edilen barajın gövde hacmi 120 000 m³, talvegden yüksekliği 25 m'dir [51], (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Ankara Çubuk-I Barajı'ndan bir görünüm [51].

Barajlar; sulama, hidroelektrik üretimi, içme suyu, taşkın kontrolü, atık depolama vb. amaçlara yönelik olarak projelendirilirler. Baraj yeri ve baraj tipi seçimini etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Topoğrafik koşullar, jeoloji, temel ve yamaç koşulları, gövde yüksekliği, malzemenin kalitesi, miktarı, taşıma mesafesi, gövdeye bağlı yardımcı yapıların yerleşimi, hidrolojik koşullar, doğanın korunması ve çevre şartları, depremsellik, inşaat süresi, rezervuar şekli ve hacmi, amaç ve rantabilite (kar-maliyet) ilişkisi ile finansman baraj tipi seçimini etkileyen en önemli faktörlerdendir [52].

3.1 Barajların Tiplerinin Belirlenmesi

Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu'na (ICOLD) göre; suyu depolamak için vadilerin kapatılmasıyla yapılan ve nehir seviyesinden (talveg) yüksekliği 15 metrenin üzerinde olan yapay yapılara baraj adı verilmektedir. Barajlar büyüklüklerine, yapılış amaçlarına ve gövde yapımında kullanılan malzemelere göre sınıflandırılırlar [53].

Büyükliklerine göre sınıflandırmada, Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (ICOLD), kreti ile temeli arasındaki yükseklik 15 m'den fazla olan barajlar ile yüksekliği 10-15 m arasında olan fakat buna ek olarak; kret uzunluğu 500 metreden uzun, rezervuar hacmi 1 000 000 m³'ten fazla, en büyük taşkın 2000 m³ /sn'den fazla olma özelliklerinden en az birisini taşıyan barajlar büyük baraj olarak isimlendirmektedir. Türkiyede genellikle sulama amacıyla yapılan küçük barajlara gölet ismi verilmektedir [53]. Büyük barajlara göre projesi daha basit ve süre açısından hızlı tamamlanan yapılarıdır.

3.1.1 Barajların sınıflandırılması

Bir baraj bir veya birden fazla amaç için planlanabilir. Barajlar gövde tiplerine göre, dolgu ve beton barajlar olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılır [53].

Çizelge 3.1 Amaçlarına ve gövde tipinde kullanılan malzemeye göre baraj tipleri [53].

YAPILIŞ AMAÇLARINA GÖRE BARAJLAR	GÖVDE TİPİNDE KULLANILAN MALZEMEYE GÖRE BARAJ TİPLERİ	
	DOLGU BARAJLAR	BETON BARAJLAR
Sulama suyu barajları	Homojen dolgu barajlar	Beton ağırlık barajlar
İçme – kullanma suyu barajları	Kaya dolgu barajlar (kil çekirdek-asfalt çekirdek)	Beton kemer barajlar
Enerji barajları	Ön yüzü beton kaya dolgu barajlar	Payandalı barajlar
Taşkın kontrolü barajları	Ön yüzü membran kaplı kaya dolgu barajlar	Silindirle sıkıştırılmış beton barajlar
Katı atık depolama barajı		

1- Dolgu Barajlar

Dolgu baraj, baraj aks yerine ekonomik mesafeden temin edilen doğal malzeme ile yapılan barajlardır. Malzemeler serildikten sonra makinalarla sıkıştırılırlar. Dolgu barajlar; toprak dolgu ve kaya dolgu olmak üzere iki grupta incelenmektedir [53].

a- Homojen dolgu barajlar

Homojen dolgu barajlar, geçirimsiz veya çok az geçirimli, aynı özelliklere sahip tek bir malzemeden oluşmuş, geçirimsizlik fonksiyonuna, şev korumaları hariç, bütün gövdenin katıldığı barajlardır [52].

Malzemenin doğadan kolaylıkla temin edilebilmesi ve her türlü zemin koşulunda yapılabilmesinden dolayı uygulaması yaygın olan baraj tiplerindedir. Suyun baraj üzerinden aşması durumunda baraj yenilme riski yüksek olan baraj tiplerinden olan toprak dolgu barajlarda, dolusavak yapısının iyi tasarlanmış olması gerekmektedir [53].

Çizelge 3.2 Homojen dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

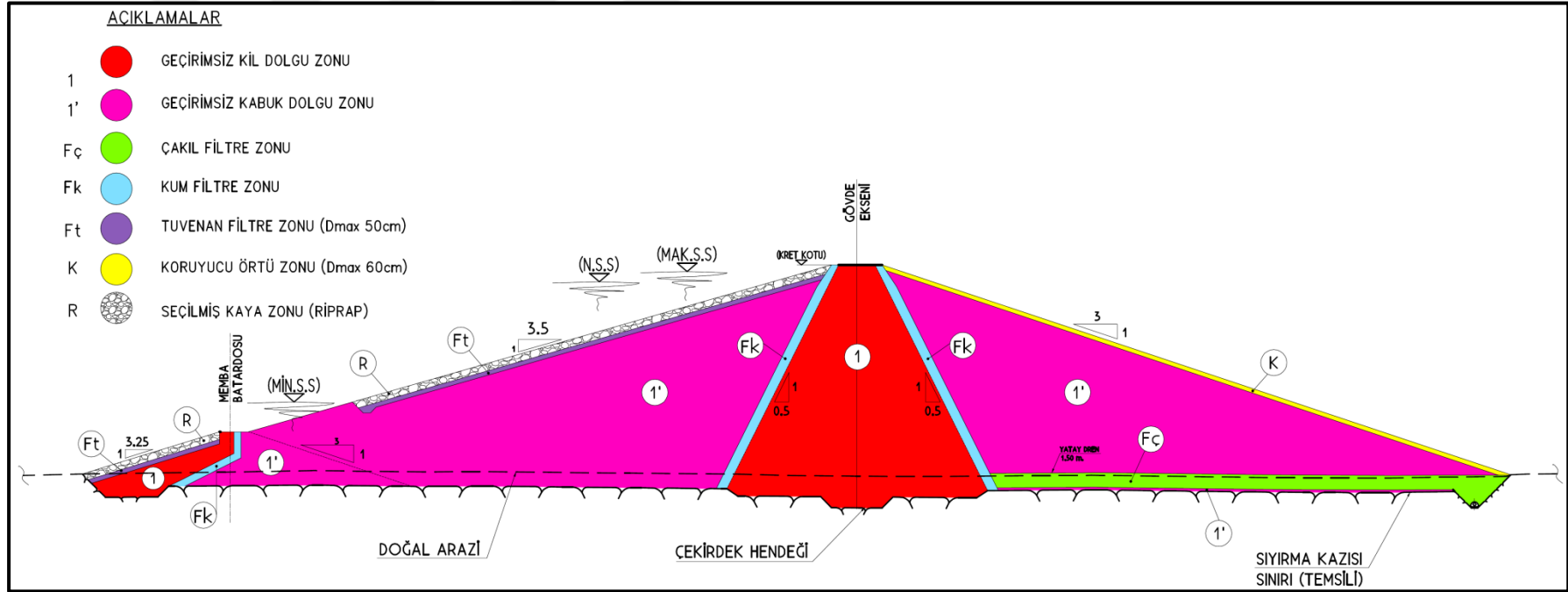
<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
Birim dolgu maliyeti düşüktür.	Yükseklikleri 25-30 m ile sınırlıdır.
Her tip zemin koşulunda inşa edilebilir.	İnşaat hızı düşüktür.
Batardoyu gövde içinde tasarlamak mümkündür.	Derivasyon boyu uzundur.



Şekil 3.3 Homojen dolgu baraj örneği, Manisa İlyasçılar Göleti [54].



Şekil 3.4 Ülkemizdeki en yüksek homojen dolgu barajlardan Osmaniye Aslantaş Barajı'ndan bir görünüm [55].



Şekil 3.5 Homojen dolgu baraj tip kesiti [56].

b- Kaya dolgu barajlar

Kaya dolgu barajların, ana dolgu malzemesi kayadır. Barajın stabilitesi kaya malzemeyle geçirimsizliği ise kil çekirdek, asfalt çekirdek gibi geçirimsiz bir malzeme kullanılarak sağlanmaktadır [57].

Toprak dolgu barajlarda olduğu gibi baraj üzerinden su aşması durumunda erozyona uğraşarak, yıkılırlar. Bu yüzden; kaya dolgu barajlarda da dolusavak tasarımı dikkatle yapılmalıdır.

Çizelge 3.3 Kaya dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
İnşaat hızı göreceli olarak yüksektir.	Birim dolgu maliyeti yüksektir.
Gövde dolgusu drenaja açık olduğundan şev eğimleri düşük olduğundan ani boşalma durumundan daha az etkilenirler.	Özellikle şartnamelerde belirtilen 40-50 MPa dayanımlı kaya malzemeyi bulabilmek sorun olabilmektedir.
Batardoyu gövde içinde yapmak mümkündür.	



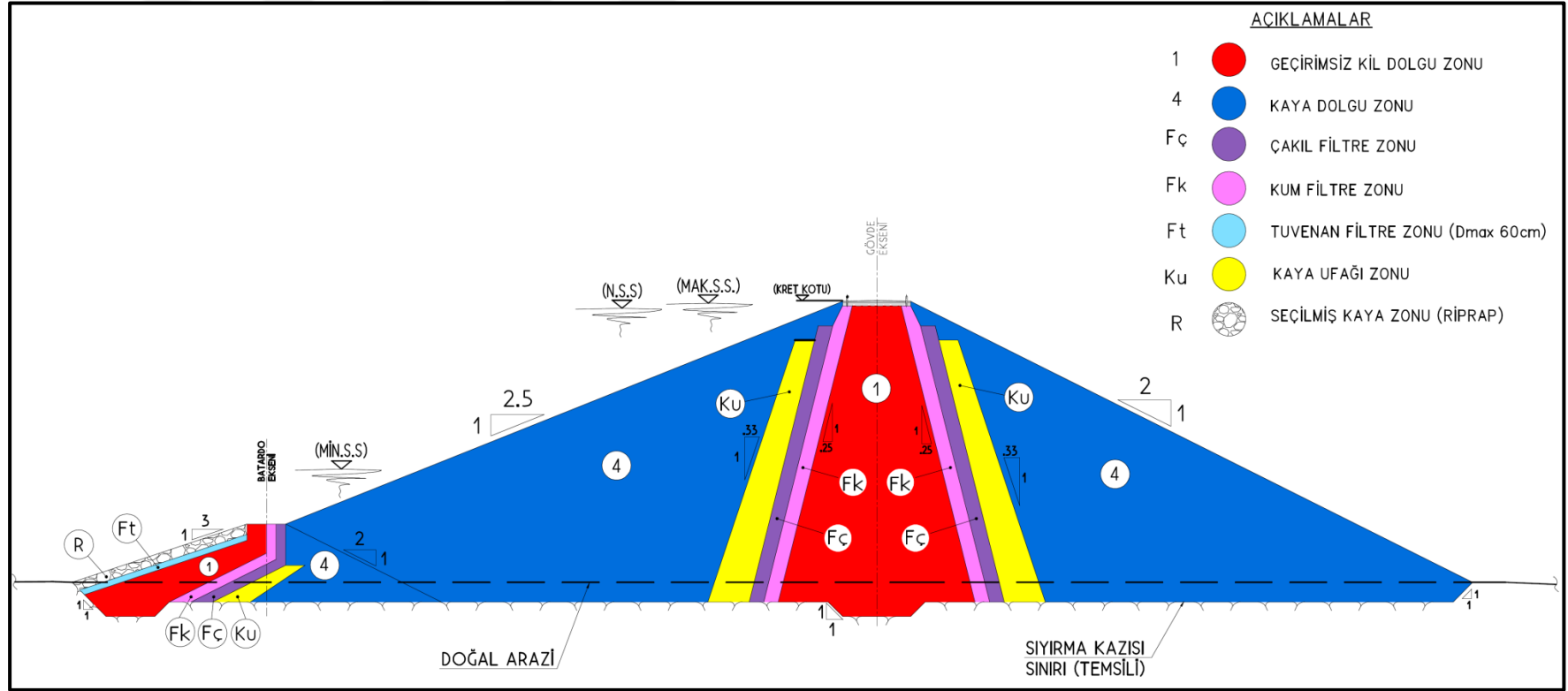
Şekil 3.6 Kil çekirdek yapımından bir görünüm, Azerbaycan-Şemkirçay Barajı ve HES [58].



Şekil 3.7 Ülkemizin en yüksek kaya dolgu baraj, Elazığ Keban Barajı [59].



Şekil 3.8 Kil çekirdekli kaya dolgu baraj, Atatürk Barajı [60].



Şekil 3.9 Kıl çekirdekli kaya dolgu baraj tip kesiti [56].

c- Ön yüzü beton dolgu barajlar

Beton yüzlü kaya dolgu barajlar, tabakalar halinde sıkıştırılmış kaya dolgu bir gövde ile ön yüzünün sızmalara karşı beton bir döşeme ile korunduğu baraj türüdür. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj 1980 yılından beri yaygın olarak kullanılan bir baraj türüdür. Bu tipte Çin, Brezilya, Hindistan ve Avustralya’da yüzlerce baraj inşa edilmiştir. 2005 yılına kadar sadece Çin’de 150’den fazla bu tipte baraj yapılmıştır [53].

Çizelge 3.4 Ön yüzü beton dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
İnşaat hızı yüksektir.	Yüksek kalite kontrol gerektirmektedir.
Şev eğimleri düşük olduğundan dolgu hacmi düşüktür.	Ön yüz beton kaplama maliyeti yüksektir.
Dolgu inşası hava şartlarından etkilenmemektedir.	Çoğu zaman gövdeden bağımsız batardo yapmak gerekir.
Sismik yükler altında davranışı oldukça iyidir.	



Şekil 3.10 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj örneği, Kütahya Hasanlar Barajı [61].



Şekil 3.11 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu, Mersin-Anamur Alaköprü Barajı [62].



Şekil 3.12 Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu, Mardin Ilısu Barajı [63].

d- Ön yüzü membran dolgu barajlar

Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayileşme, iklim dengesinin değişmesi gibi pek çok nedenle su ihtiyacının hızla artmıştır. Artan bu talep nedeniyle ülkemizde ve dünyada daha hızlı imal edilebilen ve güvenli baraj tipleri ortaya çıkmıştır. Özellikle geçirimsizlik sorununu çözmek adına membran kaplı barajlar günümüzde sıkça tercih edilen bir tiptir.

Çizelge 3.5 Ön yüzü membran dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
İnşaat hızı yüksektir.	Yüksek kalite kontrol gerektirmektedir.
Şev eğimleri düşük olduğundan dolgu hacmi düşüktür.	İşletme aşamasında korunması gerekmektedir.
Dolgu inşası hava şartlarından etkilenmemektedir.	
Sismik yükler altında davranışı oldukça iyidir	
Batardoyu gövde içinde tasarlamak mümkündür.	



Şekil 3.14 Göl alanı membran kaplı, Bursa-İnegöl Şevketiye Göleti [64].



Şekil 3.15 Ön yüzü membran kaplı baraj örneği, Elazığ İçlikaval Göleti [65].

2- Beton Barajlar

a- Beton Ağırlık Barajlar:

Beton barajlar, tasarım yüklerine karşı denge durumlarını, geometrileri, ağırlıkları ve malzeme dayanımları ile sağlayan barajlardır. Beton barajlar, ağırlık ve kemer tipi olmak üzere iki gruba ayrılır [66]. Beton barajlarda, beton yerleştirilmesi sırasında hidrasyon ısısı nedeniyle yüksek sıcaklıklar meydana gelebilir. Yapım aşamasında hidrasyon ısısının kontrolü için yatay ve düşey derzli olarak inşa edilebilir veya soğutma sistemi yapılabilir. Çünkü bu tip barajlarda kontrolsüz sıcaklık artışı ve dış ortam sıcaklığının ani bir şekilde değişmesi aşırı çekme gerilmelerine neden olarak, istenmeyen çatlaklara yol açabilir [66].

Çizelge 3.6 Beton ağırlık barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
Yardımcı yapılar gövde üzerine yerleştirilebilir.	İnşaat hızı düşüktür.
Gövde imalatına başlamak için enjeksiyon işleminin tamamlanması beklenmemektedir.	Maliyeti yüksektir.
Üstünden su aşmasına izin verilebilir.	Bağımsız batardo gereklidir.



Şekil 3.16 Beton ağırlık baraj örneği, Eskişehir Porsuk Barajı [67].

b- Beton Kemer Barajlar:

Kemer barajlar, haznedeki su basıncı kuvvetini ve barajın kendi ağırlığını kemer etkisi ile büyük oranda vadideki yamaçlara aktarmak için kemer şeklinde yapılan barajlardır. Bu baraj tipinde, yükler ve gerilmeler kesitlerin içinde çok iyi dağıldığı için kullanılan malzeme miktarı ağırlık barajınkine göre daha az olduğu için daha ekonomiktir [53].



Şekil 3.17 Beton kemer baraj örneği, Artvin-Deriner Barajı [68].

c- Silindirle Sıkıştırılmış Beton Barajlar:

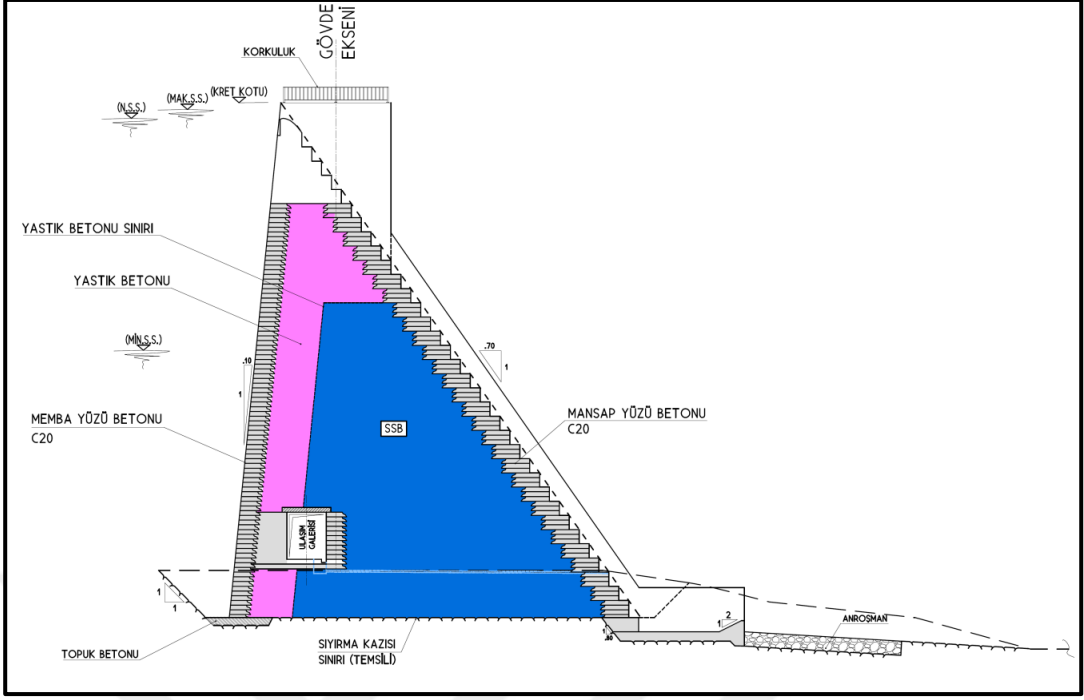
Silindirle sıkıştırma beton metodu; geleneksel granüler dolgu veya kütle betonu agregasının, çimento ile zenginleştirilmesi ve klasik dolgu ekipmanları kullanılarak taşınması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması yoluyla tek veya çok tabakalı olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu tip betonlar sıkı kıvamı ve kum-çakıl malzemesi görünümü ile normal betondan ayrılmaktadır. Katı kıvamı sayesinde ancak vibratörlü silindirle sıkıştırılabilir [69].

Çizelge 3.7 Silindirle sıkıştırılmış beton dolgu barajların üstünlükleri ve zayıflıkları [52].

<i>ÜSTÜNLÜKLER</i>	<i>ZAYIFLIKLAR</i>
İnşaat hızı yüksektir.	Dolgu barajlara göre maliyeti yüksektir.
Birim maliyeti beton baraja oranla düşüktür.	Jeolojik olarak iyi temel koşulları gerektirmektedir.
Yardımcı yapıları gövde üzerine yerleştirilebilir.	Gövdeden bağımsız batardo imalatı gerekmektedir.
Gövde imalatına başlamak için enjeksiyonun tamamlanması beklenmemektedir.	
Üstünden su aşmasına izin verilebilir.	



Şekil 3.18 Silindirle sıkıştırılmış beton baraj örneği, Sakarya Ballıkaya Barajı [70].



Şekil 3.19 Silindirle sıkıştırılmış beton baraj tip kesiti [53].

d- Beton Payandalı Barajlar

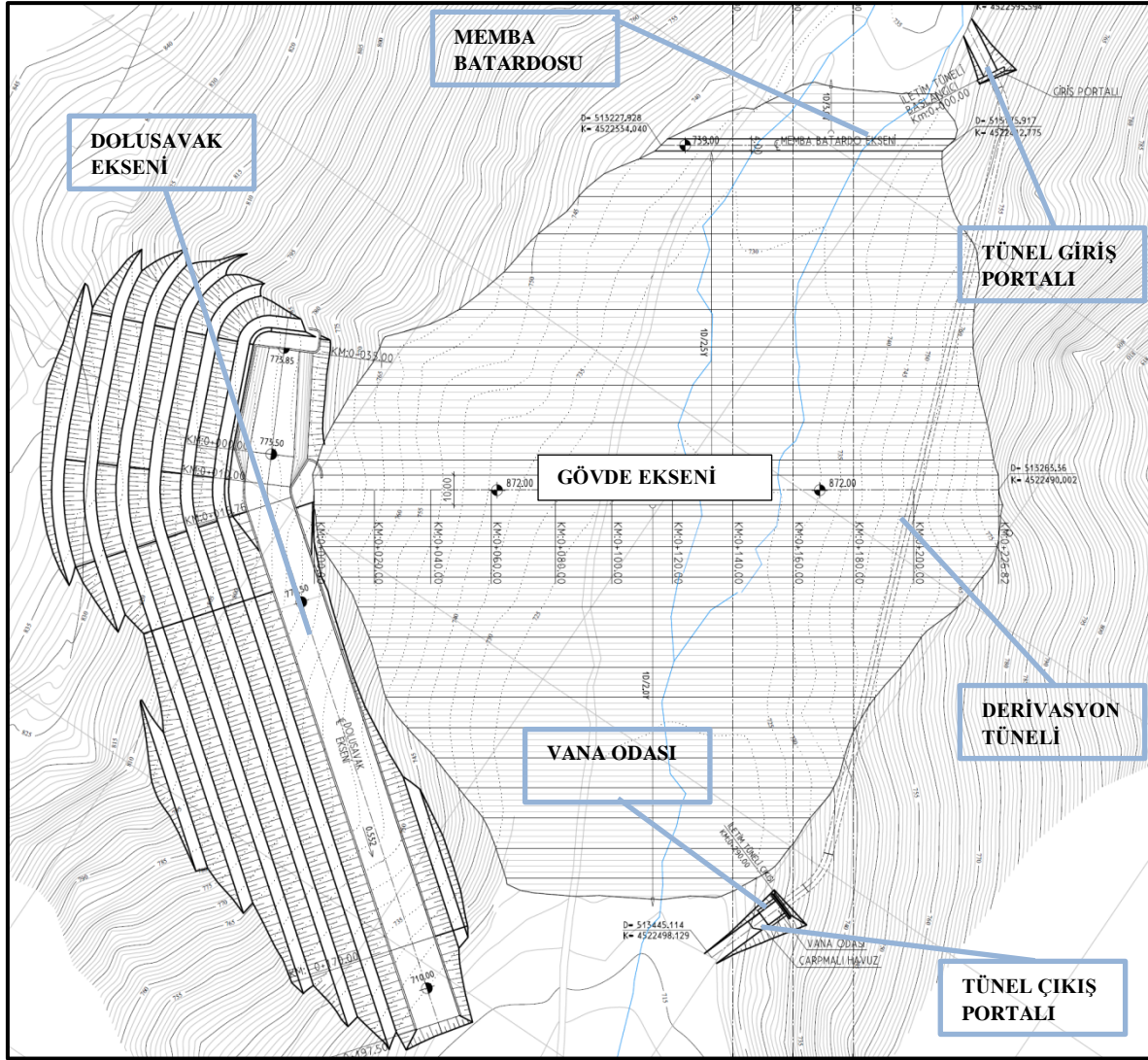
Payandalı barajların memba tarafı su basıncına karşı duran düz ya da az eğimli betonarme bir perde şeklinde olup, su basıncını temele ileten payandalar (destekler) vardır. Ağırlık barajlarına kıyasla payandalı barajların kazısı daha azdır ve daha az beton kullanılır [71].



Şekil 3.20 Beton payandalı baraj örneği, İstanbul-Elmalı Barajı [72].

3.2 Barajı oluşturan elemanlar

Baraj; gövde, göl alanı, su alma yapısı, dolusavak, dipsavak ve derivasyon tesisleri gibi ana yapılardan oluşmaktadır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Barajı oluşturan elemanların gösterimi [5]

Baraj gövdesi: Bütün vadiyi kapatarak yapay bir göl oluşmasını sağlar.

Baraj gölü: Baraj gövdesinin arkasında suyun depolandığı vadi kısmıdır. Baraj gölü, ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacminden oluşur.

Su alma yapısı: Baraj gölünde toplanan suyun alınmasını sağlayan yapıdır.

Dolusavak: Baraj haznesindeki fazla suyu veya taşkın suyunu haznenin üst kısmından suyu aşağıya (mansaba) aktaran yapıya denir.

Dipsavak: Haznenin dip kısmından suyu savaklayan yapıya denir.

Dolusavak Tesisleri: Gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolusavak debisini azaltmak, akarsu mansabına bırakılması gerekli miktarda suyu vermek için kullanılan tesistir. Dolusavak yapısının suyun mansaba iletilmesi, barajdaki su yüksekliğinin kontrol edilmesi ve baraj gövdesindeki su birikimini düzenlemek gibi işlevleri bulunmaktadır. Özellikle, dolgu barajlarda dolusavakların yeterli kapasiteye sahip olması gerekmektedir. Çünkü dolgu barajlarda beton barajlara göre; baraj üzerinden su aşması durumunda daha büyük hasarlar meydana gelmektedir.

Derivasyon tesisleri: barajın inşası aşamasında, çalışma alanının kuruya alınabilmesi amacıyla akarsu yatağının geçici olarak değiştirilmesi amacıyla yapılan yapılardır. Membada yapılan memba batardosu ile kabartılan su derivasyona yönlendirilir. Dere yatağının fiziksel koşulları (özellikle eğimi) değerlendirilerek, derivasyondan çıkan suyun çalışma alanına gelme olasılığı varsa, bir mansap batardosu yapılması gerekli olabilir. Batardolar, gövde tipine ve baraj genel yerleşime bağlı olarak gövde içinde veya bağımsız olarak inşa edilebilirler.

Talvegden yükseklik: Akarsu tabanından baraj tepesine kadar olan düşey uzaklıktır.

Temelden yükseklik: Baraj temelinden tepesine kadar olan yüksekliktir.

Hidrolik yükseklik: Akarsu tabanından maksimum hazne seviyesine kadar baraj eksenindeki düşey uzaklıktır.

4. HEYELANLA İLİGİLİ KAVRAMLAR ve HEYELANLARIN NEDEN OLDUĞU BARAJ YIKILMALARI

Heyelan, moloz, kayaç ve toprak malzemelerin veya bunların karışımından oluşan malzemenin yerçekimi etkisi ile aşağı yönde hareketi olarak tanımlanmaktadır [3].

Heyelanlar, jeolojik ve/veya jeomorfolojik süreçler ile birlikte hidrolojik, klimatolojik ve bitki örtüsü/ arazi kullanımı gibi birçok parametreye bağlı olarak gelişebilmekte ve deprem, yağış ve insan etkisi gibi faktörlere bağlı olarak tetiklenebilmektedirler [73]. Heyelanları oluşturan nedenler; jeolojik, morfolojik, fiziksel ve insan kaynaklı olmak üzere dört grupta toplanabilir [3], (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Heyelanları tetikleyen nedenler [3].

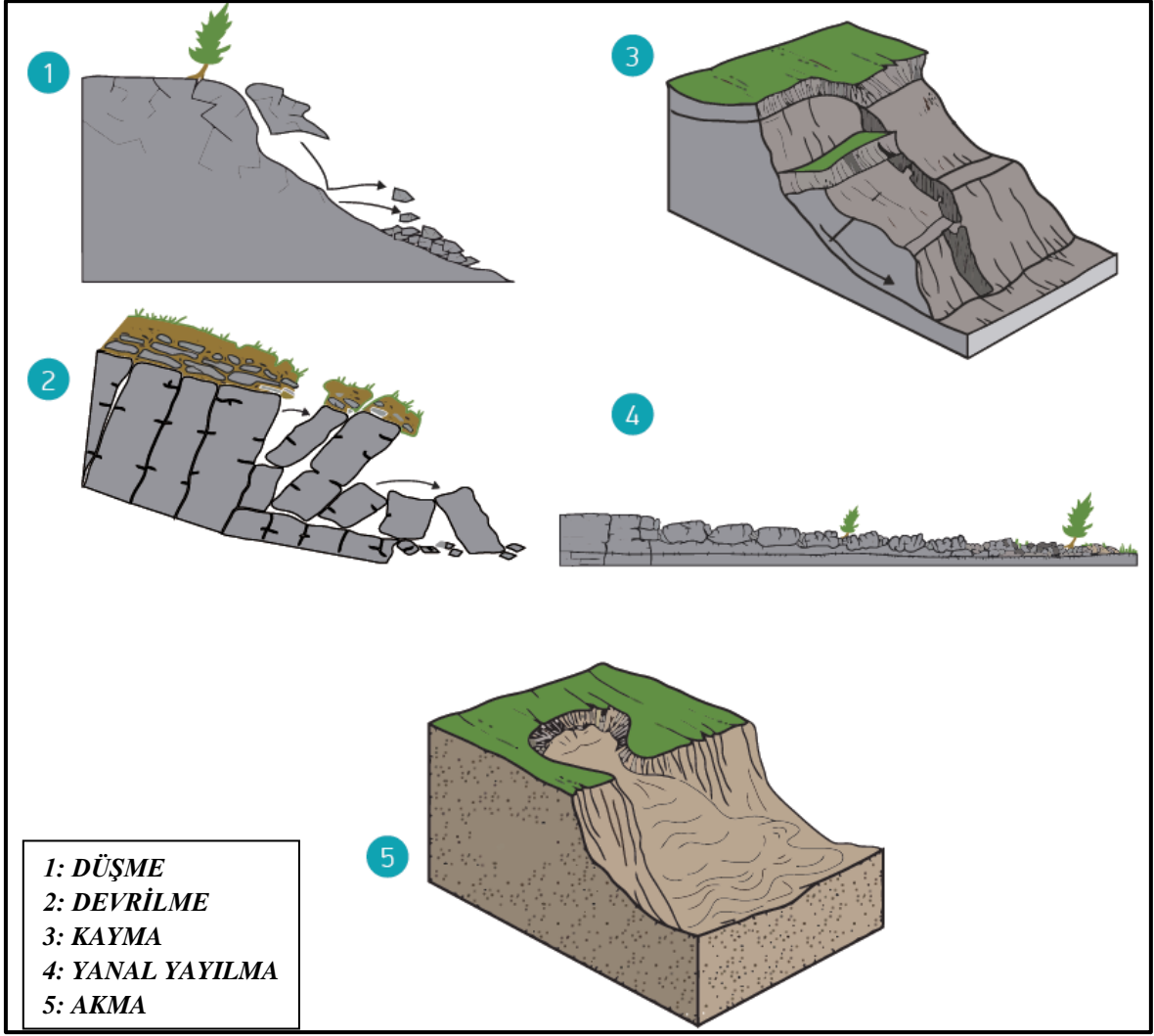
<i>JEOLJİK NEDENLER</i>	<i>MORFOLOJİK NEDENLER</i>	<i>FİZİKSEL NEDENLER</i>	<i>İNSAN KAYNAKLI NEDENLER</i>
Zayıf malzeme	Tektonik ve volkanik yükselme	Şiddetli yağmurlar	Yamacın veya topuğunun kazılması
Hassas malzeme	Yamaç topuğunun akarsu tarafından aşındırılması	Karın hızlı erimesi	Yamaca veya tepesine yük konulması
Makaslamaya uğramış malzeme	Yamaç topuğundaki dalga aşındırması	Taşkın ve gel-git olayında suların hızlı çekilmesi	Göl suyu seviyesinin aşağı doğru çekilmesi
Deprem ve volkanik püskürme	Yamaç topuğundaki buzul aşındırması	Çözülme	Ormansızlaştırma
Tersine uzanan yapının kırılması (fay, uyumsuzluk, dokanak vb.)	Yeraltı aşındırması (çözülme, kanal sistemiyle aktarma)	Donma ve çözülme yoluyla ayrışma	Sulama
Tersine uzanan kütle süreksizliği (tabakalarımı, yapraklanma vb.)	Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması (orman yangınları, kuraklık)	Şişme-büzülme yoluyla ayrışma	Maden kazıları
Geçirimlilik değişimleri		Olağanüstü yağışların devam etmesi	Yapay titreşimler, patlatma
Dayanımsal farklılıklar			Kullanımdan kaynaklanan su kaçakları

Varnes [86] heyelanları hareketin tipine ve malzemenin türüne göre sınıflandırmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Heyelanların sınıflandırılması [74].

<i>Hareket türü</i>	<i>Malzeme türü</i>		
	<i>Kaya</i>	<i>Toprak</i>	
		<i>İri taneli</i>	<i>İnce taneli</i>
Düşme	Kaya düşmesi	Moloz düşmesi	Toprak düşmesi
Devrilme	Kaya devrilmesi	Moloz devrilmesi	Toprak devrilmesi
Kayma	Kaya kayması	Moloz kayması	Toprak kayması
Yayılma	Kaya yayılması	Moloz yayılması	Toprak yayılması
Akma	Kaya akması	Moloz akması	Toprak akması
Karmaşık	En az iki veya daha fazla sayıda heyelanın bir arada geliştiği heyelanlar.		

Heyelan türleri; düşme, devrilme, kayma, yanal yayılma ve akma olmak üzere 5 türden oluşmaktadır [75], (Şekil 4.1). **Düşme**; toprak ya da kaya bloklarının, dik bir yamaç boyunca herhangi bir makaslama yenilmesi olmaksızın ana kütlede ayrılmasıdır. **Devrilme**; toprak ya da kaya kütlelerinin ağırlık merkezinin üzerindeki bir nokta veya eksen boyunca şevden ileri doğru rotasyonel (dönel) hareketidir [75]. **Kayma**; toprak ve kaya kütlelerinin bir veya birden çok yüzey üzerinde makaslama deformasyonu sonucu meydana gelen hareketidir. **Yanal yayılma**; kohezyonlu topraklar veya kaya kütlelerinin altında bulunan daha yumuşak bir zemin üzerinde genişlemesidir [75]. Yenilme yüzeyi en büyük makaslama gerilmesinin geliştiği yüzey olmayıp, sıvılaşma veya yumuşak zeminlerin akması sonucunda gerçekleşebilir [75]. **Akma**; birden fazla sayıda makaslama yüzeyi boyunca gelişen ve çoğunlukla serbest yüzeyler boyunca yer değiştirerek yayılan kütle hareketidir. Hareket eden kütlede hızın dağılımı, viskoz bir sıvıdaki dağılıma benzemektedir [75].



Şekil 4.1 Heyelanların aktivite yayılım özellikleri [75].

4.1 Türkiye’de ve Dünyada Meydana Gelen Önemli Heyelanlar

Büyük heyelanlar önemli oranda can ve mal kaybına neden olabilmektedirler. Bu yüzden, dünyada birçok ülke, heyelanın acı sonuçları ile mücadele etmek zorundadır. Türkiye’de ve dünyada meydana gelen önemli heyelanlara ait bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

1900’lü yılların başında planlanıp yapımına başlanan Panama kanalı inşaatında meydana gelen heyelan nedeniyle, kanalın tamamlanması iki yıl gecikmiştir. 1914 yılında 7 farklı lokasyonda meydana gelen heyelanlardan dolayı, Panama kanalı trafiğe kapanmıştır. Kanalın inşaatı sırasında toplam kazı 70 milyon m³ iken, meydana gelen heyelanlar sonucunda kazı miktarı 175 milyon m³’e yükselmiştir [73].

1966 yılında Aberfan (Galler)'da yaşanan ve bir açık ocak kömür işletmesinin pasayığınlarında meydana gelen heyelanda ise 144 kişi hayatını kaybetmiştir [73].

Peru'da 1962 ve 1970 yıllarında meydana gelen heyelanlar, 20. yüzyılın katastrofik heyelanlarının başında gelmektedir. Huascaran bölgesinde meydana gelen heyelanlarda, 20.000'den fazla kişi hayatını kaybetmiş, milyonlarca dolarlık hasar ortaya çıkmıştır [73].

Ülkemizde ise, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinden dolayı başta Karadeniz bölgesi olmak üzere, Doğu Anadolu ve Orta Anadolu bölgelerinde heyelanlara sıkça rastlamak mümkündür. Karadeniz bölgesinde 1929, 1950, 1952, 1985, 1988 ve 1990 yıllarında büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olan heyelanlar meydana gelmiştir [73]. Heyelanlar genel olarak, sismik aktivite (depremler), şiddetli yağış ve insan etkisi ile tetiklenebilmektedir.

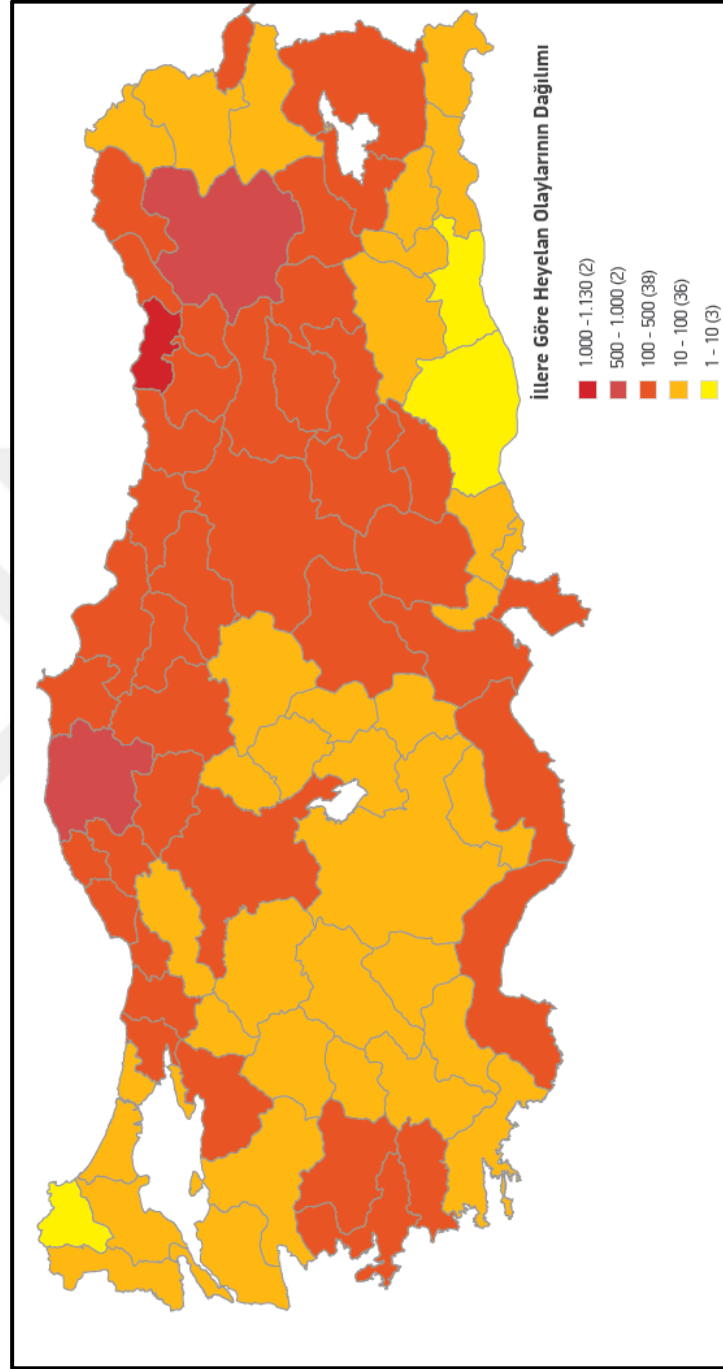
Örneğin; 21.06.1990'da şiddetli yağışlardan sonra Maçka/Çatak bölgesinde meydana gelen heyelanda, 65 kişi yaşamını yitirmiş ve büyük maddi hasar ortaya çıkmıştır [73].

13 Temmuz 1995 Senirkent (Isparta) bölgesinde yaşanan molozu/çamur akması türündeki heyelanda ise, 74 kişi yaşamını yitirmiş ve yüzlerce konut toprak altında kalmıştır [73].

17.03.2005 tarihinde ise Sivas iline bağlı Koyulhisar ilçesindeki Sugözü köyünün Kuzulu Mahallesi'nde meydana gelen heyelanda da, 15 kişi yaşamını yitirmiş, köy camisi ve 21 ev toprak altında kalmıştır. Heyelan sırasında hareket eden malzemenin hacmi yaklaşık olarak 12.5 milyon m³ olup, heyelan dairesel duraysızlık şeklinde gelişmiştir [73].

26.08.2010 tarihinde ise, Rize ilinin Gündoğdu beldesinde meydana gelen heyelan sonucunda, 13 kişi hayatını kaybetmiş, son derece büyük maddi hasar meydana gelmiştir [73].

Türkiye'de son 50 yılda 13.494 tane heyelan, 2.956 tane de kaya düşmesi olarak kayıtlara geçmiştir. Bu iki doğal afet türü için etkilenen toplam afetzede sayısı ise 78.767 olarak verilmektedir [76]. Türkiye'de meydana gelen heyelanların illere göre dağılımı Şekil 4.2'de verilmiştir [76].



Şekil 4.2 Türkiye’de son 50 yılda meydana gelen heyelan sayısının illere göre dağılımı [88].

4.2 Heyelanlardan Dolayı Yıkılan Barajlar

Geçmiş yıllarda birçok ülkede önemli baraj yıkılmaları meydana gelmiştir [76]. Çeşitli ülkelerde meydana gelen baraj yıkılmaları, nedenleri, mal ve can kayıpları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Türkiye'de baraj yapımının hız kazanması 1950'li yıllarda başlamıştır. Ülkemizde, teknolojinin ve baraj yapım tekniklerinin gelişmesinin ardından baraj yapımına başlandığı için bir deprem ülkesi olmasına rağmen henüz bir baraj yıkılma olayı meydana gelmemiştir [77].

Bir barajın yıkılması sonucunda rezervuar çok hızlı boşalarak, bir anda büyük bir su kütlesi barajdan kontrolsüz olarak çıkış yapabilir ve barajın mansabındaki su yükselir. Bu su seviyesinin yükselmesi birçok yeri su altında bırakabilir. Baraj tasarımına göre; barajın mansabındaki akarsu 100 yıllık debiyi geçirebilecek durumdadır. Baraj yıkılmaları bu debiden çok daha büyük debi oluşturabildiği için yıkılma sonucunda mansapta büyük zararlar oluşabilir. Can kaybı, baraj mansabında yaşayan insan sayısına, açıklığın büyüme zamanına ve yıkılmanın olduğu zamana bağlı olarak değişmektedir [77].

Çizelge 4.3 Çeşitli ülkelerde meydana gelen bazı önemli baraj yıkılmaları [77].

Baraj adı	Ülke	Baraj tipi	Yüksekliği (m)	Yıkılma yılı	Hasar nedeni	Hasar miktarı (milyon dolar)	Ölen insan sayısı
Puentas	İspanya	KD*	50	1802	TB**	***	60
Güneyfork	ABD	TD	22	1889	ÜA	100	2200
Saint Francis	ABD	BK	62.5	1929	YK	***	450
Vega de Tera	İspanya	BP	34	1959	YK	***	144
Malpasset	Fransa	BK	66.50	1959	TB	68	421
Oros	Brezilya	TD	54	1960	ÜA	***	1000
Bab-ı Yar	Ukrayna	TD	-	1961	ÜA	4	145
Hyokiri	Kore	-	-	1961	-	***	250
Panshet	Hindistan	TD	50	1961	YK- ÜA	***	1000
Q.la Chapa	Kolombiya	-	-	1963	-	***	250
Vajont	İtalya	BK	267	1963	ÜA	***	3000

Baraj adı	Ülke	Baraj tipi	Yüksekliği (m)	Yıkılma yılı	Hasar nedeni	Hasar miktarı (milyon dolar)	Ölen insan sayısı
Baldwin Hills	ABD	TD	71	1963	TB	50	3
Nanaksagar	Hindistan	TD	16	1967	YK-ÜA	***	100
Pado	Arjantin	TD	-	1970	-	20	25
Teton	ABD	TD	126	1976	YK-B	1000	14
Machhu II	Hindistan	KD	26	1979	ÜA	***	2000
Belci	Romanya	TD	18	1991	ÜA	***	48
Gouhou	Çin		70	1993	B	18.50	300
Tirlyan	Rusya		10	1994	ÜA	***	27

*BK: Beton Kemer; BP: Beton Payandalı; KD: Kaya Dolgu; TD: Kaya Dolgu

**B: Borulanma; TB: Temel Bozukluğu; ÜA: Üstten Aşma; YK: Yapı Kusuru

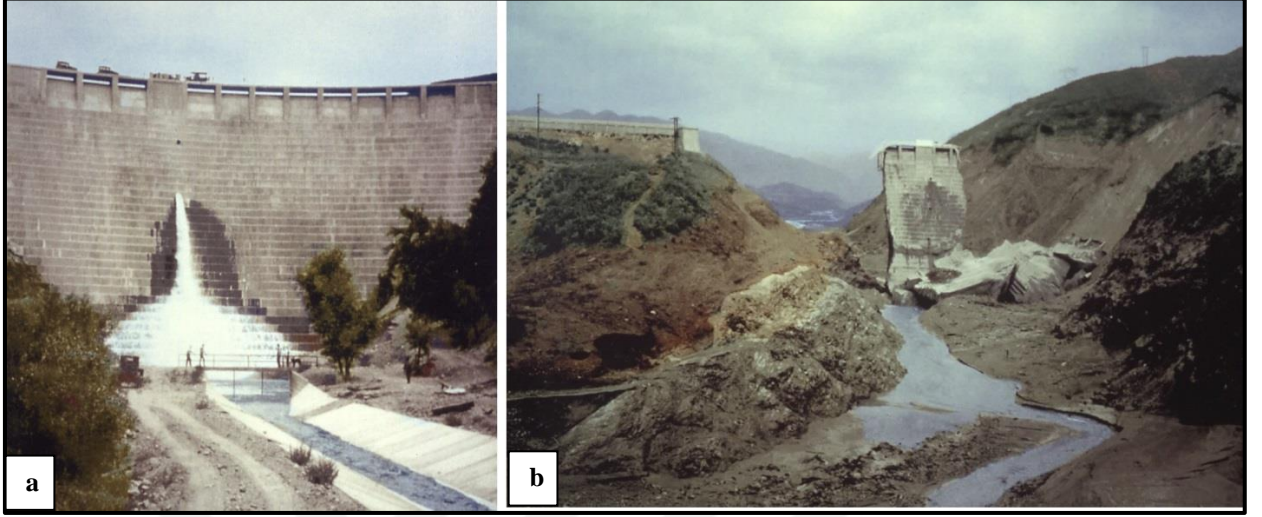
***Bilinmiyor

Örneğin, 5 Haziran 1976'da ABD'de 100 m yüksekliğinde inşa edilen Teton Barajı, sağ yamaca yakın gövdede meydana gelen sızıntılar nedeniyle birkaç saat içinde yıkılmıştır. Mansaptaki yerleşim alanları zamanında tahliye edildiği için ölü sayısı 15'i geçmemiştir [78].



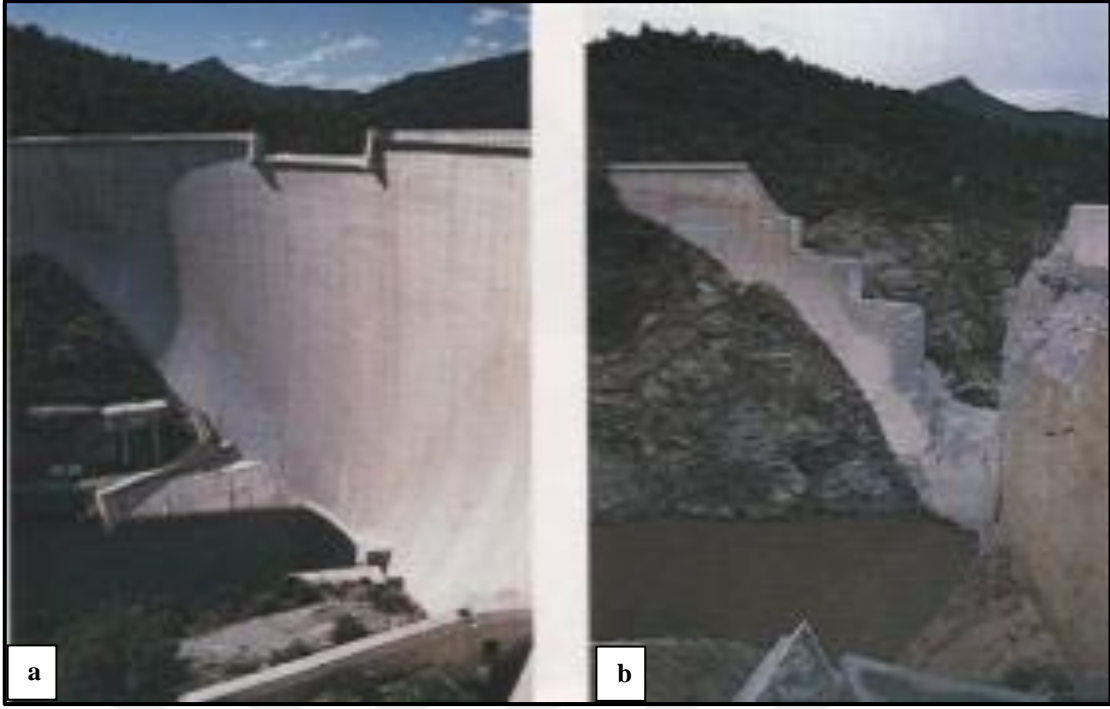
Şekil 4.3 Teton Barajı'nın (ABD) yıkılması [79].

ABD’de 62 m yüksekliğinde ve kemer ağırlık baraj tipindeki Saint Francis Barajı, 1 Mart 1926 tarihinde su toplamaya başlamış ve 12 Mart 1928 tarihinde yıkılmıştır. Baraj yıkılması sonucu 436 kişi hayatını kaybetmiştir [78].



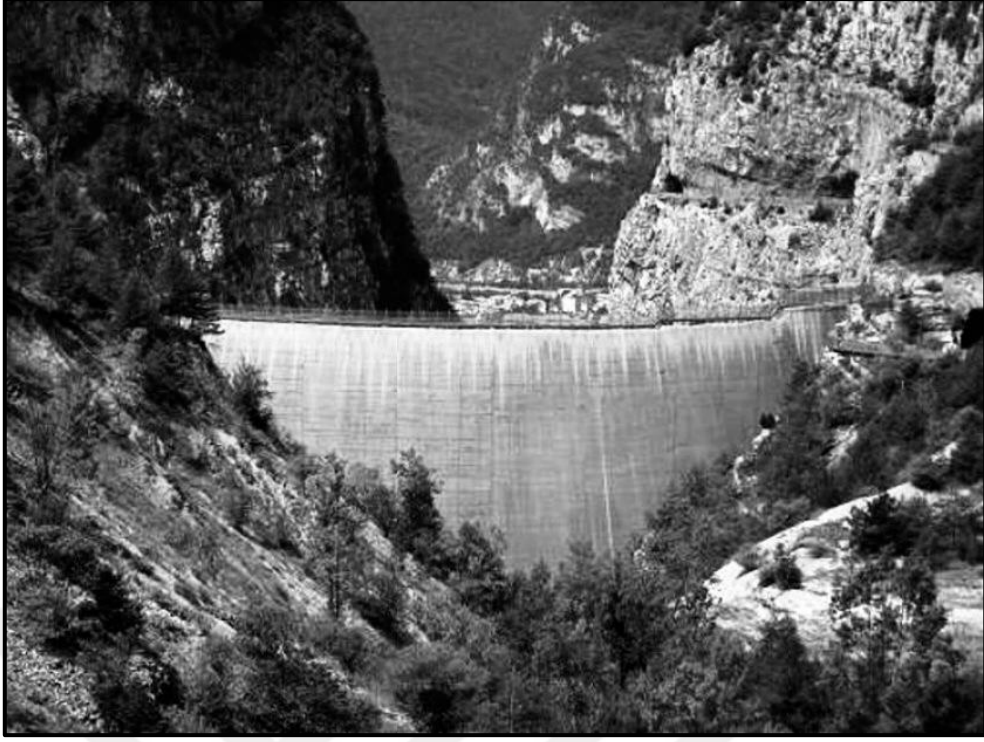
Şekil 4.4 Saint Francis Barajı’nın (Fransa) yıkılmadan önceki (a) ve sonraki hali (b) [79].

60 m yüksekliğinde ve beton kemer tipindeki Malpasset Barajı’nın (Fransa) 2 Aralık 1959 tarihinde yıkılmıştır ve 421 kişi hayatını kaybetmiştir. Rezervuardaki suyun itkisiyle memba topuğunda bir basınç serbestlemesi olmuş ve açılan eklemlere su girmiştir. Mansap topuğunda ise sıkışma gözlenmiştir. Gövde altına sızan su alttan kaldırma basıncı oluşturmuştur. Meydana gelen kaldırma basıncı barajın sol sahilindeki ana kayayı fay düzlemi boyunca harekete geçirmiştir. Barajın yenilmesiyle kopan betonlar 1500 m uzaklığında mansap bölgesinde bulunmuştur [78].



Şekil 4.5 Malpasset Barajı'nın (Fransa) yıkılmadan önceki (a) ve sonraki hali (b) [80].

1963 yılında İtalya'da Vajont Barajı sol yamacından göl alanına aniden harekete geçen 250 milyon m³ hacimli heyelan, baraj gölünün taşmasına neden olmuştur. Meydana gelen 200 m yüksekliğindeki dalgalar, akış aşağıda 2600 kişinin ölümüne neden olmuştur. Ayrıca, bu olay, esasen kütle hareketi olmasına karşın, ayıtlara deprem olarak geçmiştir [78].



Şekil 4.6 Vajont Barajı'nın (İtalya) baraj aşmasından önceki hali [81].



Şekil 4.7 Vajont Barajı'nın (İtalya) baraj aşmasından sonraki hali [82].

5. GENEL JEOLJİ

MTA tarafından hazırlanan 1/100 000 ölçekli Tokat G-36 jeoloji haritası ve açınması [83] ve 1/25000 ölçekli Tokat G36-a3 jeoloji haritası [84] ile baraj yerinde yapılan sondaj çalışmalarından yararlanılarak; arazi çalışmalarıyla da desteklenerek, tez çalışma alanının 1/1000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur [4].

Çalışma alanı ve yakın çevresinde farklı yaş ve kökene ait kayaçlar haritalanmıştır. Planlama aşamasında baraj aks ve yapı yerlerinde açılan temel sondajlarda sol sahilde Doğdu Formasyonu'na ait kireçtaşı; sağ sahilde Seyfe Formasyonu'na ait tuf ara katkılı filiş birimi ile örtü birimi olarak Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ile talvegde alüvyon birimi kesilmiştir [4].

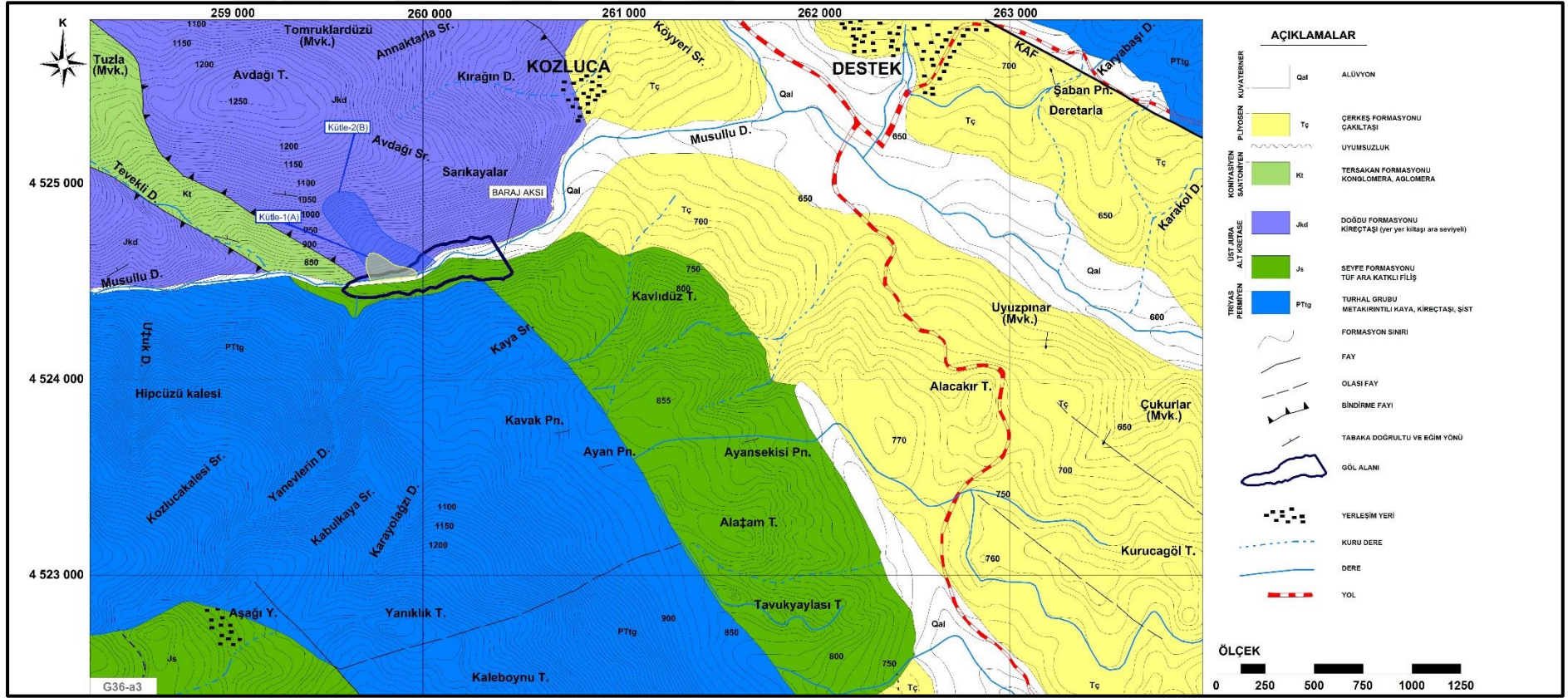
5.1 Stratigrafi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, Permien'den başlayan ve Kuvaterner'e kadar devam eden bir istif bulunmaktadır [4]. Tez çalışma sahası ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti, Şekil 5.1'de sunulmaktadır. 1/25000 ölçekli çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası ise Şekil 5.2'de verilmiştir.

Baraj aks yeri ve göl alanında Doğdu Formasyonu'na ait yer yer kilaşı ara seviyeli kireçtaşı ile Seyfe Formasyonu'na ait tuf arakatlı filiş birimi bulunmaktadır. Sağ sahilde açılan SK-5 no.lu kuyuda 9.60 metre kalınlığında sol sahilde tünel çıkışında yapılan TSK-2 no.lu kuyuda 6.00 metre kalınlığında çevre kayaç parçaları içeren yamaç molozu kesilmiştir. Aks yerindeki alüvyon kalınlığı sol sahil yamaç dibinde açılan SK-3 no.lu kuyuda 8.00 metre, talvegde açılan SK-4 no.lu kuyuda 24.00 metre, memba batardosunda açılan BSK-2 no.lu kuyuda 25.00 metredir [4].

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner			Alüvyon-Yamaç Molozu	Qal Qym		Alüvyon (Qal): Üst seviyelerde kalın, kaba taneli yer yer bloklu, alt seviyelerde kısmen ince taneli. Yamaç Molozu (Qym): Değişik kalınlıklar sunan birim, çevre kayca parçaları içerir.
	Neojen	Pliyosen		Çerkeş	Tc		Kirli sarı, gevşek tutturulmuş konglomera ve kumtaşından oluşmuştur.
MESOZOYİK	Kretase	Üst	Sentoniyen Konasiyen	Tersakan	Kt		UYUMSUZLUK Sarımsı gri, sıkı tutturulmuş volkanik elemanlı kumtaşı, kalın tabakalı konglomera, blokumsu aglomera, sarımsı krem tuf-tüfit, ince orta tabakalı kireçtaşı ardalanması.
	Kretase	Alt		Doğdu	JKd		Gri beyaz renkli, orta-kalın tabakalı oolitik kireçtaşı ile başlar. Oolitik kireçtaşı, pembemsi renkli mikrit ve biyomikrite geçer. İnce tabakalı çamurtaşı ile gri, mavi, kırmızı ince tabakalı eklemlili marn ve killi kireçtaşı takip eder.
	Jura	Üst		Seyfe	Js		Karbonat çimentolu konglomera ile başlar, konglomera sert, kırılğan, ince taneli kumtaşına geçer. Kumtaşı yeşilimsi, ince tabakalı çamurtaşı ile gri, mavi, kırmızı ince tabakalı eklemlili marn ve killi kireçtaşı takip eder.
	Triyas			Turhal Grubu	PTtg		Kalksist, kloritli gıst rekristalize kireçtaşı, amfibolit, metatorul, ve metavolkanitlerden oluşan birim, düzenli bir istiften çok karışık birim özelliği gösterir.
PALEOZOYİK	Permiyen						

Şekil 5.1 Tez çalışma alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [4].



Şekil 5.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (MTA'dan değiştirilerek alınmıştır) [4].

5.1.1 Turhal Grubu (PTtg)

Turhal Grubu, Blumenthal [7] tarafından metamorfik kayalar olarak tanımlanmışken, sonraki yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda bu birimler, “kristalin şist” olarak adlandırılmıştır ([9], [85], [86], [87]). Özcan vd. [13] tarafından, söz konusu birim, Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları taşıyan yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kaya toplulukları olarak tanımlanmıştır. Rekrystalize kireçtaşı-mermer olarak adlandırılan birim ise, çoğunlukla merceksi ve blok görünümlü, ara tabaka şeklinde yüzeylenen, sert, rekrystalize kısmen silisifiye bir doku sunmaktadır [13]. Akdağ Formasyonu, genel olarak kireçtaşlarından oluşmakta, blok görünümlü, bol kalsit damarlıdır. Amfibolitler, bölgede hemen hemen her yerde izlenmekte ve yeşil-kahve renkli ve yapraklanmalı bir yapı sunmaktadır [87]. Metavolkanitler ise, gri sarımsı renkte, belirgin lineasyonlu, breş ve lav içeriklidir [87].

5.1.2 Seyfe Formasyonu (Js)

Bu oluşumlar, Öztürk [87] tarafından tanımlanarak, Seyfe köyünün batısında en iyi gözlenmekte olup, Permiyen yaşlı kireçtaşı ile çimentolu konglomera ile başlamaktadır. Söz konusu birim, Üst Jura–Alt Kretase yaşlı olup, üstte dereceli bir şekilde Doğu Formasyonu’na ile geçişli hale gelmektedir [87].

DSİ 7. Bölge Müdürlüğü tarafından, planlama aşamasında baraj aks yerinde yapılan temel sondajlarda Seyfe Formasyonu’na ait tuf ara katkılı filiş birimi kesilmiştir [4], (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Baraj aks yeri sağ sahildeki tuf arakatlı filiş biriminden bir görünüm.

5.1.3 Doğdu Formasyonu (Jkd)

Blumenthal [7] tarafından Pontit Zonu Alt ve Orta Kretase kalkerleri, Erentöz [88] ve Göksu [89] tarafından Üst Kretase kalkerleri, Öztürk [87] tarafından Doğdu Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Söz konusu birim, gri-beyaz renkli, tabakalı kireçtaşları ile temsil edilir. Üst kesimlere doğru, çört, biyomikrit geçişli özelliği gösteren birim, ince tabakalı marn ve kıltaşı ara seviyeleri içermektedir. Yer yer kumlu killi seviyelerin de gözlendiği Doğdu Formasyonu'nda, ani bir transgresyon varlığına işaret eden bulgular da vardır [87]. Tabakalı bir yapıya sahip kireçtaşları, 5-30 cm. arasında kalınlık değişimleri gösterirler. Doğdu Formasyonunun farklı seviyelerinde, kireçtaşları ile geçişli olarak, killi çimentolu kumtaşları da bulunmaktadır. Aks yerinde yapılan çalışmalarda, sol sahilde Doğdu Formasyonu'na ait olan ve yukarıda değinilen kireçtaşı birimlerinden bir görünüm Şekil 5.4'te sunulmaktadır.



Şekil 5.4 Baraj aks yeri sol sahildeki kireçtaşı biriminden bir görünüm.

5.1.4 Tersakan Formasyonu (Kt)

Öztürk [87] tarafından adlandırılan birim, sarı-gri renkli, ve sert yapıdadır. İçerisinde yer yer kalın tabakalı konglomera, aglomera, tuf ardalanmaları da bulunmaktadır. Deniz altı volkanizmasının da etkilediği bir ortamda oluşmuş Tersakan Formasyonu, Maastrichtyen yaşlıdır [87].

5.1.5 Çerkes Formasyonu (Tç)

Karasal ortamda çökelmiş olan birim, Öztürk [87] tarafından tanımlanmıştır. Destek Çayı ile Yeşilirmak arasında yüzeylemler veren Çerkes Formasyonu, sarı renkte, konglomera ve kumtaşından oluşmaktadır. Yer yer killi ve kireçli ara seviyelere sahip Çerkes Formasyonu, Pliyosen yaşlıdır.

5.1.6 Yamaç Molozu (Qym)

Baraj aks yeri sağ sahilde açılan SK-5 no.lu kuyuda 9.60 metre kalınlığında çevre kayaç parçaları içeren yamaç molozu kesilmiştir. Sol sahilde tünel çıkışında yapılan TSK-2 no.lu kuyuda 6.00 metre yamaç molozu kesilmiştir [4].

5.1.7 Alüvyon (Qal)

Baraj aks yeri sol sahil yamaç dibinde açılan SK-3 no.lu kuyuda 8.00 metre, talvegde açılan SK-4 no.lu kuyuda 24.00 metre, memba batardosunda açılan BSK-2 no.lu kuyuda 25.00 metre iri bloklu, killi, kumlu, çakıllı alüvyon birimi kesilmiştir. Birim 20-150 cm çapında değişen iri bloklarla başlayıp, tane boyu derinlere doğru azalmaktadır [4].

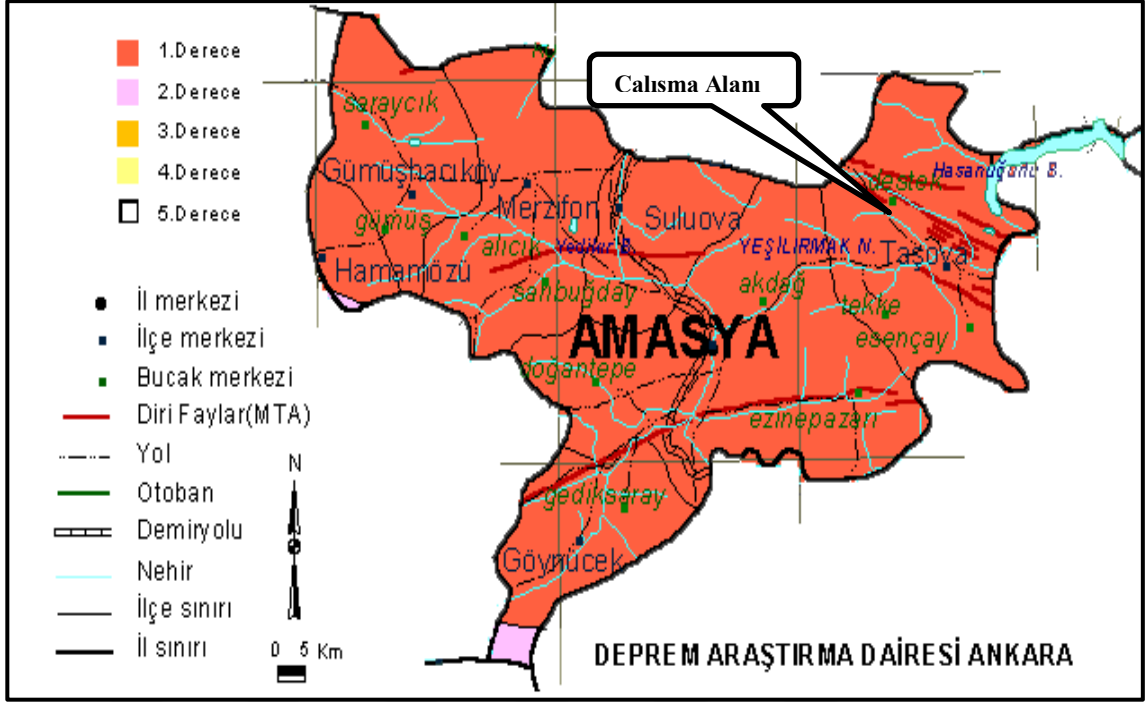


Şekil 5.5 Baraj yapılacak Musullu deresi ve alüvyon malzemenin görünümü.

5.2 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Yapısal Jeolojisi

Çalışma alanını içeren Amasya ili ve çevresi, son derece karmaşık jeolojik yapı özelliği sergilemektedir. Amasya ili ve civarı, Sakarya Kıtası olarak adlandırılan eski bir kıta içindeki Tokat Masifi'nde yer almaktadır [90]. Bölge, Pontidler olarak adlandırılan kuşakta bulunmakta, Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan, güncel zayıf çoğunlukla faylarla kesilmiş Kuvaterner yaşlı birimlere kadar uzanan kaya topluluklarına sahiptir[90].

Çalışma alanı, 1996 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı) tarafından hazırlanan “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına” göre, 1.derece deprem bölgesinde bulunmaktadır [91], (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Çalışma alanının “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki” yeri [56].

Mart 2015’de hazırlanan ve DSİ Genel Müdürlüğü tarafından onaylanan “**Amasya Taşova Kozluca Barajı Sismik Tehlike Analizi Raporu**”na [92] göre;

- İşletmeye Esas Deprem (OBE) için 100 yıl ekonomik ömür içerisinde %50 aşılma olasılığı ile tekrar süresi 144 yıl için deprem ivmesi **0.16 g** olarak hesaplanmıştır.
- Oluşabilecek En Şiddetli Deprem (MCE) için 50 yıl ekonomik ömür içerisinde %2 aşılma olasılığı ile tekrar süresi 2475 yıl için deprem ivmesi **0.47 g** bulunmuştur.
- Maksimum Dizayn Depremi (MDE) için 50 yıl ekonomik ömür içerisinde %10 aşılma olasılığı ile tekrar süresi 475 yıl için deprem ivmesi **0.27 g** bulunmuştur.

KAFZ, dünyada bilinen en aktif sismik fay kuşaklarından birisidir. KAFZ, doğuda Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova üçlü birleşim noktasından başlar, orta kesimi civarında dışa bükey bir yay yaparak Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna kadar devam eder [90].

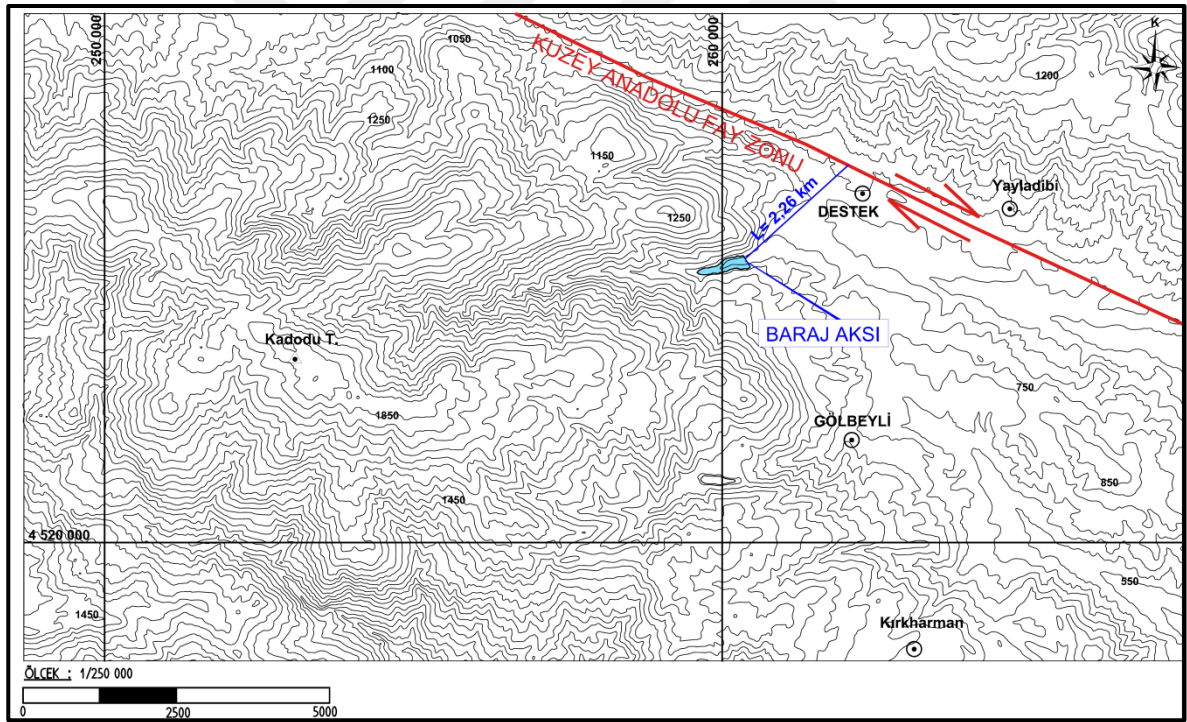
Mudurnu Vadisi segmentinin batısında iki ana kola ayrılarak, kuzeydeki kol Sapanca, oradan Armutlu yarımadasının kuzey kenarını izleyerek Marmara Denizi içerisinde Saros Körfezine doğru uzanır. Güneyde yer alan kol ise Geyve-Mekece-İznik boyunca uzanarak oradan da Bandırma ve daha sonra Biga yarımadasını izleyerek Ege denizine doğru devam eder [90].

Kuzey Anadolu fayının toplam uzunluğu yaklaşık 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km ile 85 km arasında değişmektedir. KAF'ın Taşova ve Havza arasında yer alan yaklaşık 72 km uzunlukta ve K70B genel gidişli parçası, Taşova-Havza arası bölümü adı altında adlandırılmıştır [90].

Erbaa güneyinde Tekke Köyü'ne kadar devam eden KAF, kuzeye 13 km'lik bir sıçrama yaparak Taşova KB'sında yeniden görünür. Yer yer 7 km genişlikte bir zon halini alan fay, özellikle Taşova-Ladik arasında çok belirgindir [90].

Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayına yaklaşık 2.2 km uzaklıkta bulunmaktadır [90], (Şekil 5.7).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde (100 km yarıçapta) 1900-2017 tarihleri arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4'ten büyük deprem verileri Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.7 Çalışma alanının Kuzey Anadolu Fay Hattı'na uzaklığı [93].

Çizelge 5.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinde (100 km yarıçapta) 1900-2017 arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4'ten büyük deprem verileri [94].

No	Oluş tarihi	Oluş zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	xM	MD	ML	Mw	Ms	Mb	Yer
1	9.10.2015	14:39:15.58	40.6823	36.6918	13.7	5.1	0	5.1	4.8	0	0	Yoldere-Erbaa (Tokat) [2.02 Km]
2	7.03.2013	21:50:58.70	40.8482	36.2528	10	4.2	0	4.2	4	0	0	Sepetli-Taşova (Amasya) [Kuzeybatı 2.0 Km]
3	29.08.2005	22:33:48.31	40.5248	36.8268	5	4.2	4.2	4.2	0	0	0	Mercimekdüzü-Niksar (Tokat) [Kuzeybatı 0.2]
4	3.02.2004	11:50:19.40	40.6500	36.5200	1	4	4	0	0	0	0	Kocak-Erbaa (Tokat) [Kuzeydoğu 1.6 Km]
5	27.09.2003	19:34:21.70	40.5400	35.8100	2	4.2	4	4.2	0	0	4.2	Dadı- (Amasya) [Güneydoğu 2.6 Km]
6	4.02.2002	13:06:31.20	40.2300	35.7500	14	4.1	4.1	0	0	0	4.1	Üçköy-Zile (Tokat) [Batı 0.9 Km]
7	3.05.2001	06:10:21.50	40.5700	36.7100	3	4.1	4.1	0	0	0	0	Sorkun-Niksar (Tokat) [Güney 2.1 Km]
8	7.04.2001	04:09:35.00	40.0600	35.7200	6	4.2	4.2	0	0	0	0	Yavuşhan-Kadışehri (Yozgat) [Kuzeybatı 3.0]
9	5.04.1999	07:57:35.80	40.7400	35.2700	0	4	4	0	0	0	0	Kucukcay- Merzifon (Amasya) [Kuzeybatı 1.0]
10	15.03.1999	07:27:25.00	40.7600	35.2900	0	4	4	0	0	0	0	Elmayolu- Merzifon (Amasya) [Güneybatı 2.1]
11	3.03.1997	16:00:14.20	40.5300	36.3700	0	5	5	0	0	0	0	Cerkezfindıcak-Erbaa (Tokat) [Güneybatı 3.4]
12	28.02.1997	00:03:52.30	40.6800	35.3000	5	4.7	4.7	0	0	0	0	Pınarbaşı-Mecitozu (Çorum) [Kuzeybatı 1.1]
13	7.12.1996	23:13:45.60	40.6700	35.2200	5	4	4	0	0	0	0	Ayvalı- (Çorum) [Kuzeybatı 0.8 Km]
14	22.11.1996	11:59:50.50	40.6800	35.2400	0	4.1	4.1	0	0	0	0	Karahisar- (Çorum) [Güneybatı 0.9 Km]
15	25.09.1996	01:52:46.60	40.7100	35.2800	2	4.2	4.2	0	0	0	0	Buyukcay- Merzifon (Amasya) [Güneybatı 1.0]
16	12.09.1996	16:37:52.60	41.6700	36.0500	15	4	4	0	0	0	0	Doganca-Bafra (Samsun) [Kuzeydoğu 5.6 Km]
17	11.09.1996	14:33:43.30	40.7800	35.3000	0	4	4	0	0	0	0	Elmayolu- Merzifon (Amasya) [Kuzeybatı 1.9]
18	9.09.1996	06:05:14.50	40.8400	35.3300	5	4.2	4.2	0	0	0	0	Doluca-Gumushacıkoy (Amasya) [Kuzeydoğu 0.8]
19	25.08.1996	13:58:40.30	40.7200	35.2800	5	4.1	4.1	0	0	0	0	Buyukcay- Merzifon (Amasya) [Kuzeybatı 0.5]
20	25.08.1996	03:54:42.50	40.9300	35.3300	5	4	4	0	0	0	0	Kızıroğlu-Gumushacıkoy (Amasya) [Kuzeydoğu 4.6]
21	21.08.1996	02:17:55.20	40.7500	35.3100	4	4.1	4.1	0	0	0	0	Demirpınar- Merzifon (Amasya) [Kuzeybatı 1.0]
22	20.08.1996	23:25:31.40	40.7300	35.2300	5	4.1	4.1	0	0	0	0	Akpınar-Gumushacıkoy (Amasya) [Kuzeydoğu 2.1]
23	20.08.1996	03:32:14.40	40.6800	35.3400	2	4.1	4.1	0	0	0	0	Balgoze- Merzifon (Amasya) [Güneydoğu 0.2]
24	19.08.1996	04:47:13.10	40.6600	35.3300	8	4	4	0	0	0	0	Gokcebel-Mecitozu (Çorum) [Güneydoğu 1.0]
25	14.08.1996	12:41:53.80	40.6900	35.2700	5	4.1	4.1	0	0	0	0	Karahisar- (Çorum) [Doğu 2.3 Km]
26	14.08.1996	12:04:08.80	40.8700	35.3500	29	4.3	4.3	0	0	0	0	Akoren- Merzifon (Amasya) [Güneybatı 2.1]
27	14.08.1996	11:24:56.10	40.7100	35.2800	0	4	4	0	0	0	0	Buyukcay- Merzifon (Amasya) [Güneybatı 1.0]
28	14.08.1996	10:32:56.50	40.7400	35.3100	3	4	4	0	0	0	0	Demirpınar- Merzifon (Amasya) [Güneybatı 0.5]
29	14.08.1996	02:59:40.50	40.7900	35.2300	16	5.4	5.4	0	0	0	0	Eymir-Merzifon (Amasya) [Güneybatı 0.9 Km]
30	14.08.1996	02:25:56.40	40.7800	35.2700	1	4.1	4.1	0	0	0	0	Koç-Merzifon (Amasya) [Güney 2.2 Km]
31	14.08.1996	01:55:02.70	40.7400	35.2900	17	5.6	5.6	0	0	0	0	Küçükçay-Merzifon (Amasya) [Kuzeydoğu 1.3]

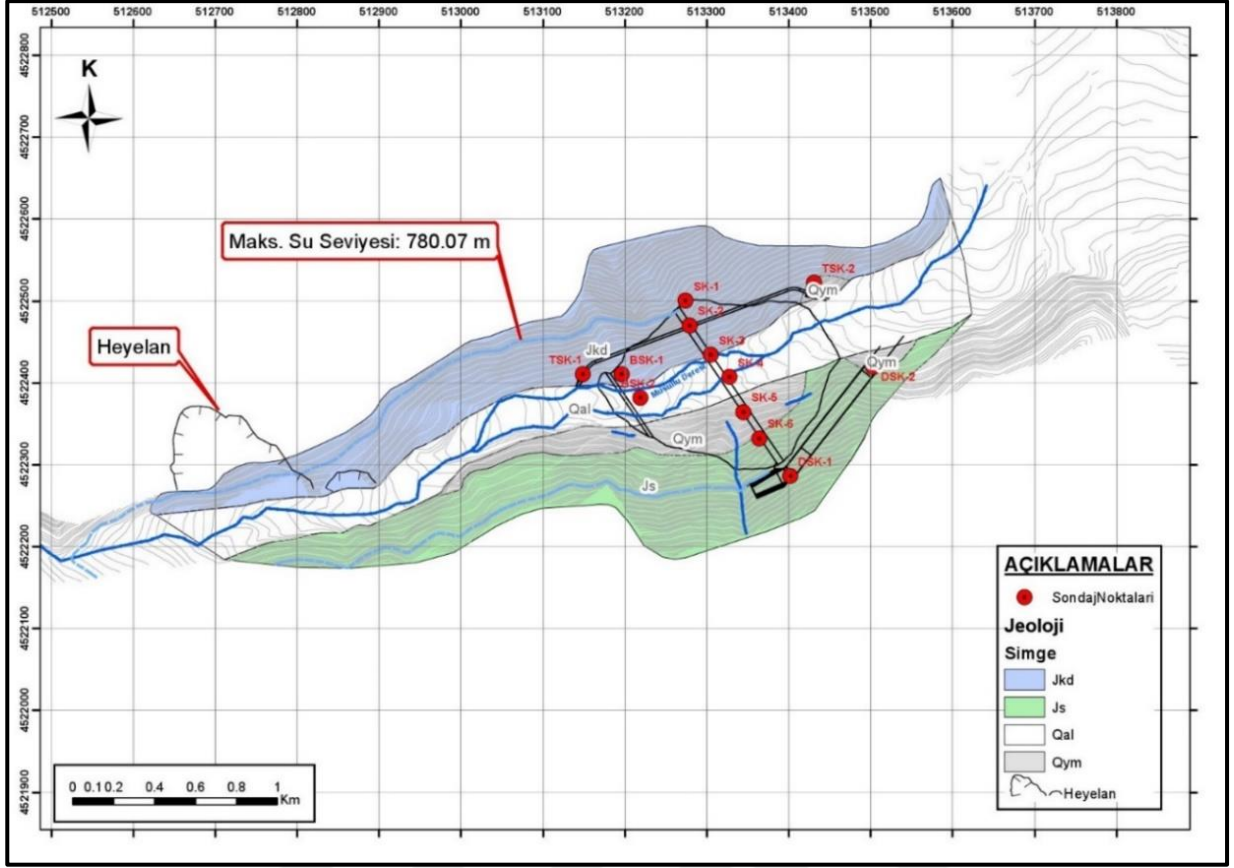
No	Oluş tarihi	Oluş zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	xM	MD	ML	Mw	Ms	Mb	Yer
32	29.07.1996	22:04:26.60	40.8500	36.2400	5	4	4	0	0	0	0	Sepetli-Taşova (Amasya) [Kuzeybatı 2.7 Km]
33	17.03.1996	14:12:55.20	40.7100	35.3800	7	4.4	4.4	0	0	0	0	Çaybaşı-Merzifon (Amasya) [Güneybatı 0.3 Km]
34	12.06.1993	08:58:26.30	40.6200	35.7900	10	4.6	0	0	0	0	4.6	Ipekkoy- (Amasya) [Kuzeybatı 3.0 Km]
35	3.06.1993	07:46:47.40	40.8900	35.9600	10	4.3	4.1	0	0	0	4.3	Cakırgumus-Ladık (Samsun) [Güneydoğu 0.9 Km]
36	12.05.1992	23:38:48.20	40.8400	35.9300	10	4.5	0	0	0	0	4.5	Seyfe-Suluova (Amasya) [Doğu 3.4 Km]
37	12.02.1992	15:59:48.20	40.5500	35.8600	11	4.9	0	0	0	4.7	4.9	Sevincer- (Amasya) [Güneydoğu 1.4 Km]
38	12.02.1992	15:55:11.00	40.5800	35.8000	10	4.5	0	0	0	0	4.5	Kapıkaya- (Amasya) [Güneydoğu 0.7 Km]
39	10.06.1985	12:02:26.80	40.5600	35.8100	10	4.4	0	0	0	0	4.4	Ilyas- (Amasya) [Güneybatı 1.3 Km]
40	10.06.1985	11:41:54.50	40.6000	35.8000	10	4.8	0	0	0	0	4.8	Ipekkoy- (Amasya) [Kuzeybatı0.7 Km]
41	6.04.1984	22:13:30.00	40.5200	36.6300	13	4.1	0	0	0	0	4.1	Sehtler- (Tokat) [Güneydoğu 3.1 Km]
42	7.12.1981	21:17:04.30	40.6600	36.0000	10	4.5	0	0	0	0	4.5	Direkli- (Amasya) [Güney 1.3 Km]
43	15.07.1975	21:59:27.00	40.9300	36.0800	18	4.7	0	0	0	0	4.7	Hızarbaşı-Ladık (Samsun) [Güneydoğu 1.2 Km]
44	17.04.1971	16:37:39.30	41.2400	37.0800	33	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8	Sıvashlar-Terme (Samsun) [Kuzeydoğu 6.2 Km]
45	17.10.1970	01:50:23.50	40.6100	35.7900	33	4.3	4.1	4.1	4.3	3.9	4.2	Ipekkoy- (Amasya) [Kuzeybatı2.1 Km]
46	10.07.1970	13:29:59.70	40.9900	35.9100	37	4.8	4.6	4.6	4.8	4.5	4.5	Salur-Ladık (Samsun) [Güneydoğu 0.9 Km]
47	7.08.1969	01:57:37.00	41.6000	36.2000	33	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3	Yorukler-Ondokuzmayıs (Samsun) [Kuzeydoğu Km]
48	1.04.1962	01:39:21.70	40.8000	36.1000	10	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8	Durucasu-Tasova (Amasya) [Kuzeybatı 5.2 Km]
49	26.07.1960	12:36:23.40	40.5600	37.2500	40	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7	Hatıplı-Bascıftlık (Tokat) [Kuzeydoğu 2.7 Km]
50	19.08.1954	21:03:29.20	41.2100	36.4100	30	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9	Antyeri-Tekkekoy (Samsun) [Kuzeybatı2.9 Km]
51	7.12.1943	01:19:01.00	41.0000	35.6000	5	5.6	5.6	0	0	0	0	Seyhafi-Havza (Samsun) [Batı 1.0 Km]
52	20.12.1942	14:03:07.80	40.8700	36.4700	10	7	6.5	6.5	6.7	7	6.4	Erdemli-Erbaa (Tokat) [Kuzeybatı2.8 Km]
53	28.12.1939	03:25:28.30	40.4700	37.0000	40	5.8	5.5	5.5	5.8	5.7	5.5	Kokluce-Nıksar (Tokat) [Güneydoğu 1.8 Km]
54	28.12.1939	02:23:29.60	41.0500	37.0100	10	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6	Senbolluk-Ikızce (Ordu) [Kuzeydoğu 2.0 Km]
55	27.12.1939	22:34:13.30	40.8300	36.8000	10	5.2	4.9	4.9	5.2	4.9	4.9	Seferli-Akkus (Ordu) [Kuzeybatı2.4 Km]
56	27.12.1939	20:00:49.00	40.8000	36.8000	30	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6	Kurtulus-Erbaa (Tokat) [Doğu 2.6 Km]
57	25.02.1934	16:26:29.20	40.3100	36.5600	40	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6	Tokat [Kuzeydoğu 0.7 Km]
58	21.08.1929	01:24:14.00	41.0000	37.0000	5	4.4	4.4	0	0	0	0	Kaynartas-Ikızce (Ordu) [Güneybatı 1.7 Km]
59	29.04.1923	09:34:40.50	40.0700	36.4300	10	5.9	5.7	5.6	5.9	5.9	5.6	Bedirkale- (Tokat) [Kuzeybatı1.5 Km]
60	29.08.1918	06:39:40.60	40.5800	35.1600	10	5.5	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2	Elvancelebi-Mecitozu (Çorum) [Kuzeybatı 1.4 Km]
61	24.01.1916	06:55:15.80	40.2700	36.8300	10	7.1	6.6	6.6	6.7	7.1	6.5	Tekneçik-Almus (Tokat) [Güneybatı 0.6 Km]
62	21.06.1908	03:55:00.00	40.6000	35.9000	30	5.4	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1	Sazkoy- (Amasya) [Güneydoğu 1.7 Km]

6. ÇALIŞMA ALANINDAKİ HEYELANIN İNCELENMESİ

İncelemeye konu olan heyelan kütlesi, Kozluca Barajı'nın göl alanında sol sahilde bulunmaktadır. Göl alanında bulunan heyelan kütesinin harekete geçmesi durumunda, baraj aşmasına neden olup olmayacağı ile ilgili çalışmalar tez kapsamında sunulmuştur. Bu çalışmalar kapsamında, göl alanında bulunan heyelan kütlesi boyutlandırılarak, hareket sonucunda ortaya çıkacak olan su dalgalarının dinamik özellikleri belirlenmiştir.

Göl alanında bulunan mevcut heyelan kütesinin yanı sıra, mevcut heyelanı da içine alan daha büyük bir heyelan kütesinin kayma olasılığı da senaryolaştırılarak, elde edilen veriler ile baraj aşmasına yönelik yorumlar yapılmıştır. Farklı yıllara ait hava fotoğrafları, güncel Google Earth görüntüleri ve arazi gözlemleri birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu alanın eski bir heyelan kütlesi (paleoheyelan) özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Tez çalışmasına konu olan heyelan, Kozluca Barajı'nın göl alanı içinde kalmaktadır (Şekil 6.1). 1978 tarihli bölgenin 1/25000 ölçekli topoğrafik haritasında da bulunan heyelandan bir görünüm Şekil 6.2'de sunulmuştur. Ayrıca, heyelan kütesinin izlenildiği litolojik birim kireçtaşı olarak tanımlanmış olup, birim yer yer masif olmak üzere çoğunlukla bozunmuş, kırıklı-çatlaklı, çatlakları kil dolgulu süreksizlikler içermektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası [4].



Şekil 6.2 Kozluca Barajı göl alanı sol sahildeki heyelanın görünümü.

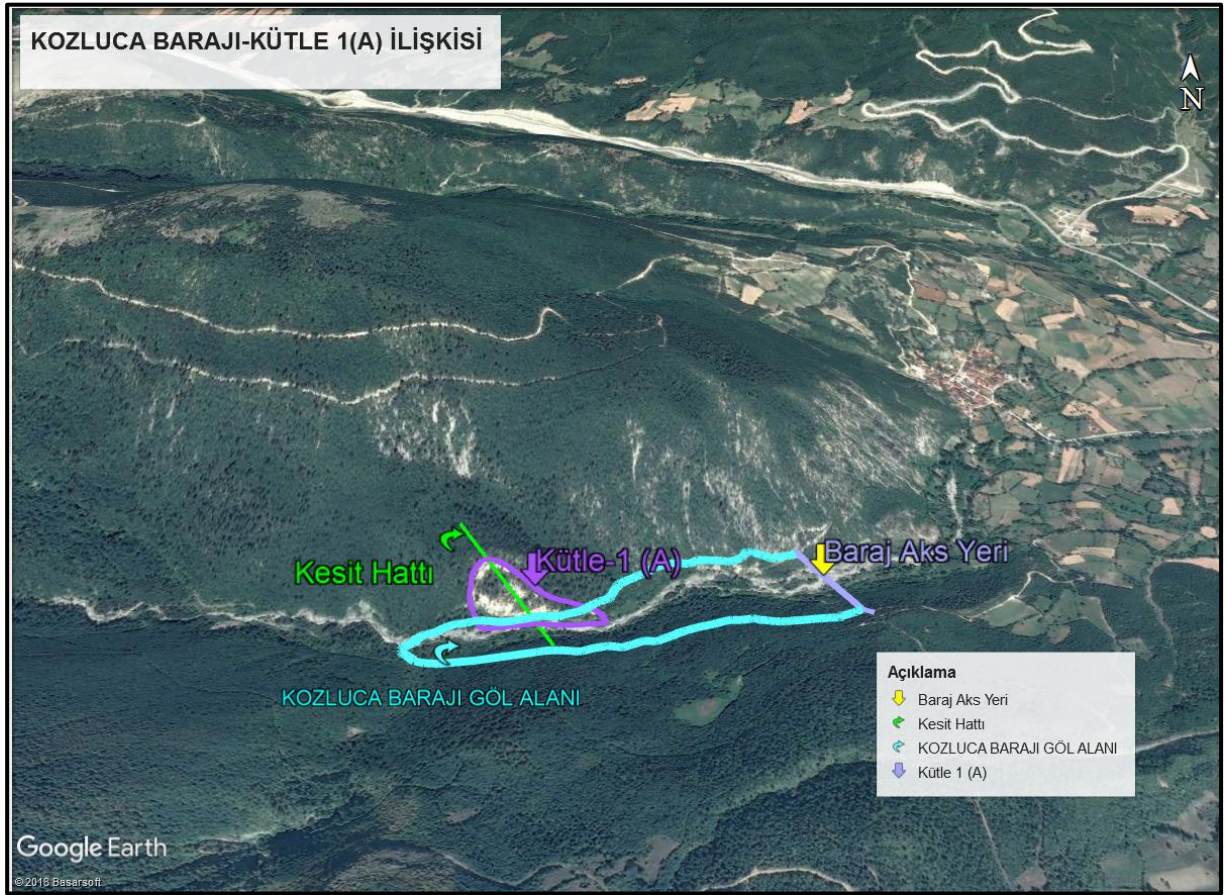


Şekil 6.3 Baraj aks yeri sol sahildeki kireçtaşı biriminden bir görünüm.

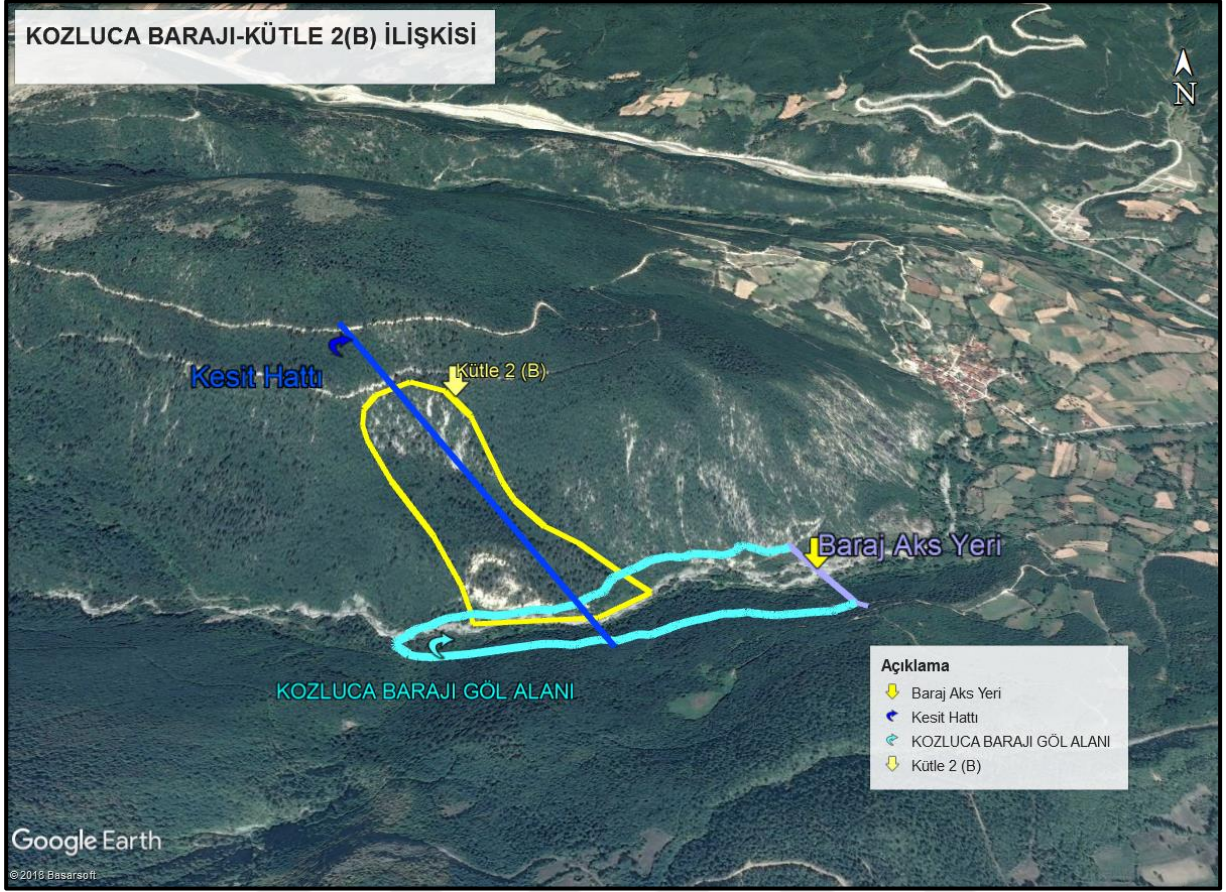
Kütlesel yenilme olarak kabul edilen, Kütle 1 (A) (Şekil 6.4) ve Kütle 2 (B) (Şekil 6.5) olarak adlandırılan iki farklı heyelan kütlesi boyutlandırılarak, Slide 7.0 programı ile analizler yapılmıştır. Analizlerde, Sismik Tehlike Analizi Raporu'nda [92] belirlenen deprem ivmeleri azaltma yapılmadan doğrudan kullanılmıştır. Buradaki temel gerekçe, deprem nedeniyle oluşabilecek olası ivme değerlerinin, sözü geçen Sismik Tehlike Analizi Raporu'nda [92], tez çalışması kapsamında dikkate alınan tüm senaryoları içermesinden kaynaklanmaktadır. Deprem ivme değerleri ve örselenme faktörü (D) parametreleri değiştirilerek, iki kütle için toplam altı farklı senaryo üretilmiştir. Saha çalışmalarında, heyelan kütlesi ve morfolojik yapı incelendiğinde, kaymanın dairesel kayma ve/veya dairesel başlayıp, topuğa yakın kesimde düzlemsel olarak devam edebileceği durumu gözlemlenmiş, bu nedenle Bishop ve Janbu analiz yöntemlerine göre toplam 24 adet analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları EK-1'de, analiz sonuçlarına ait özet bilgiler ise Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de verilmiştir. Senaryolaştırılan Kütle 1(A) ve Kütle 2 (B) için yapılan analizler sonucunda, en büyük alana sahip iki kritik durum göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır.

Boyutlandırma ve analizlerden elde edilen veriler, görgül yöntemler ile değerlendirilerek; heyelanın hızı, dalga yüksekliği, dalga hızı, dalga tırmanması, dalganın baraj gövdesine ulaşma süresi gibi dinamik özellikler belirlenmiştir.

Şev duraylılığı analizlerinde kullanılan girdi parametreleri olarak, tek eksenli sıkışma dayanımı ve birim hacim ağırlık değerleri, sahadan alınan 10 adet blok üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen ortalama tek eksenli sıkışma dayanımı için 63.5 MPa ve birim hacim ağırlık değeri ise 25.49 kN/m³ olarak belirlenmiştir. Saha çalışmalarında gözlemlere dayalı olarak GSI değeri 30 olarak kabul edilmiş ve mi değeri ilgili yazılımda önerildiği şekilde, kireçtaşı için verilen 9±2 aralığının alt limiti olan 7 olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 6.4 Kütle 1 (A)'in göl alanına göre konumu.



Şekil 6.5 Kütle 1 (B)'in göl alanına göre konumu.

Çizelge 6.1 Kütle 1 (A) üzerinde kullanılan değişkenler ile elde edilen güvenlik katsayıları.

SENARYO	a (g) (deprem ivmesi)	D (örselenme faktörü)	GSI (Jeolojik dayanım indeksi)	mi (Hoek Brown kaya sabiti)	F (Bishop)	F (Janbu)
S1	0.16	0.7	30	7	1.524	1.383
S2	0.27				1.278	1.150
S3	0.47				0.961	0.861
S4	0.16	1.00			1.004	0.905 (*)
S5	0.27				0.844	0.754
S6	0.47				0.640	0.565

* Şev duraylılık analizlerinde en büyük alana sahip kayma dairesinin olduğu senaryo.

Çizelge 6.2 Kütle 2 (B) üzerinde kullanılan değişkenler ile elde edilen güvenlik katsayıları.

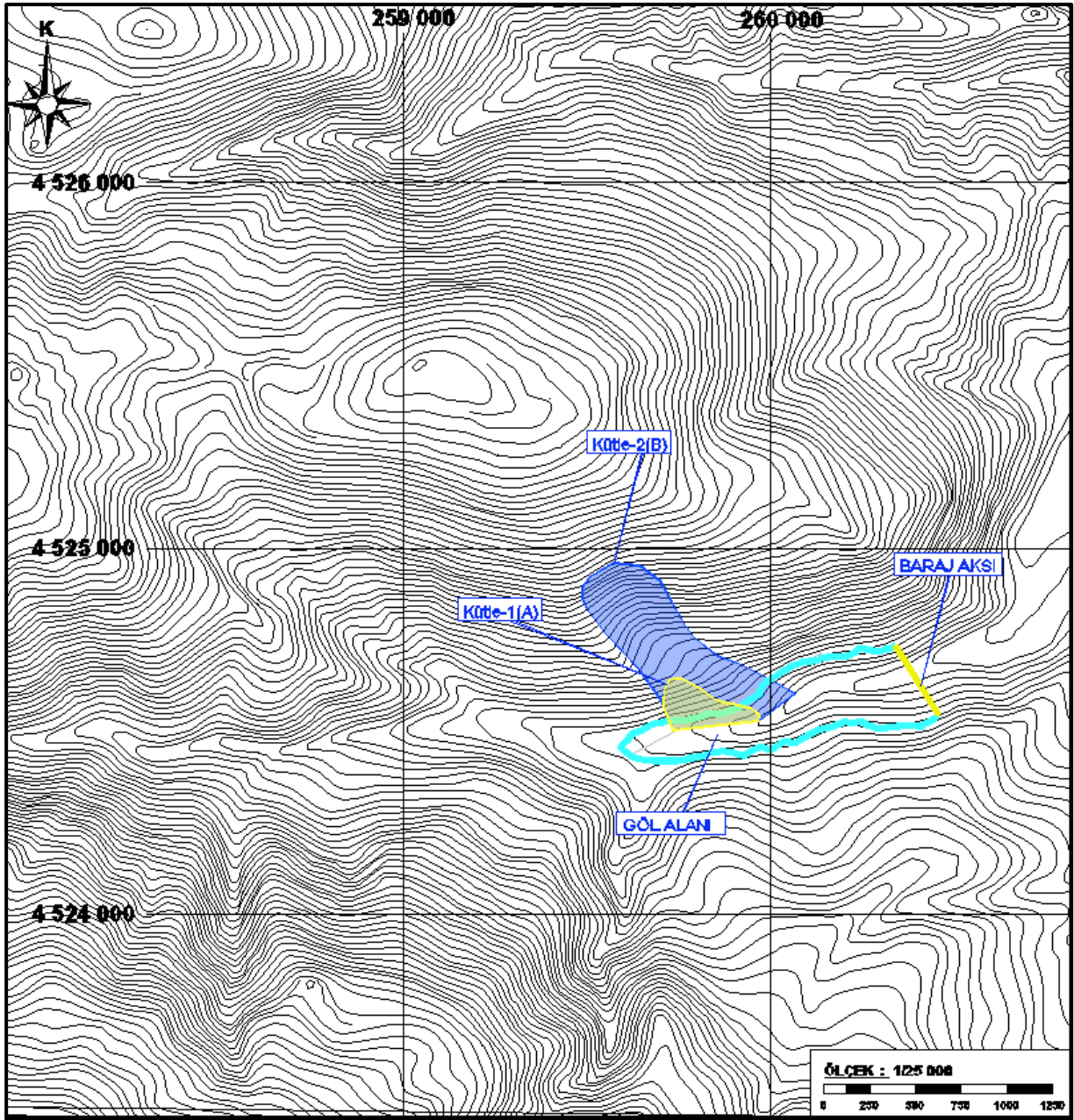
SENARYO	a (g) (deprem ivmesi)	D (örselenme faktörü)	GSI (Jeolojik dayanım indeksi)	mi (Hoek Brown kaya sabiti)	F (Bishop)	F (Janbu)
S1	0.16	0.7	30	7	0.124	1.001
S2	0.27				0.951	0.842
S3	0.47				0.726	0.636
S4	0.16	1			0.727	0.635 (*)
S5	0.27				0.620	0.528
S6	0.47				0.471	0.399

* Şev duraylılık analizlerinde en büyük alana sahip kayma dairesinin olduğu senaryo.

6.1 Görgül Yöntemlerle Baraj Aşmasının Değerlendirilmesi

Heyelanın neden olduğu dalgaların tehlike potansiyelini değerlendirmek amacıyla; görgül yöntemlerle; dalga ivmesi, dalga uzunluğu, dalga yüksekliği, dalga tırmanması parametreleri hesaplanmıştır.

Görgül yöntemlerde kullanılacak değerler Çizelge 6.3'de verilmiştir. İncelenen heyelan kütlelerinin göl alanına göre konumu ise Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6 Göl alanında kalan heyelanın kütlelerinin konumu.

Çalışma alanına ait temel sondaj çalışmaları, inklinometre deneyleri ve jeodezik ölçümler mevcut olmadığı için 3. boyuttaki parametreler harita ve kesitlerden elde edilmiştir.

Görgül yöntemler ile hesaplamalar yapılırken, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritadan alınan boy kesitler (şev duraylılık analizlerinde kullanılmıştır), en kesitler (maksimum heyelan genişliği, ortalama heyelan genişliği, ortalama heyelan kalınlığı) ve şev duraylılık analizinde elde edilen kayma dairesinde elde edilen veriler (alan, şev alt kotu, şev üst kotu, heyelanın uzunluğu,

heyelanın yer değiştirme uzunluğu, heyelanın alanı) ile laboratuvar deneyleri (tek eksenli sıkışma dayanımı, birim hacim ağırlık) sonucunda elde edilen parametreler kullanılmıştır.

Çizelge 6.3 Kütlev-1 (A) ve Kütlev-2 (B)'deki elde edilen parametrelere göre görgül yöntemlerde kullanılan değerler.

PARAMETRE	Kütlev-1 (A) Değerler	Kütlev-2 (B) Değerler
şev üst kotu	869.30 m	1114.55 m
şev alt kotu	770.00 m	761.38 m
Heyelan uzunluğu	216.18 m	770.13 m
Ortalama heyelan genişliği	141.35 m	210.70 m
Maksimum heyelan genişliği	231.36 m	279.42 m
Ortalama heyelan kalınlığı	12.12 m	11.39 m
Heyelanın yer değiştirme uzunluğu	195.09 m	693.89 m
Heyelan malzemesinin yoğunluğu	25.49 kN/m ³	25.49 kN/m ³
Heyelanın içsel sürtünme açısı	22°	22°
Heyelanın maksimum eğim açısı (Rezervuara doğru)	27°	27°
Karşı yamaçtaki ortalama eğim açısı	23°	23°
Heyelanın alanı	7 950 m ²	102 182 m ²
Heyelanın maksimum hacmi	96 354	1 163 852
Rezervuardaki maksimum su derinliği	55.07	55.07

6.1.1 Heyelanın Hacminin Belirlenmesi

Kütlev 1 (A) ve Kütlev 2 (B) senaryolarında kayması olası kütlelerin hacimlerinin hesaplanması, baraj aşması olayının irdelenmesine ışık tutan en önemli parametrelerden biridir. Üzerinde çalışılan her iki senaryodaki kütlelerin hacimleri, aşağıda verilen Cruden ve Varnes [3] tarafından önerilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Çizelge 6.4).

Ayrıca, Çizelge 6.3'te görüleceği üzere, olası heyelan kütlelerinin hacimleri, en kesitler alınarak, alan ve kalınlık çarpımı ile de hesaplanmıştır.

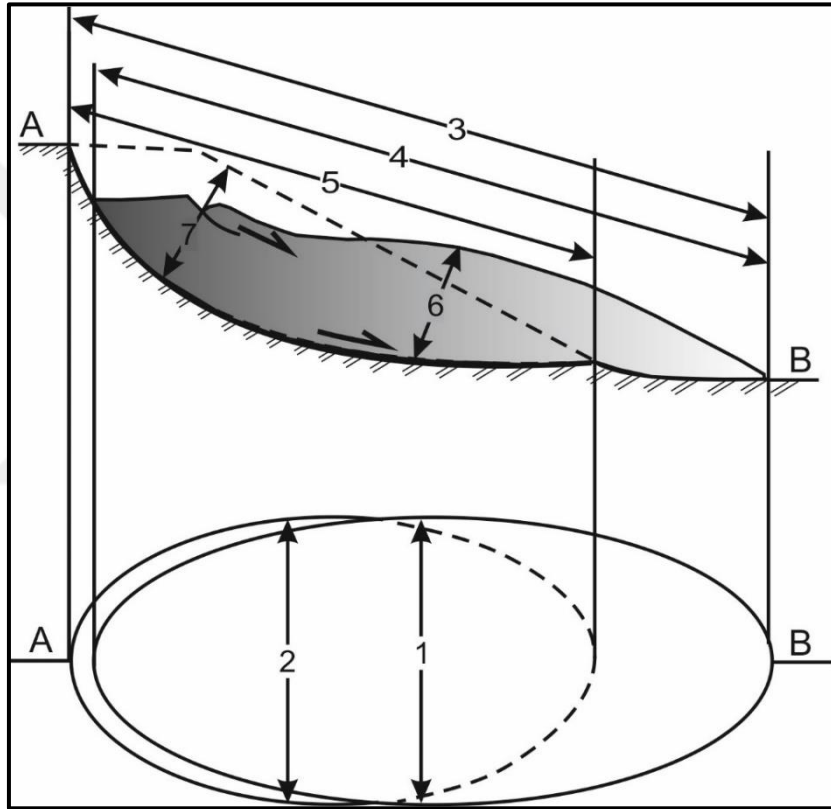
$$VOL_{ls} = \left(\frac{1}{6}\right) * \pi * D_r * W_r * L_r \quad (6.1)$$

Burada,

D_r : Kayma yüzeyinin derinliği (m)

W_r : Kayma yüzeyinin genişliği (m)

L_r : Kayma yüzeyinin uzunluğu (m)



Şekil 6.7 Bir heyelanın hacim hesaplanmasında kullanılan parametreler (IAEG Commission on Landslides (1990), [87]).

1: Kayan malzemenin genişliği, W_d , L_d 'na dik olan maksimum genişliktir.

2: Kayma yüzeyinin genişliği, W_r , heyelanın kanatları arasındaki L_r 'na dik olan maksimum genişliktir.

3: Toplam uzunluk, L , heyelanın taç ile uç kısmı arasında kalan en kısa mesafedir.

4: Kayan malzemenin uzunluğu, L_d , heyelanın tepe noktası ile uç noktası arasında kalan en kısa mesafedir.

5: Kayma yüzeyinin uzunluğu, L_r , kayma yüzeyinin topuğu ile taç kısmı arasındaki en kısa mesafedir.

6: Kayan malzemenin derinliği, D_d , W_d ve L_d 'nu kapsayan düzleme dik olarak ölçülen, kayan malzemenin maksimum derinliğidir.

7: Kayma yüzeyinin derinliği, D_r , W_r ve L_r 'nu kapsayan düzleme dik olarak ölçülen, orjinal topoğrafya üzerindeki kayma yüzeyinin maksimum derinliğidir.

Çizelge 6.4 Kütle-1 (A) ve Kütle-2 (B)'deki elde edilen parametrelere göre hesaplanan hacim değerleri.

PARAMETRE	Kütle-1 (A) Değerler	Kütle-2 (B) Değerler
D_r : Kayma yüzeyinin derinliği (m)	12.12	11.39
W_r : Kayma yüzeyinin genişliği (m)	141.35	210.70
L_r : Kayma yüzeyinin uzunluğu (m)	195.09	693.89
Heyelanın hacmi (m^3)	174 997	871 921

6.1.2 Heyelan Hızı

Heyelanın neden olduğu dalgaları modellemede kullanılan en önemli parametrelerinden biri olan heyelan hızıdır ve aşağıda verilen Slingerlands ve Vought [95] tarafından önerilen eşitlik ile hesaplanır (Eşitlik 6.2).

$$v_s = v_0 + [2g s(\sin \beta - \tan \phi_s \cos \beta)]^{1/2} \quad (6.2)$$

Burada,

V_s : a düzleminde kayan heyelanın hızı (m/s)

V_0 : 0 m/sn olduğu varsayılan başlangıç hızı (m/s)

g : yerçekim ivmesi (9.81 m/sn^2)

s : heyelan kütlelerinin başından kenarına kadar olan heyelanın aldığı yol (m)

β : eğim açısı ($^\circ$)

Øs: içsel sürtünme açısı (°)

6.1.3 Dalga Yüksekliği

Rezervuar alanına bakan heyelan hareketlerinde, meydana gelen dalganın bir yüksekliği vardır. Heyelan hareketlerinde oluşan dalga yüksekliği, Noda [96], Slingerland ve Voight [95] ve Huber ve Hager [97] tarafından önerilen 3 farklı eşitlikle hesaplanmaktadır.

Noda [96] tarafından önerilen dalga yüksekliği eşitliğinin hesaplama aşamaları Eşitlik 6.3'de verilmiştir.

$$n = F\lambda \quad (6.3a)$$

Burada;

n: dalga uzunluğu (m)

F: Froude sayısı

$$F = \frac{V}{(gd)^{0.5}} \quad (6.3b)$$

V_s: heyelan kütlelerinin hızı (m/s)

d: rezervuardaki su derinliği (m)

g: yerçekim ivmesi (9.81 m/s²)

λ: heyelan kütlelerinin maksimum kalınlığıdır..

Slingerland ve Voight [95] tarafından önerilen dalga yüksekliği eşitliğinin hesaplama aşamaları Eşitlik 6.4'de verilmiştir.

$$\log(n_{max}/d) = a + b \log(KE) \quad (6.4a)$$

Burada;

a ve b sabit sayılardır (rezervuar geometrisine bağlı değildir).

a: -1.25

b: 0.71

KE boyutsuz kinetik enerji değeridir ($1 < KE < 100$)

$$KE = 0.5(lhw/d^3)(\gamma_s/\gamma)(v_s/gd) \quad (6.4b)$$

Burada;

l : heyelan kütlesinin uzunluğu (m)

h : heyelan kütlesinin genişliği (m)

w : ortalama heyelan kalınlığı (m)

d : rezervuardaki su derinliği (d)

γ_s : heyelan malzemesinin yoğunluğu (gr/cm^3)

γ : suyun yoğunluğu ($1 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

V_s : heyelanın hızı (m/s)

Huber ve Hager [97] tarafından önerilen dalga yüksekliği eşitliği Eşitlik 6.5’de verilmiştir.

$$H = 0.88 \sin \alpha (\gamma_s/\gamma)^{0.25} (V_s/b)^{0.5} (d/x)^{0.25} \quad (6.5)$$

Burada;

V_s : Heyelanın hacmi (m^3)

γ_s : heyelan malzemesinin yoğunluğu (gr/cm^3)

γ : suyun yoğunluğu ($1 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

d : rezervuardaki su derinliği (m)

b : maksimum heyelan genişliği (m)

x : ortalama heyelan genişliği (m)

α : Kayma açısı (derece)

6.1.4 Dalga Hızı

Heyelanın hareketinden kaynaklanan, rezervuar alanında meydana gelen dalgaların hızını hesaplamak için Wiegel [98] ile Huber ve Hager [97] tarafından önerilen eşitliklerle hesaplanmaktadır.

Wiegel [98] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.6'da verilmiştir.

$$c = |g(d + h)|^{0.5} \quad (6.6)$$

Burada;

d: rezervuar alanındaki suyun derinliği (m)

h: ortalama dalga uzunluğu (m)

c: dalga ivmesi (m/sn)

Huber ve Hager [97] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.7'de verilmiştir.

$$C = (g \cdot d)^{0.5} \quad (6.7)$$

Burada;

g: yerçekim ivmesi (9.81 m/s²)

d: rezervuar alanındaki suyun derinliği (m)

6.1.5 Dalga Tırmanması

Heyelan kütlelerinin aniden rezervuara doğru hareket etmesi sonucunda oluşan dalganın heyelanın eğiminin karşı tarafına ulaşması dalga tırmanması olarak adlandırılır [99].

Dalga tırmanma parametresini hesaplamak için; Chow [100], Huber ve Hager [97], Synolakis [101] ile Hall ve Watts [102] tarafından önerilen 4 farklı eşitlik ile hesaplanmaktadır.

Chow [100] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.8'de verilmiştir.

$$h = v_s^2 / 2g \quad (6.8)$$

Burada;

g: yerçekimi ivmesi (m/sn)

V_s: heyelanın hızı (m/sn)

h: dalga tırmanması (m)

Huber ve Hager [97] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.9'da verilmiştir.

$$R/d = 1.25(\pi/2\beta)^{0.2} (H/d)^{1.25} (H/L)^{-0.15} \quad (6.9)$$

Burada;

R: dalga tırmanma yüksekliği (m)

β : Karşı yamaç eğim açısı (°)

H: dalga uzunluğu (m)

L: genellikle su derinliğinden beş kat daha büyük olan dalga boyudur (m)

d: su derinliği (m)

Synolakis [101] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.10'da verilmiştir.

$$R/d = 2.83 (\cot \beta)^{0.5} (H/d)^{1.25} \quad (6.10)$$

Hall ve Watts [102] tarafından önerilen dalga hızı eşitliği Eşitlik 6.11'de verilmiştir

$$R/d = 3.1(H/d)^{1.15} \quad (6.11)$$

Çizelge 6.5 Görgül yöntemler sonucunda elde edilen değerler.

Parametre	Kaynak	Kütle-1 (A) Değerler	Kütle-2 (B) Değerler
Heyelanın hızı (m/sn)	Slingerlands ve Vought (1979)	18.96846	35.77337
Dalga yüksekliği (m)	Noda (1970)	11.20	30.21
	Slingerlands ve Vought (1979)	4.92	37.93
	Huber ve Hager (1997)	27.19	22.39
	Ortalama	14.437	30.179
Dalga hızı (m/sn)	Wiegel (1964)	26.113	28.919
	Huber ve Hager (1997)	23.243	23.243
	Ortalama	24.678	26.081
Dalga tırmanması (m)	Chow (1960)	18.339	65.226
	Huber ve Hager (1997)	23.576	19.042

Parametre	Kaynak	Kütle-1 (A) Değerler	Kütle-2 (B) Değerler
	Synolakis (1987)	99.055	77.708
	Hall ve Watts (1953)	75.835	60.659
	Ortalama	54.201	55.658

Kütle-1 (A) için görgül yöntemler ile elde edilen değerler;

Heyelanın hızı Slingerlands ve Vought (1979)' a göre **18.97 m/sn** olarak bulunmuştur. Dalga yüksekliği Noda (1970)'ya göre **11.20 m**, Slingerlands ve Vought (1979)' a göre **4.92 m**, Huber ve Hager (1997)'a göre **27.19 m** olarak bulunmuştur. Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesapların ortalaması alındığında, ortalama dalga yüksekliği **14.44 m** olarak bulunmuştur.

Dalga hızı Wiegel (1964)'e göre **26.11 m/sn**, Huber ve Hager (1997)'a göre **23.24 m/sn** olarak bulunmuştur. Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesapların ortalaması alındığında, ortalama dalga hızı **24.68 m/sn** olarak bulunmuştur.

Dalga tırmanması Chow (1960)'a göre **18.34 m**, Huber ve Hager (1997)'a göre **23.58 m**, Synolakis (1987)'e göre **99.06 m**, Hall ve Watts (1953)'a göre **75.84 m** olarak bulunmuştur. Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesapların ortalaması alındığında, ortalama dalga tırmanması **54.20 m** olarak bulunmuştur.

Kütle-2 (B) için görgül yöntemler ile elde edilen değerler;

Heyelanın hızı Slingerlands ve Vought (1979)' a göre **35.77 m/sn** olarak bulunmuştur.

Dalga yüksekliği Noda (1970)'ya göre **30.21 m**, Slingerlands ve Vought (1979)' a göre **37.93 m**, Huber ve Hager (1997)'a göre **22.39 m** olarak bulunmuştur. Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesapların ortalaması alındığında, ortalama dalga yüksekliği **30.18 m** olarak bulunmuştur.

Dalga hızı Wiegel (1964)'e göre **28.92 m/sn**, Huber ve Hager (1997)'a göre **23.24 m/sn** olarak bulunmuştur. Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesapların ortalaması alındığında, ortalama dalga hızı **26.08 m/sn** olarak bulunmuştur.

Dalga tırmanması Chow (1960)'a göre **65.23 m**, Huber ve Hager (1997)'a göre **19.04 m**, Synolakis (1987)'e göre **77.71 m**, Hall ve Watts (1953)'a göre **60.66 m** olarak bulunmuştur.

Tüm araştırmacıların yöntemlerinden yapılan hesaplamaların ortalaması alındığında, ortalama dalga tırmanması **54.66 m** olarak bulunmuştur.

Görgöl yöntemlere göre yapılan hesaplamalardan elde edilen verilere göre;

Kütle-1 (A) için heyelan hızı 18.97 m/sn olarak bulunmuştur. Göl alanında yer alan heyelan kütesinin Amasya Taşova Kozluca Baraj aksına olan mesafesi kuş uçuşu 515 m olup, Kütle-1 (A)'nin olası hareketi sonucunda oluşacak olan dalgaların aksa ulaşma zamanı 27.15 sn olarak hesaplanmıştır. Dalganın karşı yamaca tırmanma uzunluğu görgöl yöntemlere göre 54.20 metre olarak bulunmuştur.

Kütle-2 (B) için de heyelan hızı 35.77 m/sn olarak bulunmuştur. Göl alanında yer alan heyelan kütesinin Amasya Taşova Kozluca Baraj aksına olan uzaklığu kuş uçuşu 515 m olup, Kütle 2 (B)'nin olası hareketi sonucunda oluşacak olan dalgaların aksa ulaşma zamanı 14.40 sn olarak hesaplanmıştır. Dalganın karşı yamaca tırmanma uzunluğu görgöl yöntemlere göre 54.66 metre olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemle hesaplanan kütsel hacimler (bkz. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4), birbiri ile uyumlu olarak değerlendirilmiştir. İki farklı kütle için belirlenen hacimleri, Şekil 1.13'te verilen kot-alan-hacim grafiğu ile karşılaştırılmıştır. Kot-alan-hacim grafiğu incelendiğinde, taşkın vb. durumlarda barajın karşılabileceğu hacim $V_{top} - V_{mak} \approx 180\ 000\ m^3$ olarak görölmektedir. Ön görölen bu hacimden daha fazla bir hacmin göl alanına ani olarak girmesi durumunda, baraj aşma olayı ile karşılaşma potansiyeli oldukça yüksektir. Kütle 1(A) ve Kütle 2 (B)'nin olası hareketi sonucunda, göl alanına gelecek malzemelerin hesaplanan hacmine bakıldığında, Kütle 1 (A)'in hareketi sonucunda herhangi bir baraj aşması meydana gelmeyeceğu, buna karşın, Kütle 2 (B)'nin hareketi sonucunda ise baraj aşma potansiyelinin olduğu görölmektedir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı, Amasya Taşova Kozluca Barajı'nın göl alanı sol sahilinde meydana gelen heyelanın aktivite kazanması durumunda, baraj gövdesi üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerin belirlenmesidir. Aynı zamanda, göl alanında meydana gelebilecek kütleli hareketlerin sonucunda kayan malzemenin suda yaratacağı dalga etkisiyle, suyun baraj gövdesi üzerinden aşma potansiyelinin olup olmadığının ortaya konulması amaçlanmıştır.

İncelemeye konu olan heyelan kütlesi, Kozluca Barajı'nın göl alanında sol sahilde bulunmaktadır. Göl alanında bulunan heyelan kütlelerinin harekete geçmesi durumunda, baraj aşmasına neden olup olmayacağı ile ilgili çalışmalar bu tez kapsamında sunulmuştur. Bu çalışmalar kapsamında; göl alanında bulunan heyelan kütlesi boyutlandırılarak, hareketi sonucunda ortaya çıkacak olan su dalgalarının dinamik özellikleri belirlenmiştir.

Göl alanında bulunan mevcut heyelan kütlelerinin yanı sıra, mevcut heyelanı da içine alan daha büyük bir heyelan kütlelerinin kayması olasılığı da senaryolaştırılarak, elde edilen veriler ile baraj aşmasına yönelik yorumlamalar yapılmıştır. Farklı yıllara ait hava fotoğrafları, güncel Google Earth görüntüleri ve arazi gözlemleri birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu alanın eski bir heyelan kütlesi (paleoheyelan) özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Kütleli yenilme olarak kabul edilen, Kütle 1 (A) ve Kütle 2 (B) olarak adlandırılan iki farklı heyelan kütlesi boyutlandırılarak, Slide 7.0 programı ile analizler yapılmıştır. Senaryolaştırılan Kütle 1(A) ve Kütle 2 (B) için yapılan analizler sonucunda, en büyük alana sahip iki kritik durum göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır.

Boyutlandırma ve analizlerden elde edilen veriler, görgül yöntemler ile değerlendirilerek; heyelanın hızı, dalga yüksekliği, dalga hızı, dalga tırmanması, dalganın baraj gövdesine ulaşma süresi gibi dinamik özellikler belirlenmiştir. Heyelanın neden olduğu dalgaların tehlike potansiyelini değerlendirmek amacıyla; görgül yöntemlerle; dalga ivmesi, dalga uzunluğu, dalga yüksekliği, dalga tırmanması parametreleri hesaplanmıştır.

Görgül yöntemlere göre yapılan hesaplamalardan elde edilen verilere göre; Kütle-1 (A) için heyelan hızı 18.97 m/sn olarak bulunmuştur. Göl alanında yer alan heyelan kütlelerinin Amasya Taşova Kozluca Baraj aksına olan mesafesi kuş uçuşu 515 m olup, Kütle-1 (A)'nın olası hareketi

sonucunda oluşacak olan dalgaların aksa ulaşma zamanı 27.15 sn olarak hesaplanmıştır. Dalganın karşı yamaca tırmanma uzunluğu görgül yöntemlere göre 54.20 metre olarak bulunmuştur. Kütle-2 (B) için de heyelan hızı 35.77 m/sn olarak bulunmuştur. Göl alanında yer alan heyelan kütlelerinin Amasya Taşova Kozluca Barajı'na olan mesafesi kuş uçuşu 515 m olup, Kütle 2 (B)'nin olası hareketi sonucunda oluşacak olan dalgaların aksa ulaşma zamanı 14.40 sn olarak hesaplanmıştır. Dalganın karşı yamaca tırmanma uzunluğu görgül yöntemlere göre 54.66 metre olarak bulunmuştur.

Kütlesel yenilme olarak kabul edilen, Kütle 1 (A) ve Kütle 2 (B) olarak adlandırılan iki farklı heyelan kütleleri için yapılan şev duraylılık analizlerinde, iki kütle için toplam altı farklı senaryo dikkate alınmıştır. Saha çalışmalarında, heyelan kütleleri ve morfolojik yapı incelendiğinde, kaymanın dairesel kayma ve/veya dairesel başlayıp, topuğa yakın kesimde düzlemsel olarak devam edebileceği durumu gözlemlenmiş, bu nedenle Bishop ve Janbu analiz yöntemlerine göre toplam 24 adet analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, Kütle 1 (A)'nın olası hareketi sonucunda baraj aşma olayı söz konusu olmasa da, gelecekte baraj su tutmaya başladığında mevcut paleoheyelanın Kütle-1 (A) topuk kısmı sürekli su ile temas edeceğinden ve zamanla suya doymun hale gelmesinden dolayı, göl alanına doğru harekete geçmesi mümkün olabilecektir. Bu yüzden, mevcut heyelanın topuk kısmının desteklenmesi ve su ile temasını kesilmesi önerilmektedir.

Analizlere temel teşkil eden kütlesel hacim hesaplamaları, iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiş ve birbiri ile uyumlu olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen kütlesel hacimler, baraja ilişkin kot-alan-hacim grafiği ile karşılaştırılmıştır. Kot-alan-hacim grafiği incelendiğinde, taşkın vb. durumlarda barajın karşılabileceği hacim $V_{top} - V_{mak} \approx 180\ 000\ m^3$ olarak hesaplanmış olup, ön görülen bu hacimden daha fazla bir hacmin göl alanına ani olarak girmesi durumunda, baraj aşma olayı ile karşılaşılması potansiyeli bulunmaktadır. Kütle 1(A) ve Kütle 2 (B)'nin olası hareketi sonucunda, göl alanına gelecek malzemelerin hesaplanan hacmine bakıldığında, Kütle 1 (A)'in hareketi sonucunda herhangi bir baraj aşması meydana gelmeyeceği, buna karşın, Kütle 2 (B)'nin hareketi sonucunda ise baraj aşma potansiyelinin varlığından söz edilebilir.

Her iki kütlelerin de olası hareketi sonucunda meydana gelebilecek dalgaların baraja kısa zamanda ulaşması ve karşı yamaca dalgaların tırmanması sonucunda da, olası yenilmelerin gerçekleşebileceği ön görülmektedir. Olası baraj aşması ile baraj aks yerinin mansabında bulunan

Kozluca Mahallesi ve tarımsal alanların olumsuz yönde etkilenmesi de söz konusu olabilecektir. Tüm bu bulgular yardımıyla, potansiyel baraj aşma olayının üç boyutlu analizler ile de değerlendirilerek, daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Uzel, T., Baraj Güvenliği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul, **1991**.
- [2] ICOLD, International Commission on Large Dams, Deterioration of Dams and Reservoirs, Examples and Their Analysis, **1983**.
- [3] Cruden, D.M., Varnes, D.J., Landslide Types and Processes. Landslides Investigation and Mitigation, *Special Report 247*, 36–75, **1996**.
- [4] Amasya Taşova Kozluca Barajı Planlama Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, DSİ, **2014**.
- [5] Amasya Taşova Kozluca Barajı Planlama Raporu, DSİ, **2014**.
- [6] Water Balance in Irrigation Reservoirs Considering Flood Control and Irrigation Efficiency Variation, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Volume 142, Jung-Hun Song, S.M.ASCE, Moon Seong Kong, Inhong Song an Song Min Jun, **2016**.
- [7] Blumenthal, M. M., Beitrage zur Geologie des land shaften am Mittleren und unteren Yeşilirmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınları*, Seri D., No 4, 153, Ankara, **1950**.
- [8] Ketin, İ., Kuzey Anadolu Fayı Hakkında, İTÜ Maden Fakültesi, **1969**.
- [9] Alp, D., Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 22, 10, İstanbul, **1972**.
- [10] Ayhan, A., Samsun ili Vezirköprü Kazasının Batı ve Güneyine ait Ön Rapor M.T.A. Rap. 18.Ankara, 111–126, **1973**.
- [11] Arpat, E., Şaroğlu, F., Türkiye’deki Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara, **1975**.
- [12] Seymen, İ., Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği: Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fak. Yayını, İstanbul, **1975**.
- [13] Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O., Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi: M.T.A. Enst. Rapor No: 6722, s. 139 (yayınlanmamış) Ankara, **1980**.
- [14] Genç, Ş., Kurt, Z., Küçükmen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgi, C, Şenay, M., ve Poyraz, N., Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi MTA Derleme Raporu, No: 9527, **1991**.
- [15] Aktimur, H. T., Ateş, Ş., Yurdakul, M. E., Tekirli, M. E., Keçer, M., Niksar- Erbaa ve Destek Dolayının Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 114, 25-36, **1992**.
- [16] Akyazı, M., Tunç, M., Zile (Tokat) Yöresinin Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 35-46, **1992**.
- [17] Akyazı, M., Karabaşoğlu, A., Utar, A., Kesgin, Ö., Erdem, Özgen, N., Ursavaş, T., Merzifon (Amasya) Yöresindeki Jura-Kretase Yaşlı Kireçtaşlarının Calpionel Biyostratigrafisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Seri A-Yerbilimleri C.18, S.2, s.123–148, **2001**.

- [18] Bilgehan, P., Taşova (Amasya) Dolayındaki Heyelanların Mühendislik Jeolojisi İncelemesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2004**.
- [19] Bilgehan, P., Ulamiş, K., Koçbay, A., Ulugergerli, E., Akça, İ., Kuzey Anadolu Fay Zonundaki Pliyo-Kuvaterner Birimlerinde Meydana Gelen Heyelanların İncelenmesi (Taşova, Amasya), Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, **2005**.
- [20] Heinrich, P., Nonlinear Water Waves Generated By Submarine And Aerial Landslides, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*., 118(3): 249-266, **1992**.
- [21] Fritz, H. M., Hager, W. H., and Minor, H.E., Near Field Characteristics of Landslide Generated Impulse Waves, *Journal Of Waterway, Port, Coastal, And Ocean Engineering*, 130, 287-302, **2004**.
- [22] Panizzo, A., Girolama, P. De., Risio, M. Di., Maistri, A., Petaccia, A., Great landslide events in Italian artificial reservoirs, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 733-740, **2005**.
- [23] Kocaman, S., Baraj Yıkılması Probleminin Deneysel ve Teorik İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2007**.
- [24] Chongxun, M., Fanggui, L., Mei, Y., Rongyong, M., Guikai, S., Risk analysis for earth dam overtopping, *Water Science and Engineering*, 76-87, **2008**.
- [25] Pehlivan, M., Kürtün Baraj Gölünün Sağ Sahilindeki Özkürtün (Gümüşhane) Beldesinin Heyelanı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **2008**.
- [26] Pastor, M., Herreros, I., Merodo, F., Mira, P., Haddad, B., Quecedo, M., Gonzalez, E., Alvarez-Cedron, C., Dremptic, V., Modelling of fast catastrophic landslides and impulse waves induced by them in fjords, lakes and reservoirs, *Engineering Geology*, 109, 124-134, **2009**.
- [27] Bosa, S., Petti, M., Shallow water numerical model of the wave generated by the Vajont landslide, *Environmental Modelling & Software*, 26, 406-418, **2011**.
- [28] Düden, İ., Darıdere barajının tedrici yıkılması ve yarıktan çıkan taşkınım HEC-RAS ve DAMBRK programlarında incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, **2010**.
- [29] Erkan, O., Kürtün Barajı (Kürtün-Gümüşhane) Göl alanı sol yamacındaki heyelanlı alanın mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **2010**.
- [30] Özdoğan, Ş., Torul Barajı (Torul-Gümüşhane) Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Duraylılığının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **2010**.
- [31] Akgün, A., Assessment of possible damaged areas due to landslide-induced waves at a constructed reservoir using empirical approaches: Kurtun (North Turkey) Dam reservoir area, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 1341-1350, **2011**.
- [32] Kamphuis, J. W., Bowering R, J., Impulse Waves Generated by Landslides, *Coastal Engineering Proceedings*, Chapter 35, 575-588, **1970**.

- [33] Goodarzi, E., Lee, T. S., Ziaei, M., Risk and uncertainty analysis for dam overtopping e Case study: The Doroudzan Dam, Iran, *Journal of Hydro-environmnet Research*, 8, 50-61, **2014**.
- [34] Ma, H., Fu, X., Real time prediction approach for floods caused by failure of natural dams due to overtopping, *Advances in Water Resources*, 35, 10-19, **2012**.
- [35] Sun. Y., Chang, H., Miao, Z., Zhong, D., Solution method of overtopping risk model for earth dams, *Safety Science*,50, 1906-1912, **2012a**.
- [36] Sun, E., Zhang, X., Li, Z., Wang., Tailings Dam Flood Overtopping Failure Evolution Pattern, *Procedia Engineering*, 28, 356-362, **2016b**.
- [37] Goodarzi, E., Shui, L., Ziaei, M., Dam overtopping risk using probabilistic concepts – Case study: The Meijaran Dam, Iran, *Ain Shams Engineering Journal*, 4, 185–197, **2013**.
- [38] Lee, Bau-Shian., You, Gene Jiing., An assessment of long-term overtopping risk and optimal termination time of dam under climate change, *Journal of Environmental Management*, 121, 57-71, **2013**.
- [39] Gomez Nunez, J., Berezowsky, V. M., Estimation of The Water Waves Generated By The Landslide In The Grijalva River, *Italian Journal of Engineering Geology and Environment, Book Series (6)*, **2007**.
- [40] Palamut, N., Baraj Yıkılma Analizi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, **2014**.
- [41] Yang, Y., Cao S., Yang K., L1 W., Experimental Study of Breach Process of Landslide Dams by Overtopping and its Initiation Mechanisms, **2014**.
- [42] Hu, Zhe., Xue, Hongxiang., Tang, Wenyong., Zhang, Xiagin., A combined wave-dam-breaking model for rogue wave overtopping, *Ocean Engineering*, 104, 77-78, **2015**.
- [43] Tanaka, N., Sato, M., Scoured depth and length of pools and ditches generated by overtopping flow from embankments during the 2011 Great Doğu Japan Tsunami, *Ocean Engineering*, 109, 72-82, **2015**.
- [44] Tezel, K., Havuzlu Heyelanının (Yusufeli-Artvin) Mühendislik Jeolojisi açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **2015**.
- [45] Shi, Z.M., Guan, S.G., Peng, M., Zhang, L.M., Zhu, Y., Cai, Q.P., Cascading breaching of the Tangjiashan landslide dam an two smaller downstream landslide dams, *Engineering Geology*, 193, 445-458, **2015a**.
- [46] Shi, Z. M., Wang, Y. Q., Peng, M., Chen, J. F, Yuan, J., Characteristics of the landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake and dynamic behavior analysis using large-scale shaking table tests, *Engineering Geology*, 194, 25-37, **2015b**.
- [47] Lin, P., Huang, B., Li, Q., Wang, R., Hazard and seismic reinforcement analysis for typical large dams following the Wenchuan earthquake, *Engineering Geology*, 194, 86-97, **2015**.
- [48] <http://anadolurisk.com.tr/tr/bulten/su-yapilari-ve-hidroelektrik-enerji-uretimi-ile-sigorta-iliskisi/baraj-regulator-ve-diger-su-yapilari-tanimlari> (Ağustos 2017)

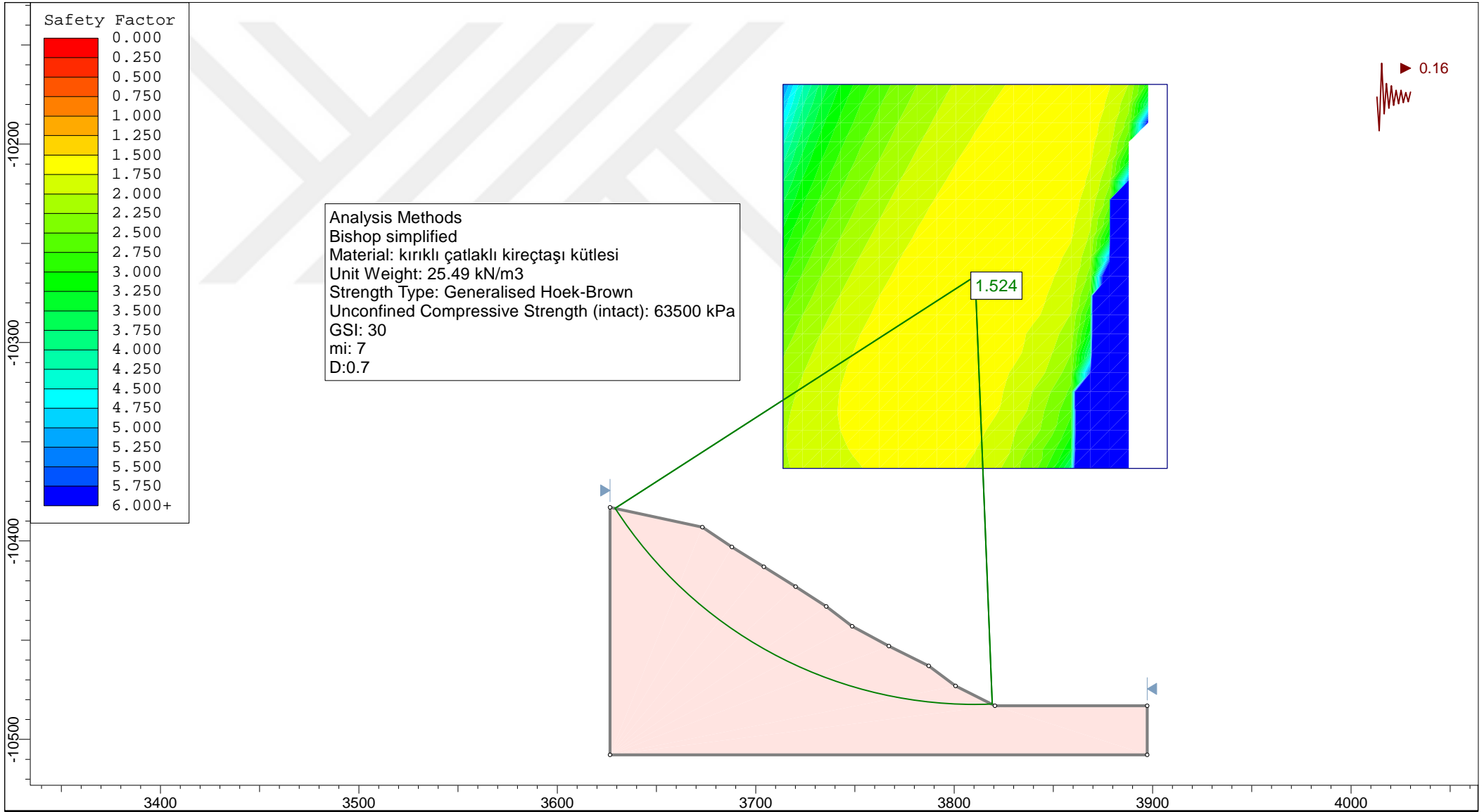
- [49] Ağırlioğlu, N., Baraj Planlama ve Tasarımı, Cilt-1, Genişletilmiş 2. Baskı, Su Vakfı, 2007.
- [50] Çorum Alacahöyük Gölpınar Hitit Barajı, http://www.dsi.gov.tr/docs/projeler/hitit_baraji (Ağustos 2017)
- [51] Ankara Çubuk-I Barajı, <http://www.dsi.gov.tr/projeler/cubuk-baraji> (Ağustos 2017)
- [52] Ardıç, Ö., Barajlarda ve Göletlerde Yapı Tipleri ve Yerleşimleri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Planlama Semineri, 2013.
- [53] Ağırlioğlu, N., Baraj Planlama ve Tasarımı, Cilt-2, 2. Baskı, Beta Yayınları, 2011.
- [54] Homojen dolgu baraj örneği, Manisa İlyasçılar Göleti, <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2014/10/22/izmir> (Ağustos, 2017)
- [55] Ülkemizdeki en yüksek homojen dolgu barajlardan Osmaniye Aslantaş Barajı'ndan bir görünüm, <http://www.dsi.gov.tr/dsi-galeri/barajlar> (Ağustos 2017)
- [56] Dolgu Barajlar Tasarım Rehberi, DSİ, 2012
- [57] Zonlu Toprak ve Kaya Dolgu Barajlar İnşaat Teknik Şartnamesi, http://www.dsi.gov.tr/docs/proje-teknik-sartnameler/zonlu-toprak-ve-kaya-dolgu-barajlar-inaat-teknik-sartnamesi_r00_20061110.pdf (Haziran,2017).
- [58] Merkez kil çekirdek ve kaya dolgudan bir görünüm, Azerbaycan-Şemkirçay Barajı ve HES, <http://www.cengiz-insaat.com.tr/tr-tr/Projeler/Sayfalar/Semkircay-Baraji-ve-HES-Azerbaycan.aspx> (Ağustos,2017).
- [59] Ülkemizin en yüksek kaya dolgu barajı olan Elazığ Keban Barajı'ndan bir görünüm, <http://www.dsi.gov.tr/projeler/keban-baraji> (Ağustos, 2017).
- [60] Kil çekirdekli kaya dolgu tipindeki Atatürk Barajı'ndan bir görünüm, <http://www.dsi.gov.tr/projeler/ataturk-baraji> (Ağustos, 2017).
- [61] Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj örneği, Kütahya Hasanlar, <http://www.barsu.com.tr/2013/09/hasanlar-baraji-fotograflar> (Eylül, 2017)
- [62] Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj örneği, Mersin-Anamur Alaköprü Barajı, <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2013/08/20/alakoprubarajindasondurum> (Ağustos 2017).
- [63] Tipi ön yüzü beton kaplı kaya dolgu olan Mardin İlısu Barajı gövde inşaatından bir görünüm <http://www.cengiz-insaat.com.tr/tr-tr/Projeler/Sayfalar/ilisu-Baraji-ve-HES.aspx> (Ağustos, 2017).
- [64] Göl alanı membran kaplı baraj örneği, Bursa-İnegöl Şevketiye Göleti, <http://www.imobursa.org/turkiyenin-en-buyuk-membran-kaplama-goleti-bursada-yapildi/> (Ağustos, 2017).
- [65] Ön yüzü membran kaplı baraj örneği, Elazığ İçlikaval Göleti <http://www.ormansu.gov.tr/haber/elazig-i-çli-kaval-göleti-nde-fi-zi-ki-gerçekleşme-yüzde-65-e-ulaştı> (Ağustos 2017)
- [66] Beton Barajlar tasarım İlkeleri Rehberi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2012.
- [67] Beton ağırlık baraj örneği, Eskişehir Porsuk Barajı, <http://www.dsi.gov.tr/dsi-galeri/barajlar/page/2> (Ağustos 2017).

- [68] Beton kemer baraj örneği, Artvin-Deriner Barajı, <http://dsi.gov.tr/haberler/2015/06/09/derinerbarajidsi> (Ağustos 2017).
- [69] Sürmeli, A. S., Silindirle Sıkıştırılmış Ağırılık Beton Barajlar ve bunların Ağırılık Beton Barajlarla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2002.
- [70] Silindirle sıkıştırılmış beton baraj örneği, Sakarya Ballıkaya Barajı, <http://bolge03.dsi.gov.tr/haberler/2016/07/01/ballikaya-baraji-yuzde-55-seviyesine-ulasti> (Ağustos, 2017).
- [71] Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 2016.
- [72] Beton payandalı baraj örneği, İstanbul-Elmalı Barajı, <http://www.mynet.com/haber/guncel/elmalı-barajı-yenileniyor-2491303-1> (Ağustos, 2017).
- [73] Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması, Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuz, AFAD, **2015**.
- [74] Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes: in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides-Analysis and Control: Transportation Research Board Special Report 176, *National Academy of Sciences, Washington, D.C.*, p. 11-3
- [75] WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory), 1993. A suggested method for describing the activity of a landslide, *IAEG Bull.* 47, 53-57.
- [76] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., 2008. Türkiye’de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.
- [77] Ağırlioğlu, N., Baraj Güvenliği, Beta Yayınları, 2011.
- [78] Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 2016.
- [79] Teton Barajı’nın (ABD) yıkılması, http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton_Dam/Teton%20Dam/Pages/Image9.html
- [80] Malpasset Barajı’nın (Fransa) yıkılmadan önceki (a) ve sonraki hali (b), http://www.ecolo.org/documents/documents_in_french/malpasset/malpasset.jpg (Kasım, 2017)
- [81] Vajont Barajı’nın (İtalya) yıkılmadan öncesi hali, <http://www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/vajont-barajı-italya-654> (Kasım, 2017)
- [82] Vajont Barajı’nın (İtalya) yıkıldıktan sonraki hali, <https://blogs.scientificamerican.com/history-of-geology/october-9-1963-vajont/> (Kasım, 2017)
- [83] 1/ 100 000 ölçekli G36 Jeoloji Haritası ve Açınması, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, **1990**.
- [84] 1/ 25 000 ölçekli G36-a3 Jeoloji Haritası, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- [85] Tutkun, S., Niksar (Tokat) güneybatısının jeolojisi, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Kütüphanesi, rapor no:125 (yayımlanmamış), **1979**.

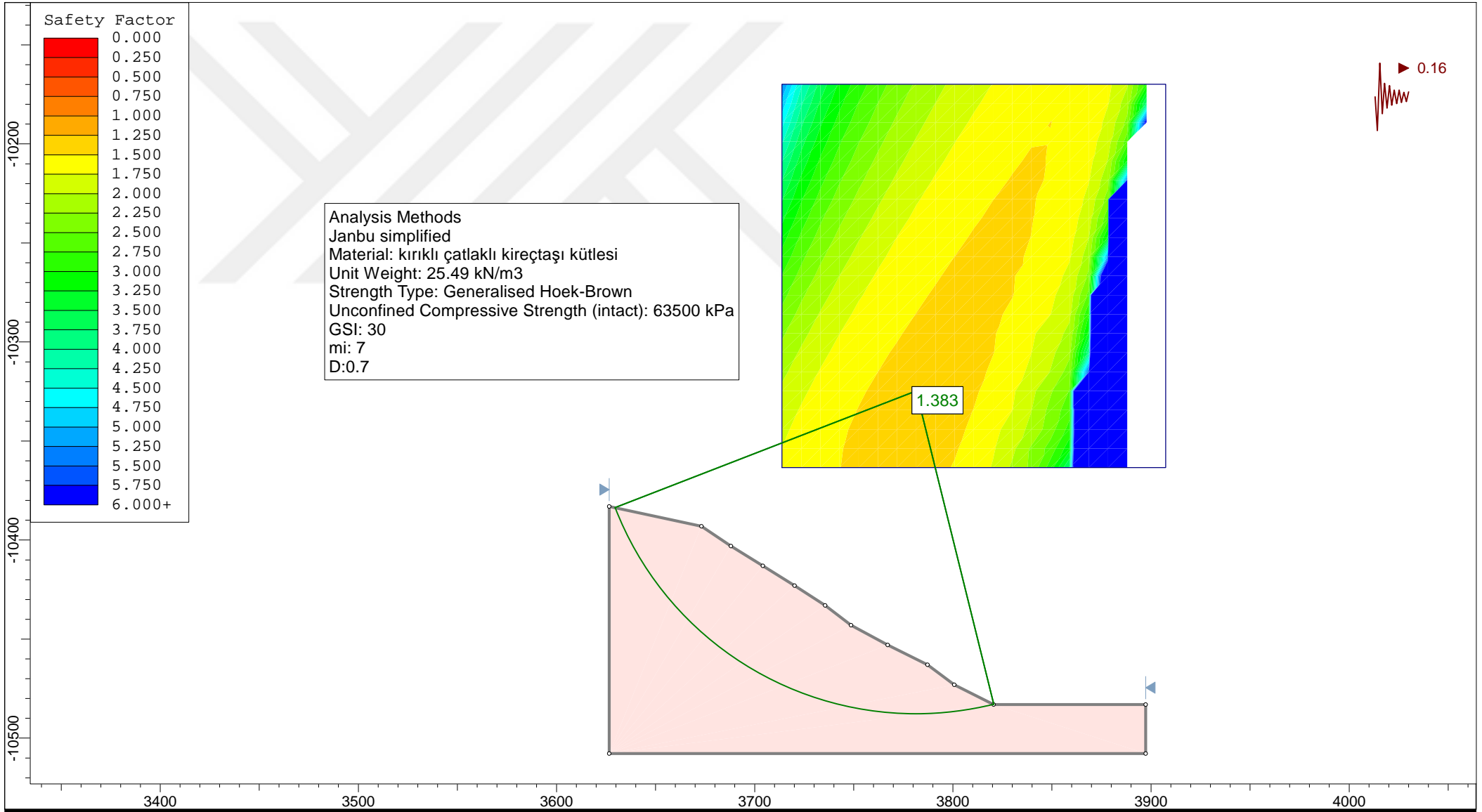
- [86] İnan, S., Niksar-Erbaa (Tokat) arasının jeolojisi, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Kütüphanesi, rapor no:126 (yayımlanmamış), **1979**.
- [87] Öztürk, A., Ladik, Destek dolayının stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 22/1, s.27-34, **1979**.
- [88] Erentöz, C., Türkiye Jeoloji Haritası 1/ 100 000 ölçekli Reşadiye 44-2 paftası, MTA (yayımlanmamış), Ankara, **1950**.
- [89] Göksu, E., 1/ 500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun paftası, MTA yayımları, Ankara, **1960**.
- [90] Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., Türkiye'nin diri fayları ve deprensellikleri, MTA Raporu derleme no: 8714(yayımlanmamış), Ankara, **1987**.
- [91] Çalışma alanının Türkiye deprem bölgeleri, haritasındaki yeri, <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841>, Mayıs 2016.
- [92] Amasya Taşova Kozluca Barajı, Sismik Tehlike Analizi Raporu, DSİ, 2015.
- [93] Tokat Yenilenmiş diri fay haritası, http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/tokat.pdf, Mayıs 2017.
- [94] Çalışma alanı ve yakın çevresinde (100 km yarıçapta) 1900-2017 arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4'ten büyük deprem verileri (<http://udim.koeri.boun.edu.tr/zeqdb>) (Mayıs 2017)
- [95] Slingerland, R. L. and Voight, B., 1979, Occurrences, properties, and predictive models of landslide-generated water waves. In: Developments in Geotechnical Engineering 14B: Rockslides and Avalanches, 2, Engineering Sites. Voight, B., ed., Elsevier Scientific Publishing Company, p. 317-397.
- [96] Noda, E., 1970, Water waves generated by landslides: Proceedings of the American Society of Civil Engineers. *Journal Waterways Harbors Div.* v. 96, n.4, p. 835-855.
- [97] Huber, A. and Hager, W.H., 1997, Forecasting impulse waves in reservoirs: Commission Internationale des Grands Barrages, Dix-neuvième Congrès des Grands Barrages, Florence, 1997, p. 993-1005.
- [98] Wiegel, R. L., Oceanographical Engineering, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 544 pp., 1964.
- [99] Mueller, D.: Auflaufen und U" berschwappen von Impulswellen an Talsperren, VAW-Mitteilung 137, edited by: Vischer, D., Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 1995.
- [100] Chow, V.T., 1960, Open channel hydraulics, McGraw-Hill, New York, NY., 680 p.
- [101] Synolakis, C.E., 1987, The run-up of solitary waves: *Journal of Fluid Mechanics*, v. 185, p. 523-545.
- [102] Hall, J.V. and Watts, G.M., 1953, Laboratory investigation of the vertical rise of solitary waves on impermeable slopes, Beach Erosion Board, Corps Engineers, Technical Memo No. 33, U.S. Department of the Army, Washington, D.C..



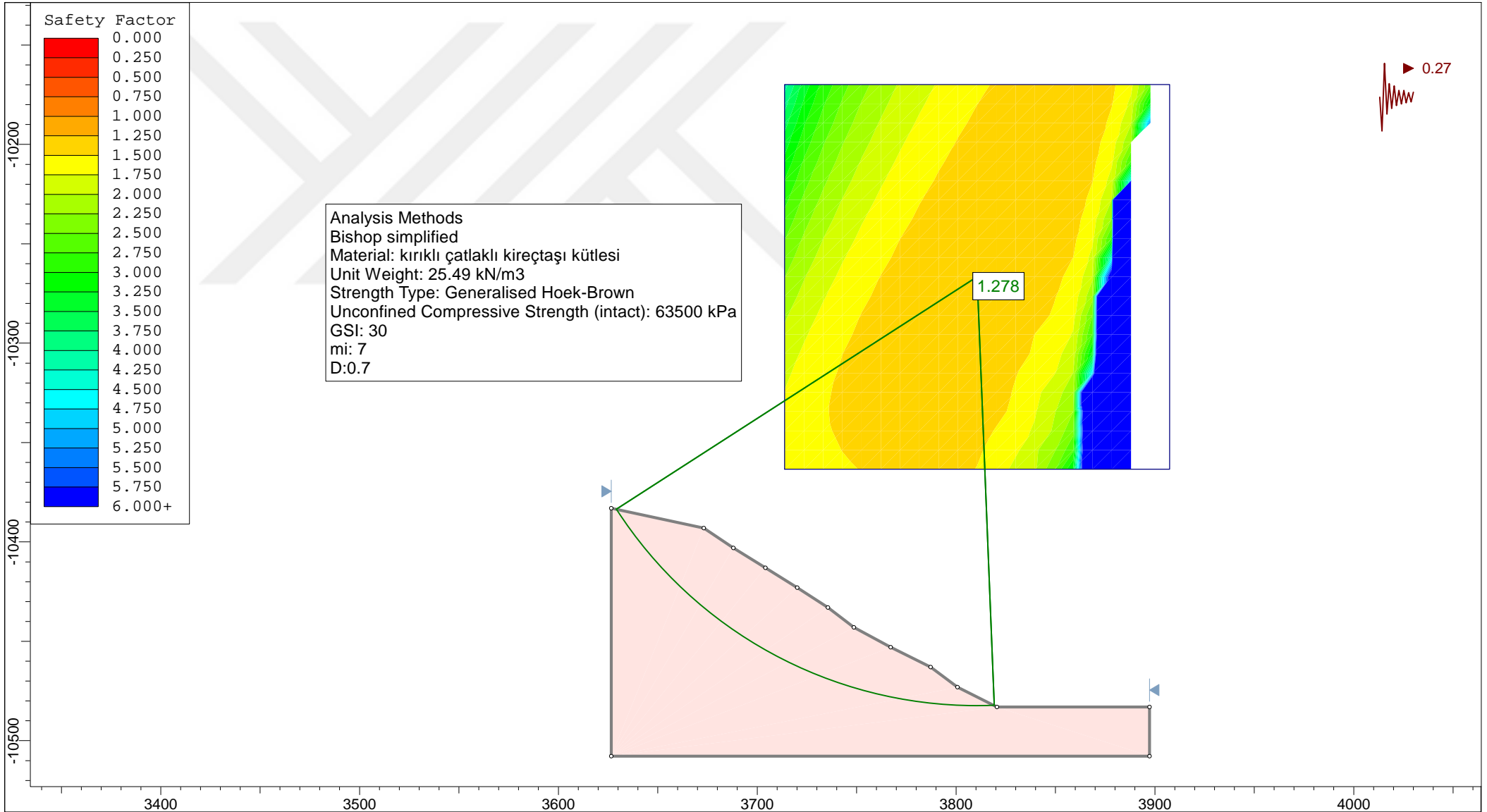
EK-1



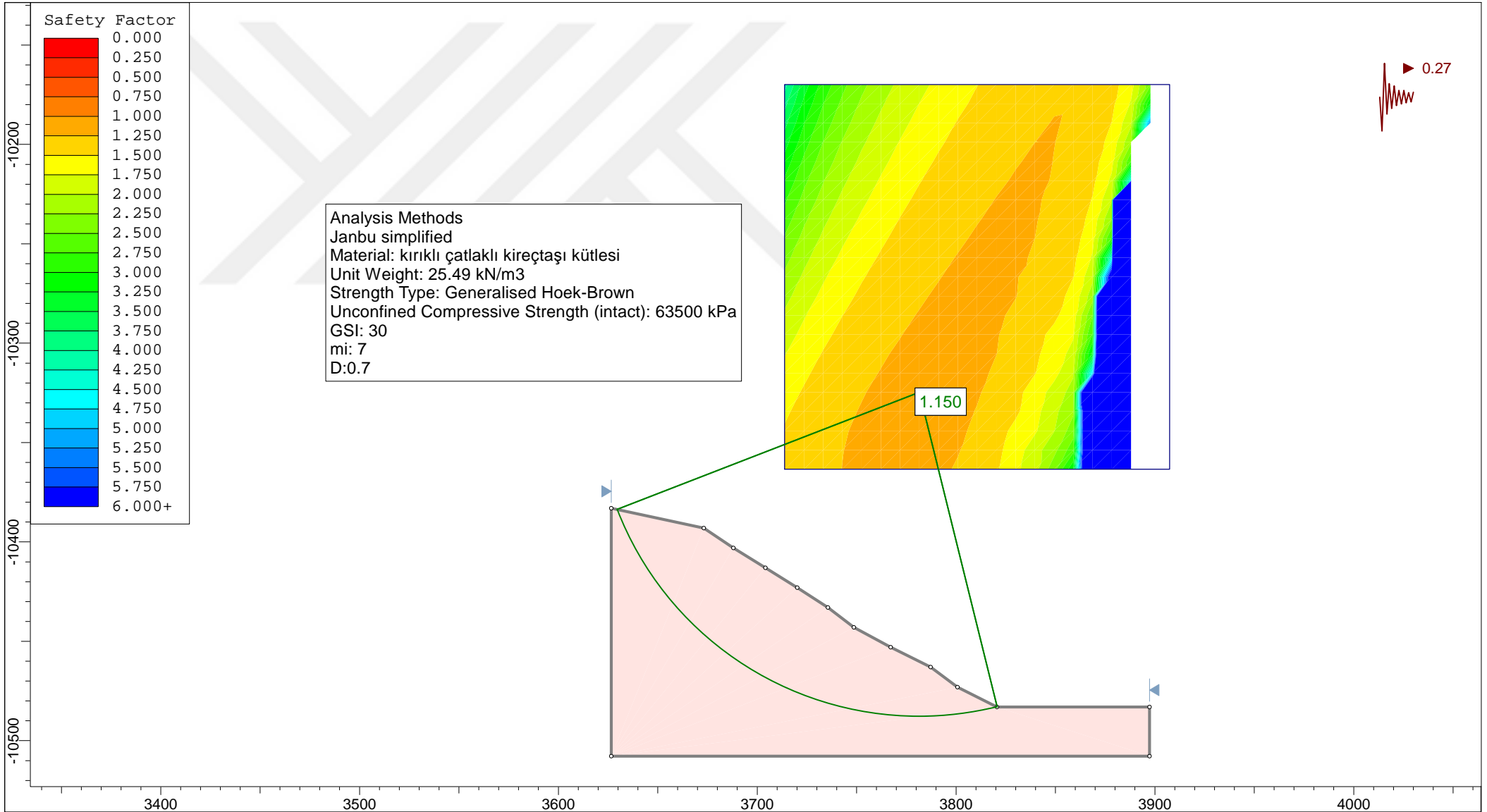
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name	
		Kutle - 1 (A)- SENARYO 1a	



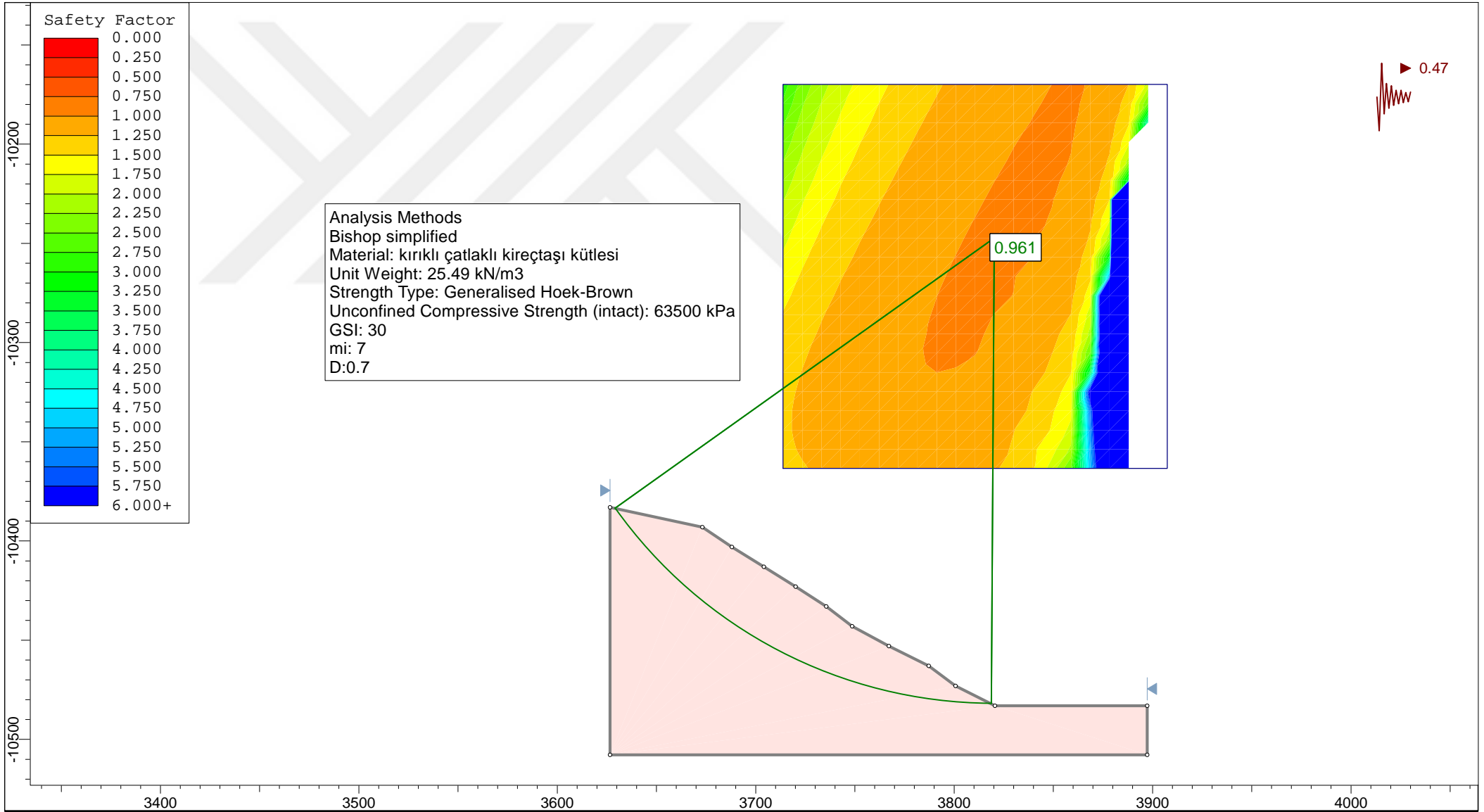
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 1b	



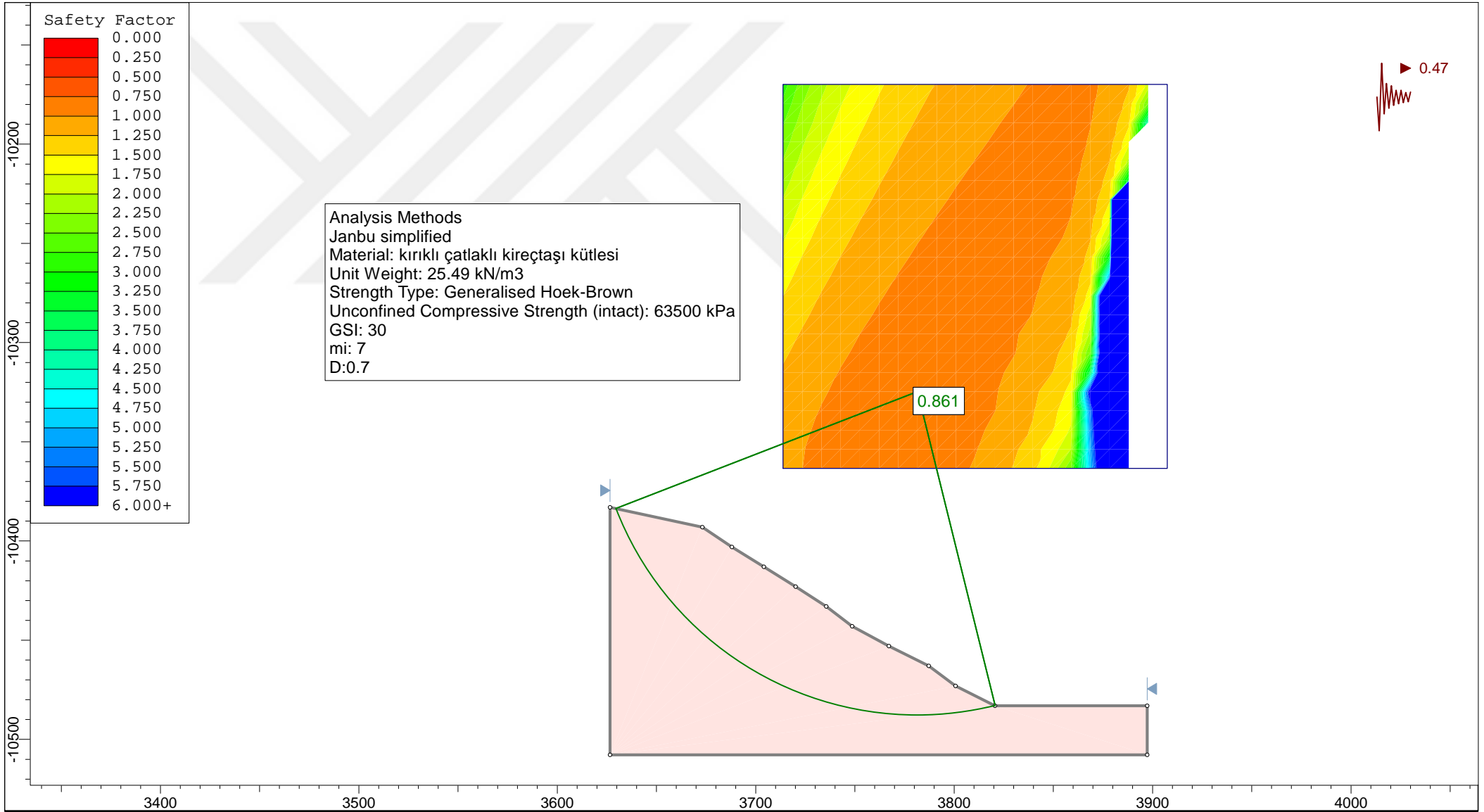
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 2a	



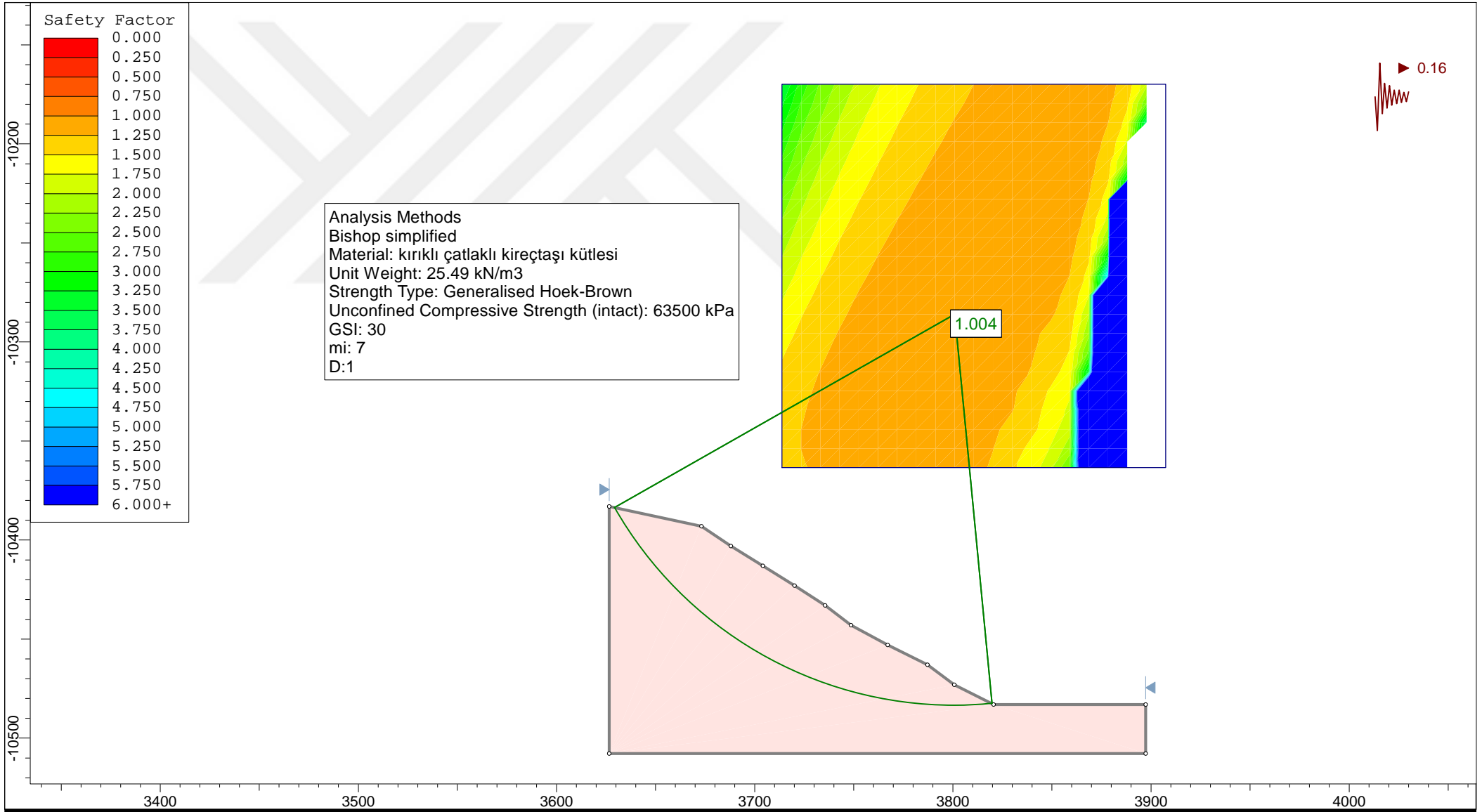
<i>Project</i>		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
<i>Analysis Description</i>			
<i>Drawn By</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>		<i>File Name</i> Kutle - 1 (A)- SENARYO 2b	



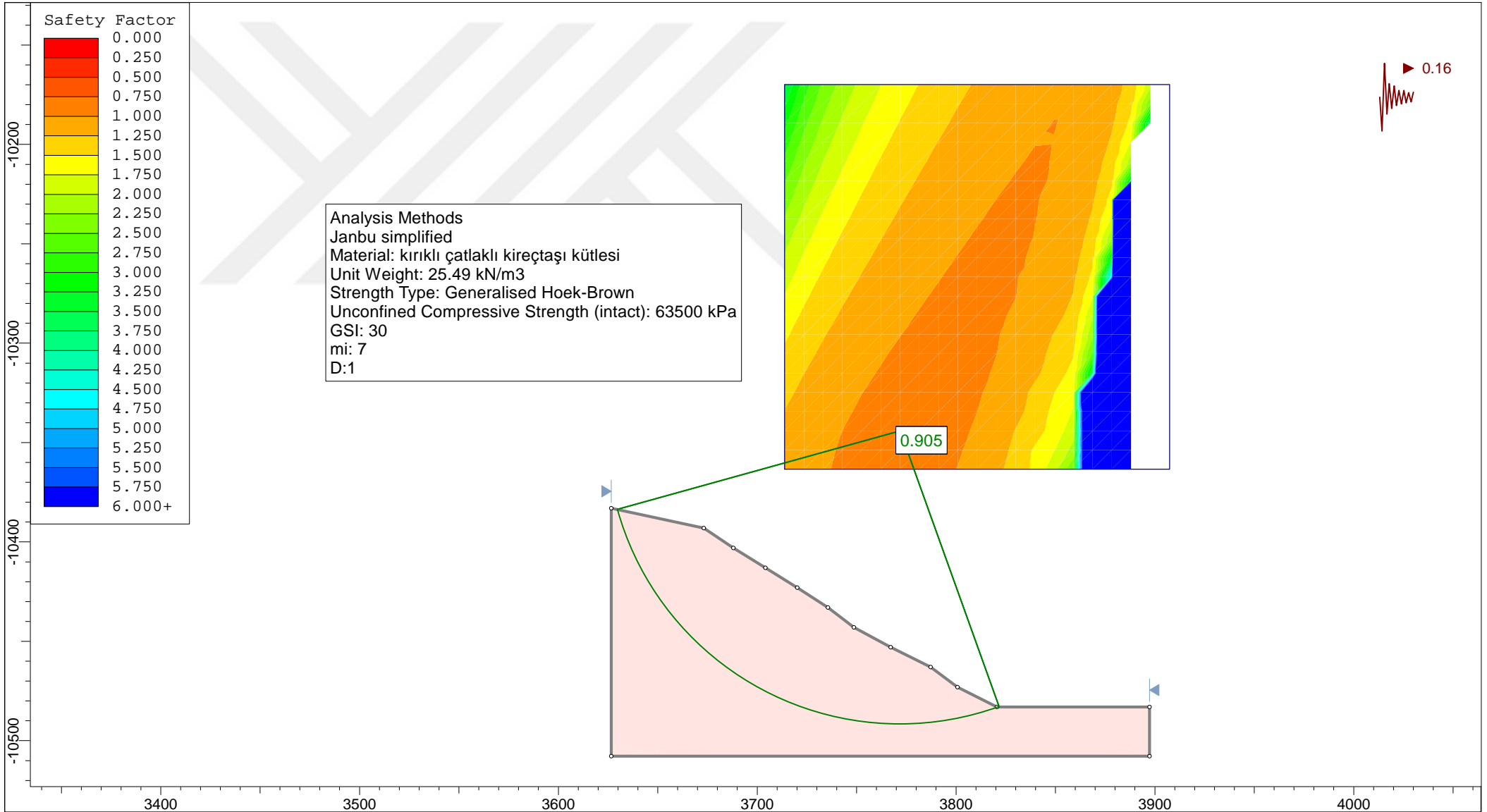
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name	
		Kutle - 1 (A)- SENARYO 3a		



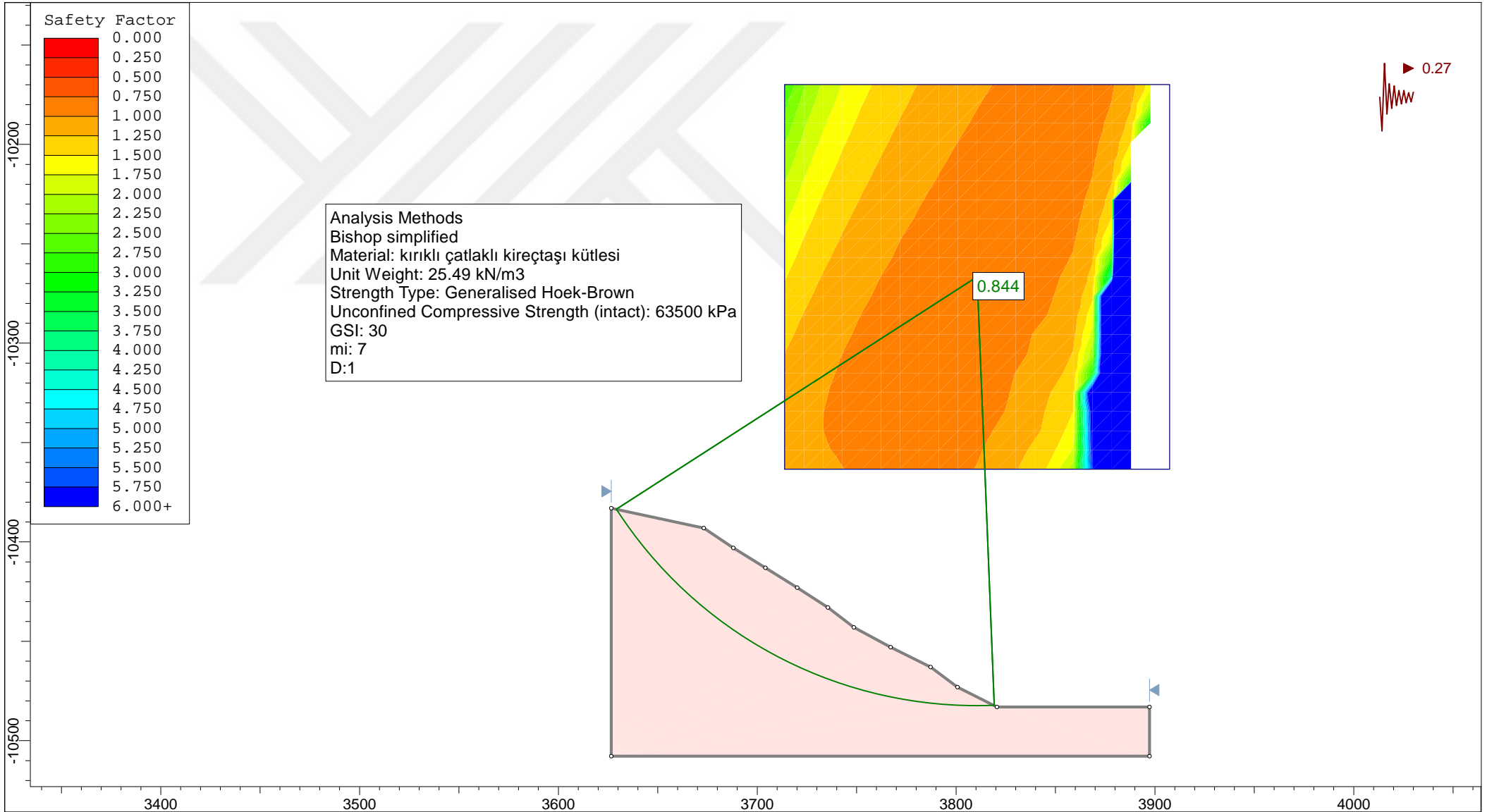
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 3b	



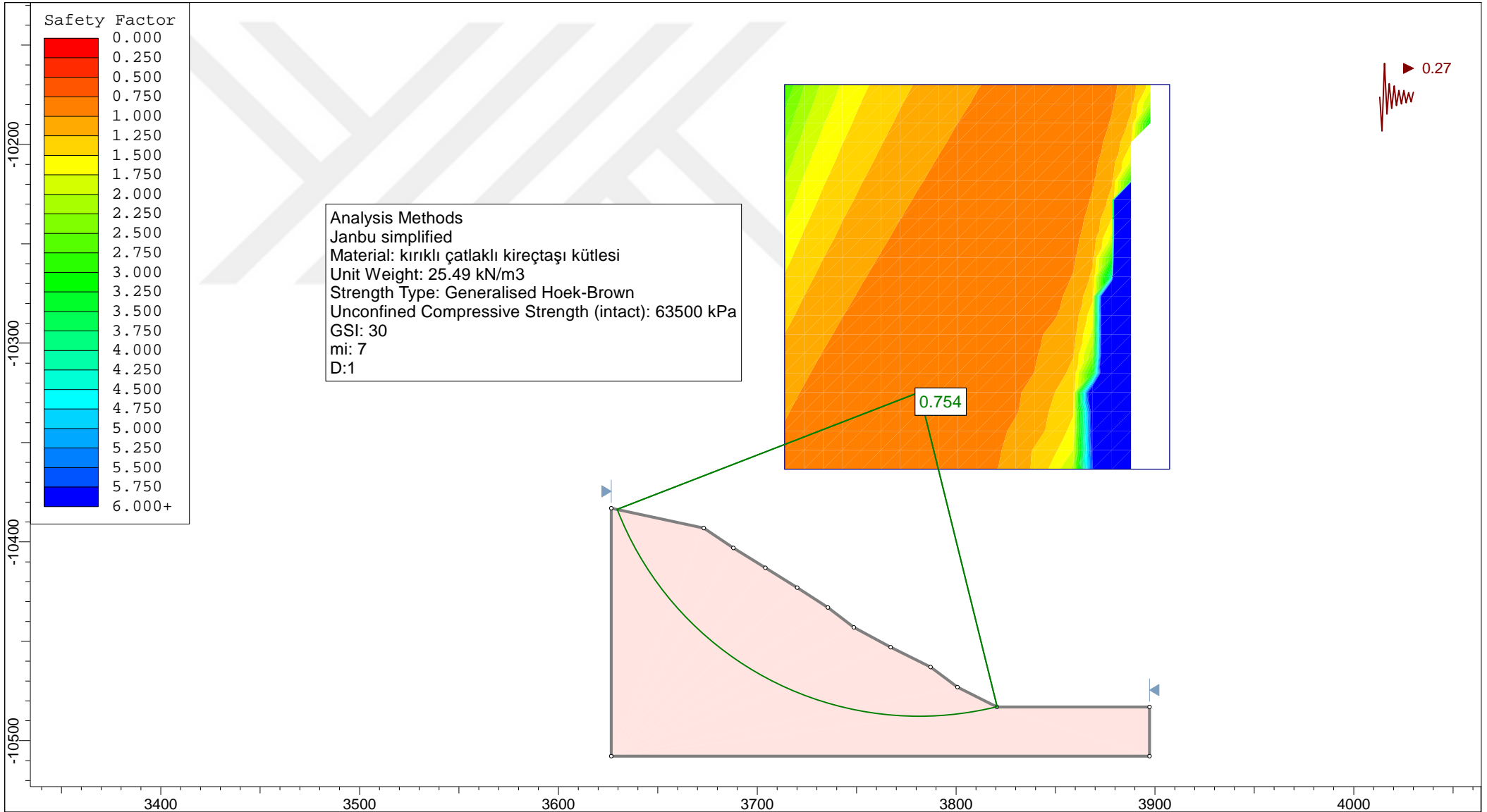
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name	
		Kutle - 1 (A)- SENARYO 4a	



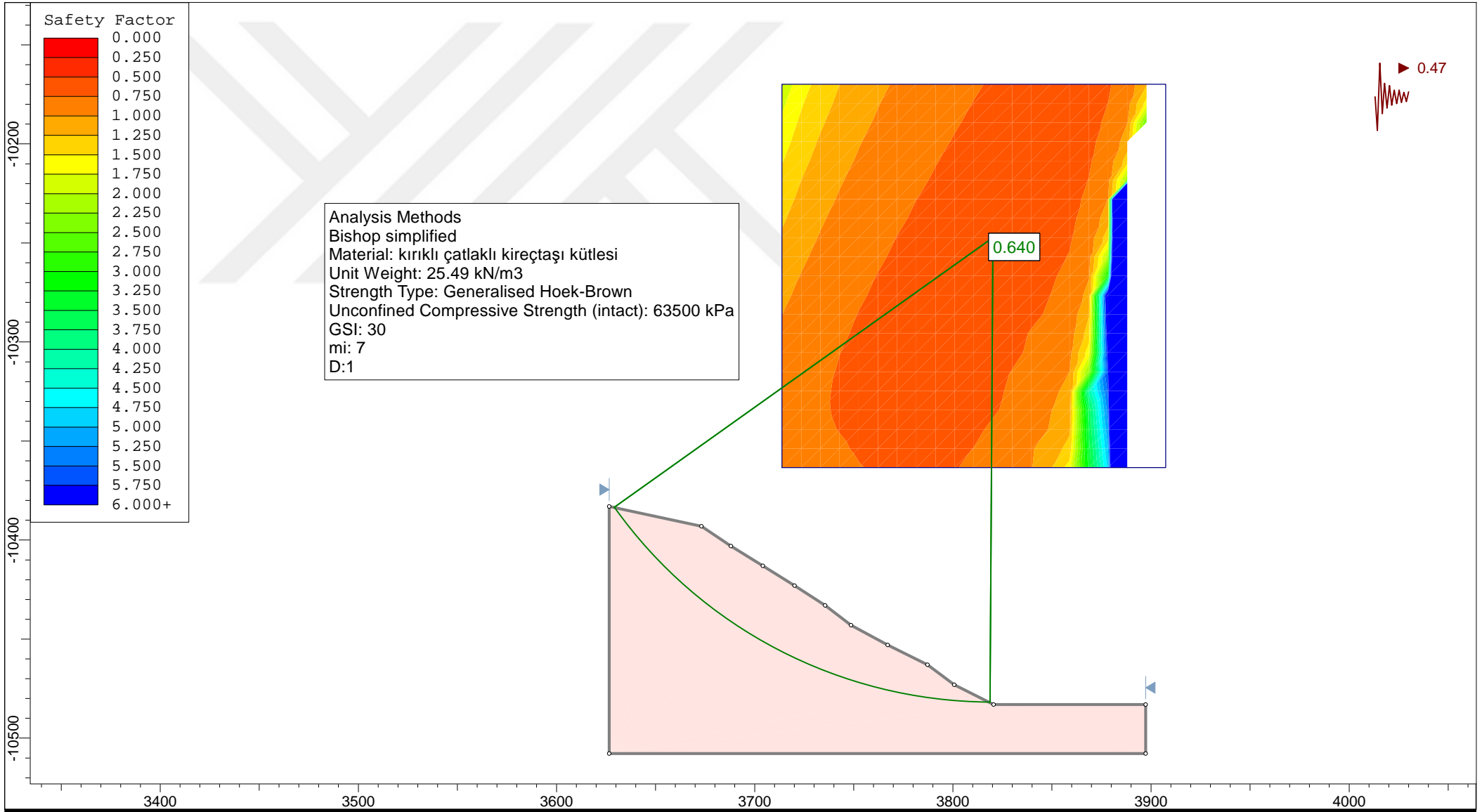
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 4b	



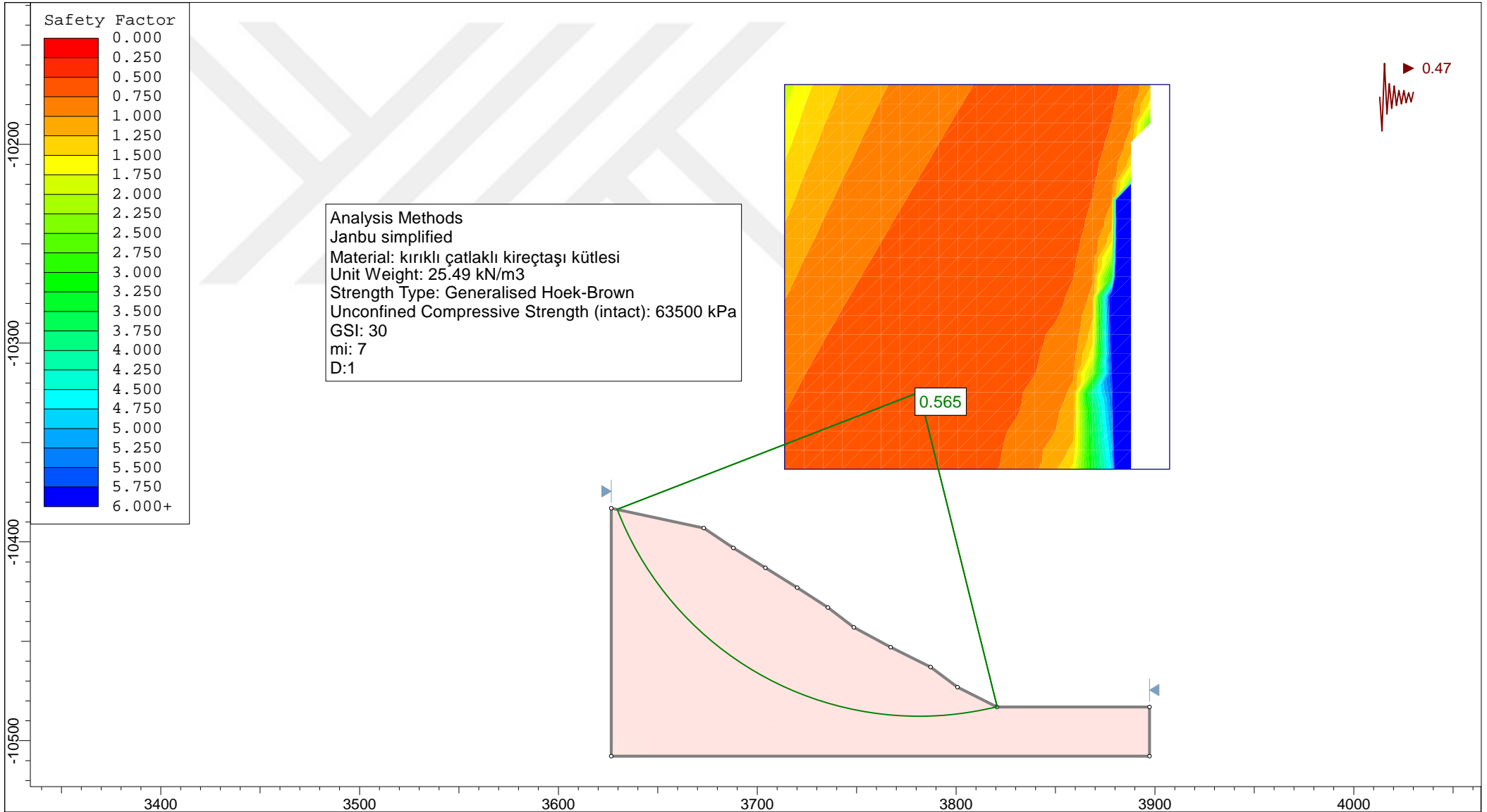
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name	
		Kutle - 1 (A)- SENARYO 5a		



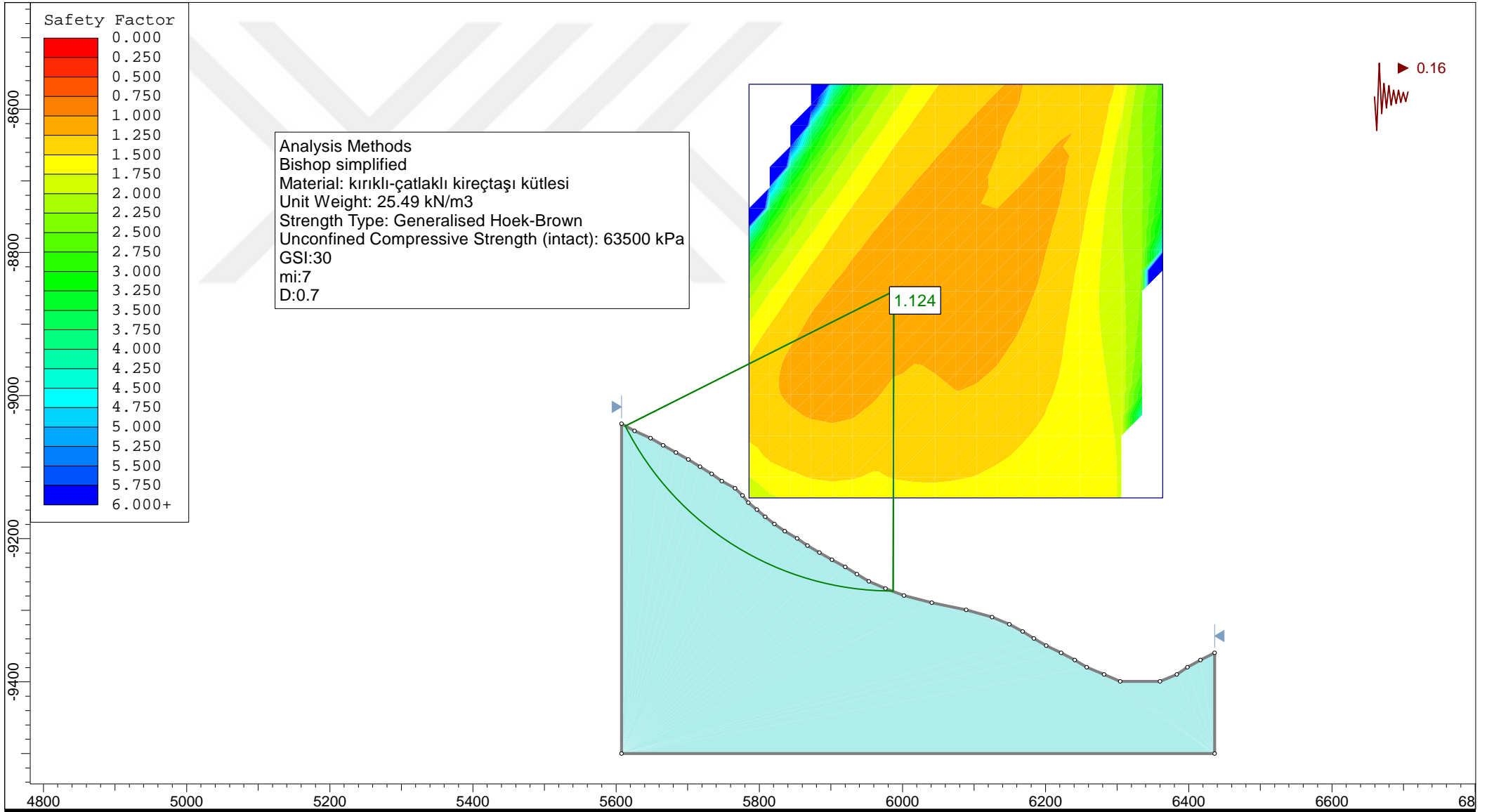
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 5b	



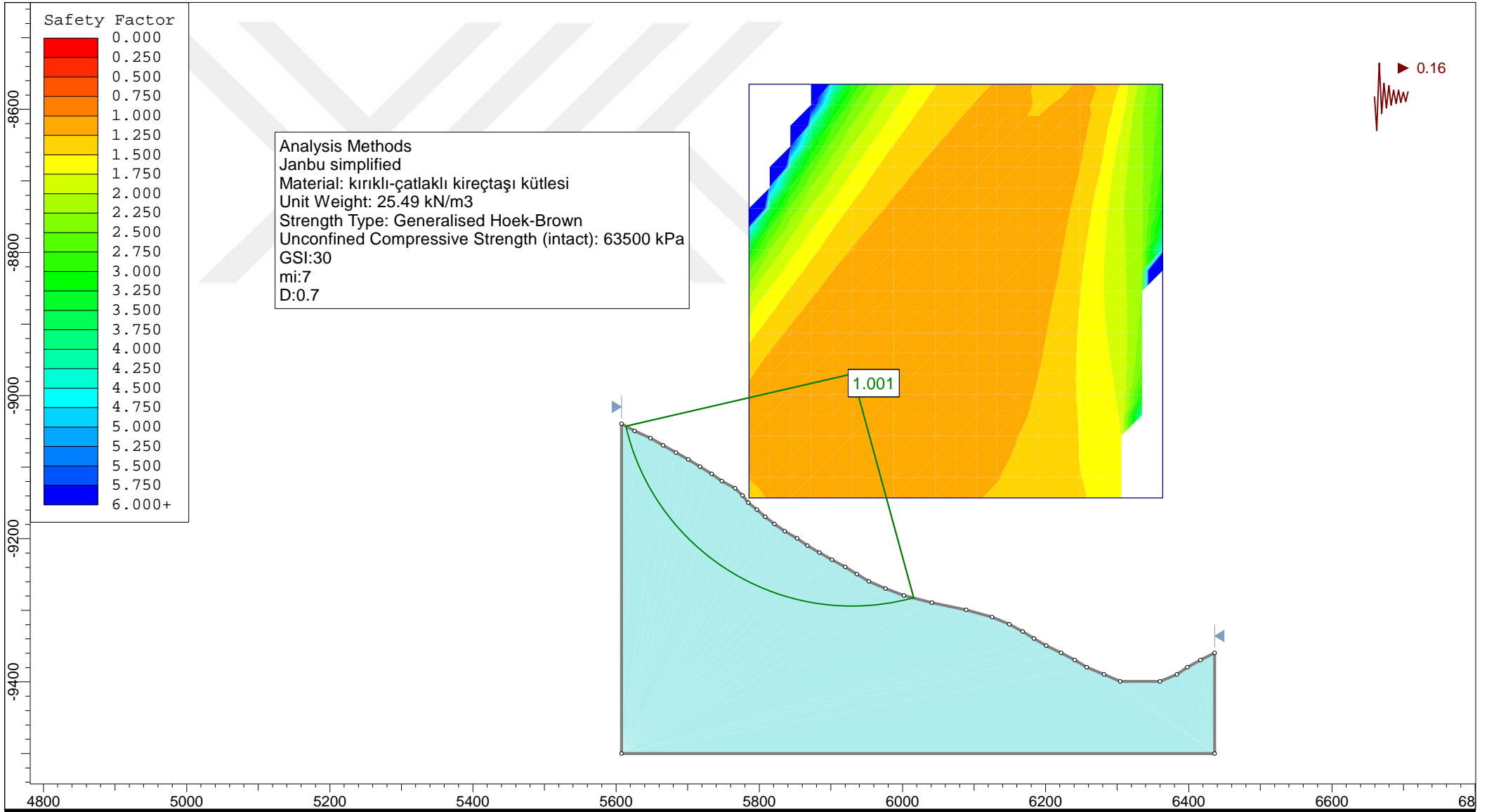
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name	
		Kutle - 1 (A)- SENARYO 6a	



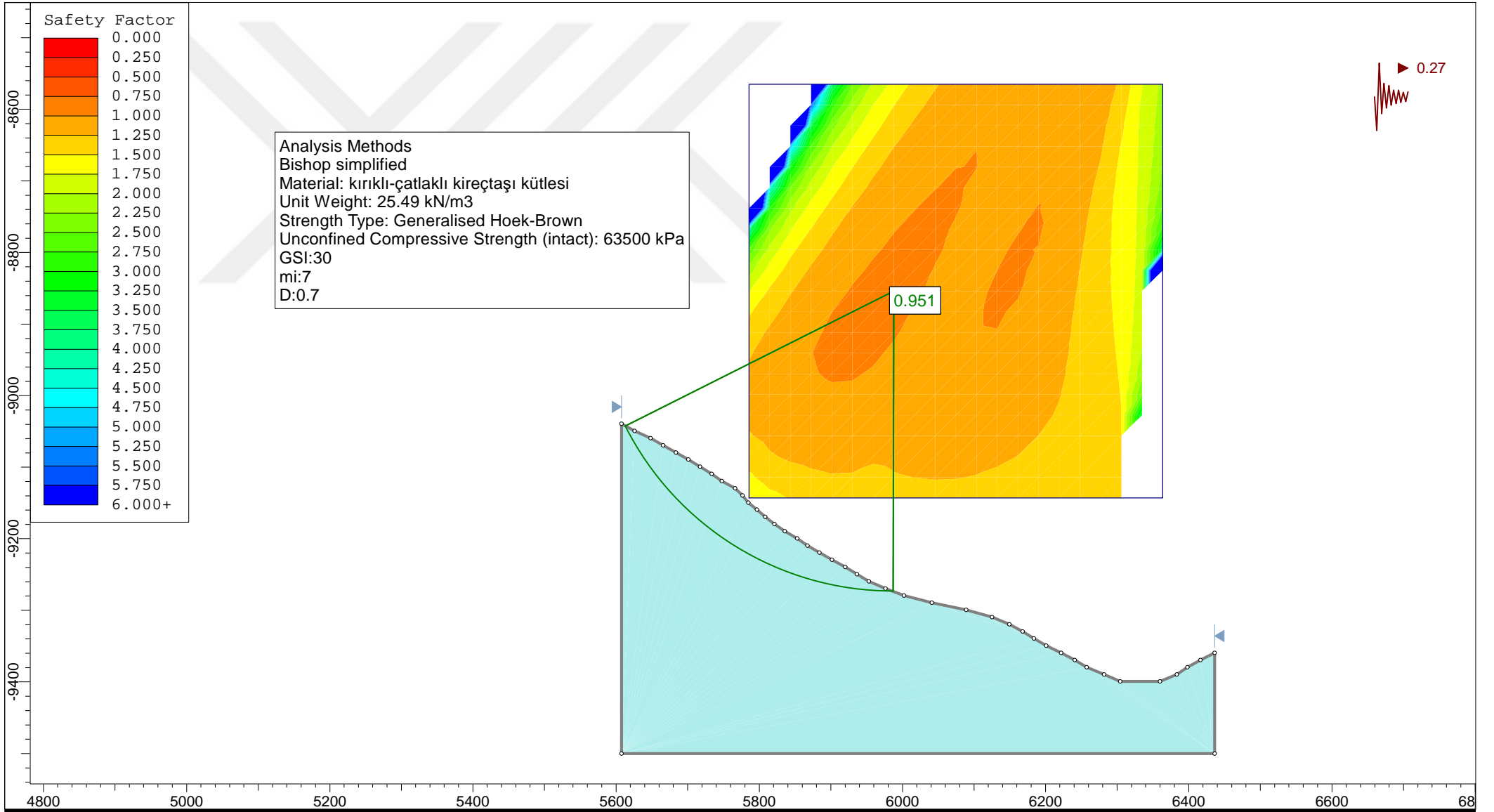
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 1 (A)- SENARYO 6b	



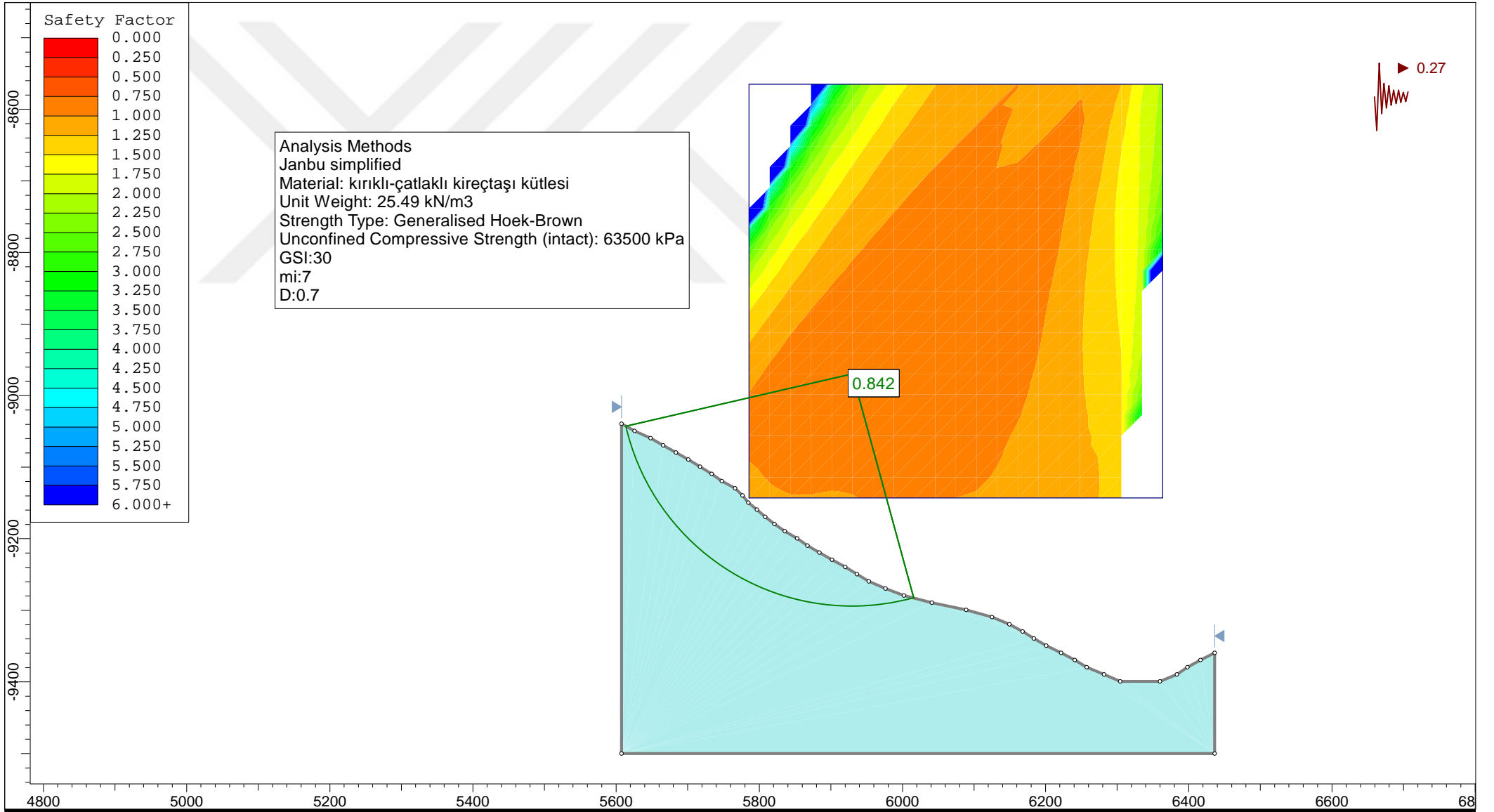
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 1a	




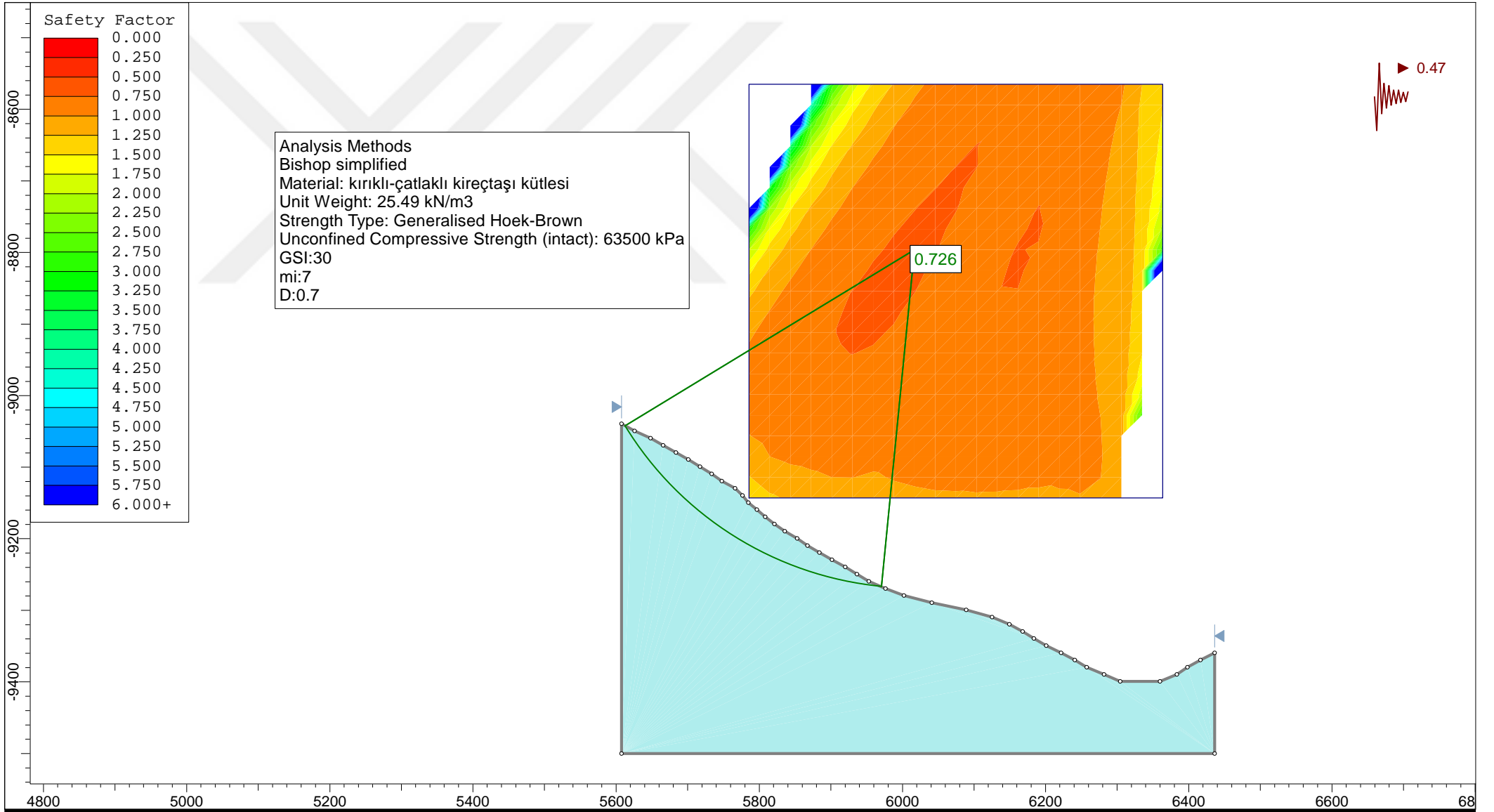
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 1b	



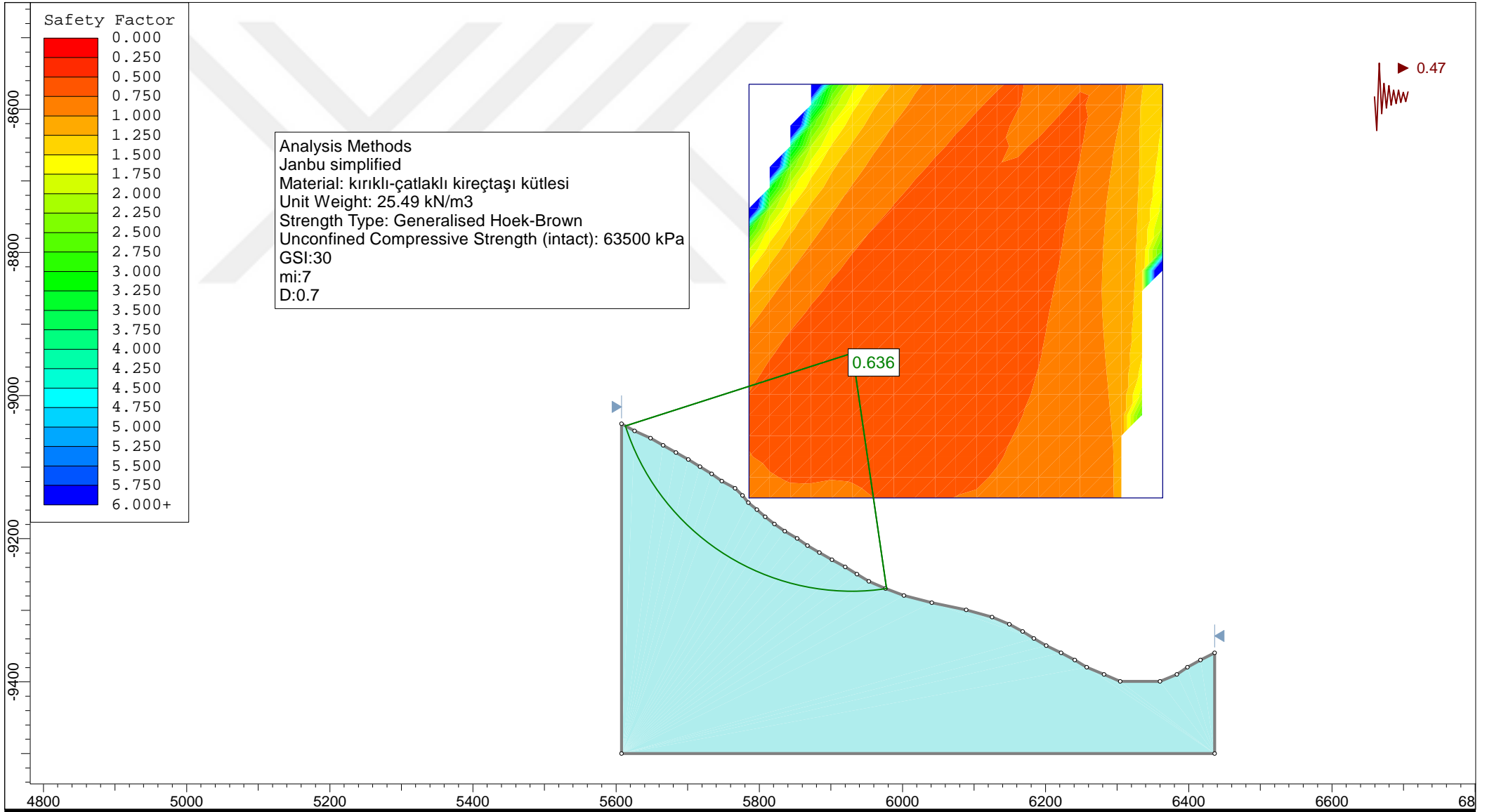
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 2a	



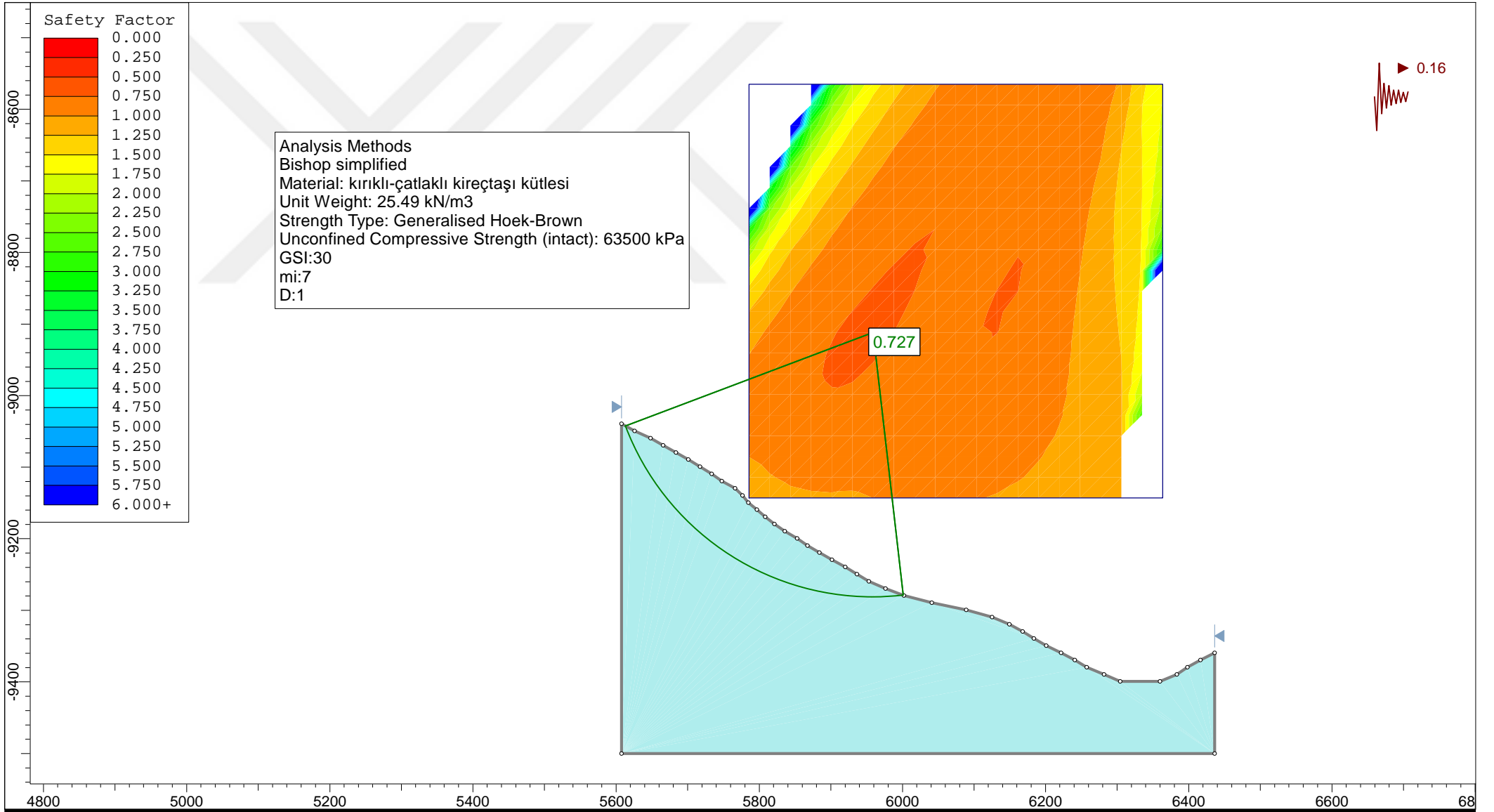
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 2b	



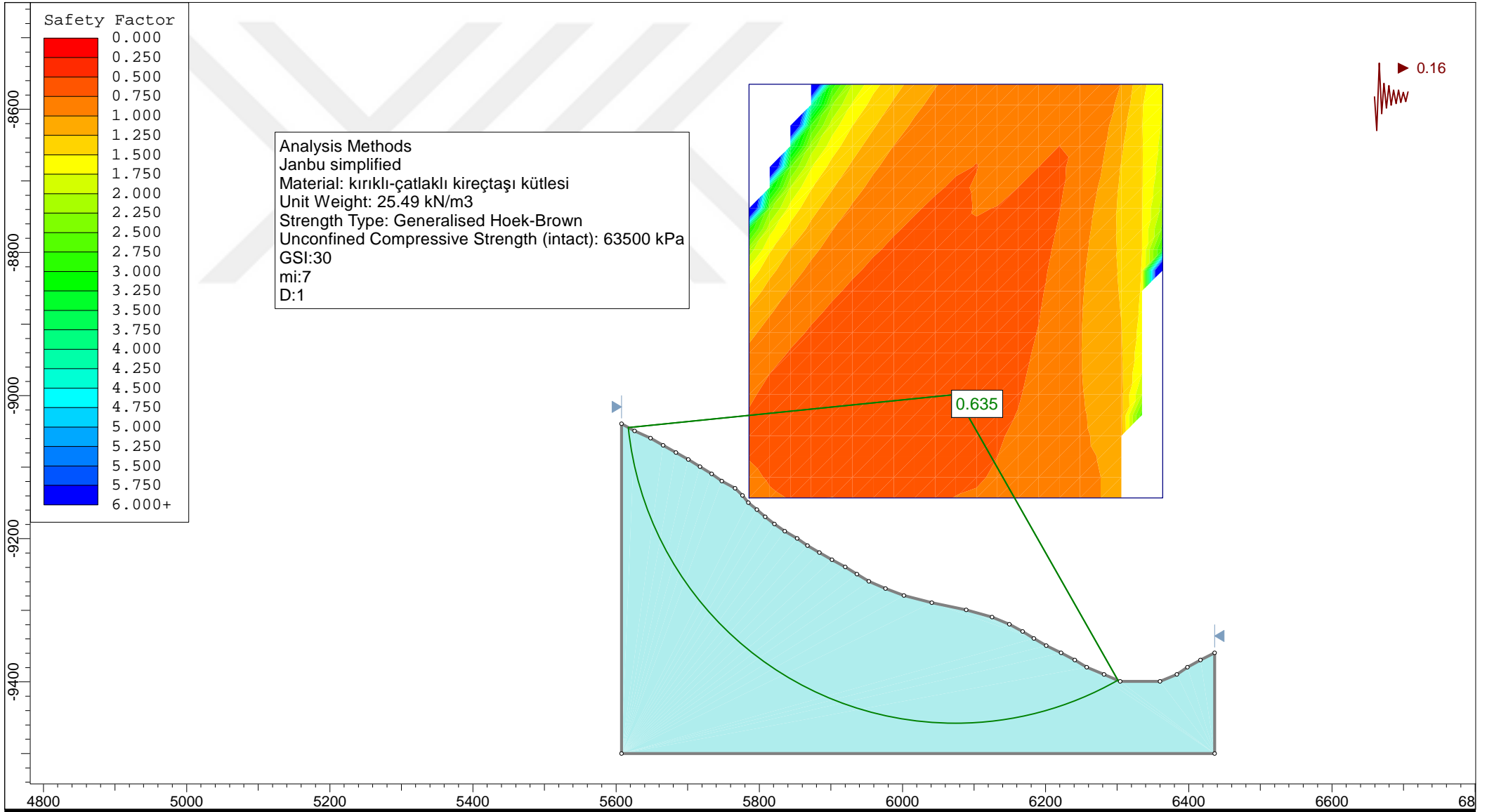
Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 3a	



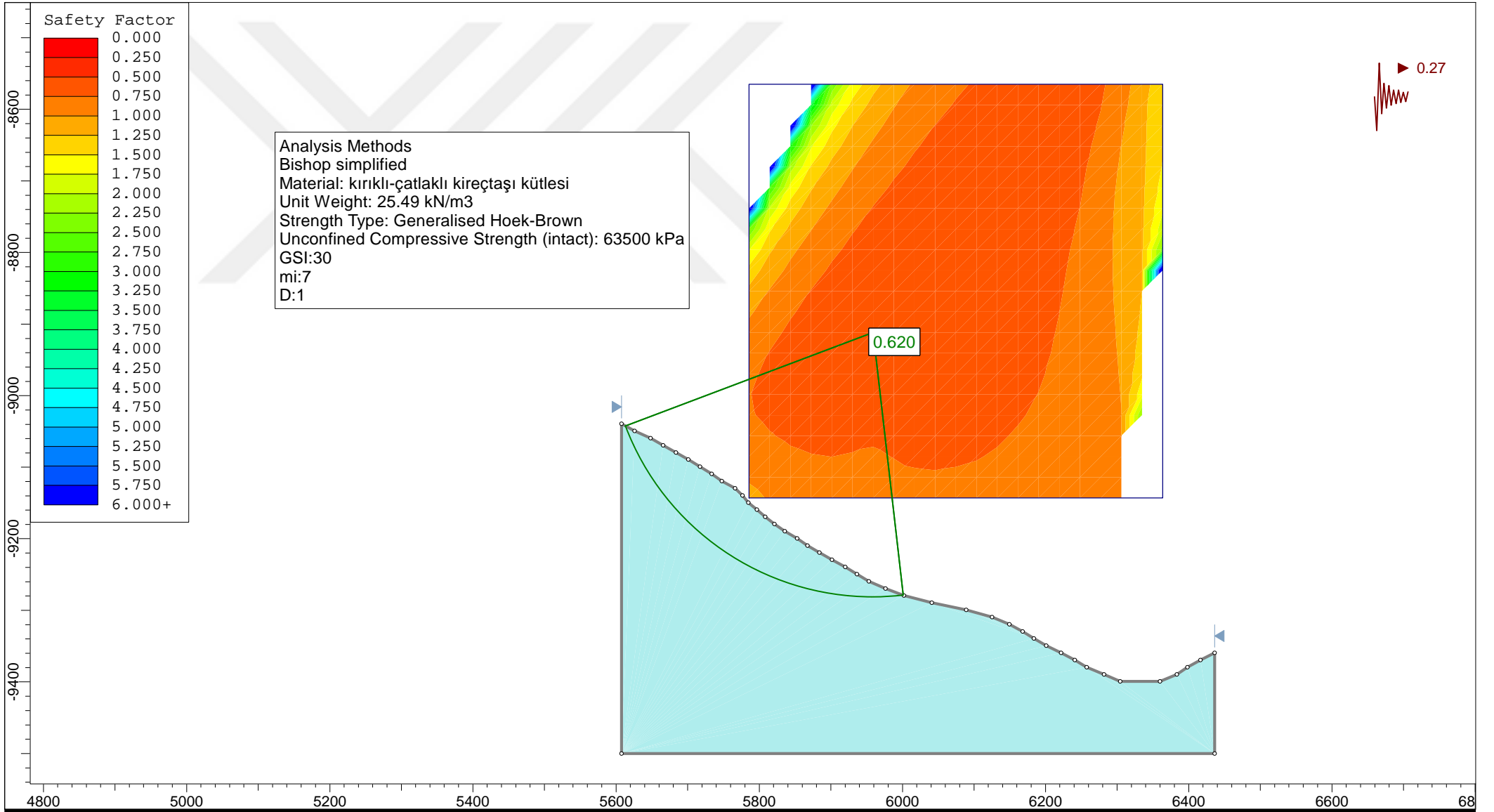
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 3b	



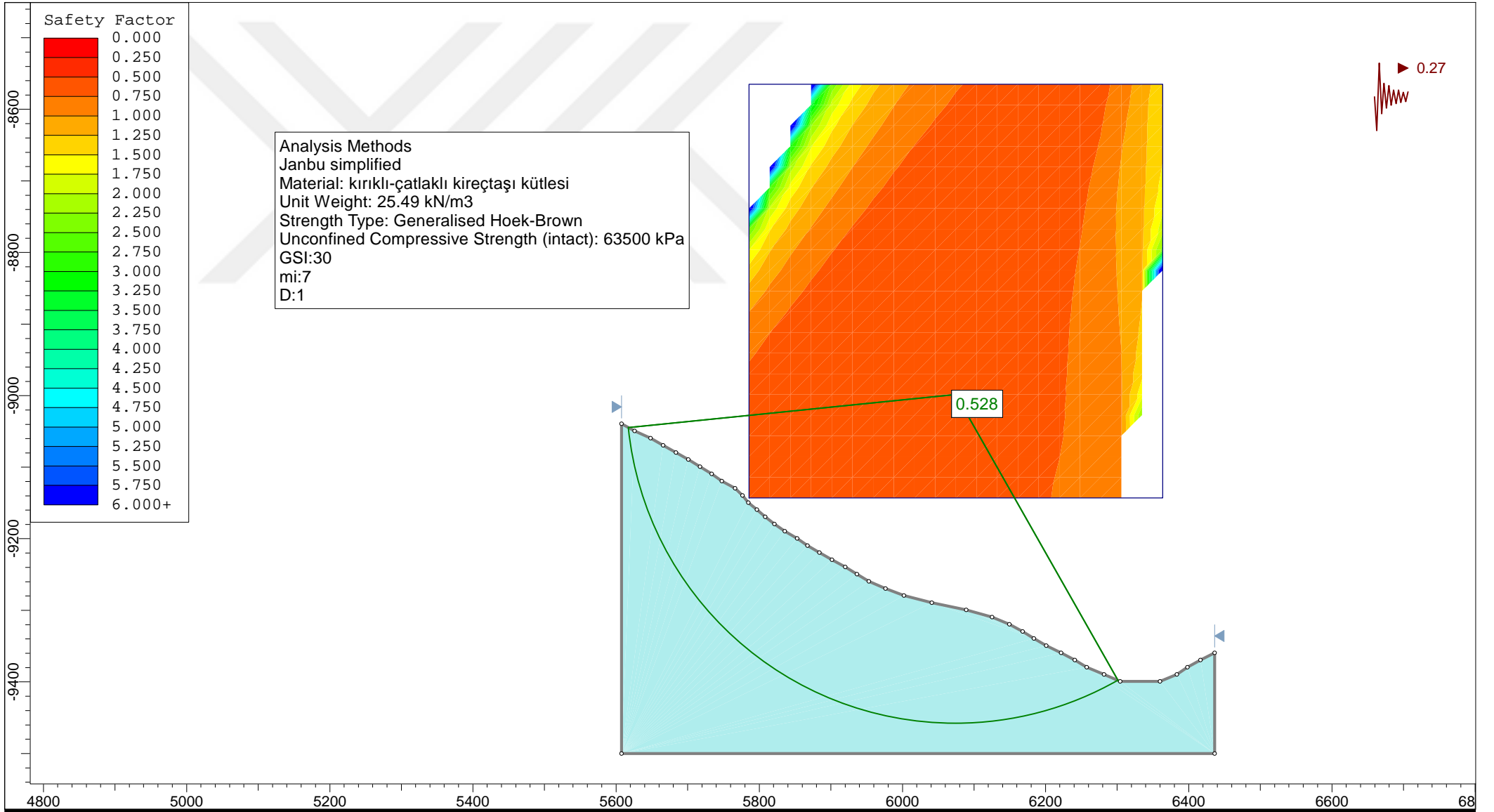
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
	Analysis Description		
	Drawn By	Company	
	Date	File Name	Kutle - 2 (B)- SENARYO 4a



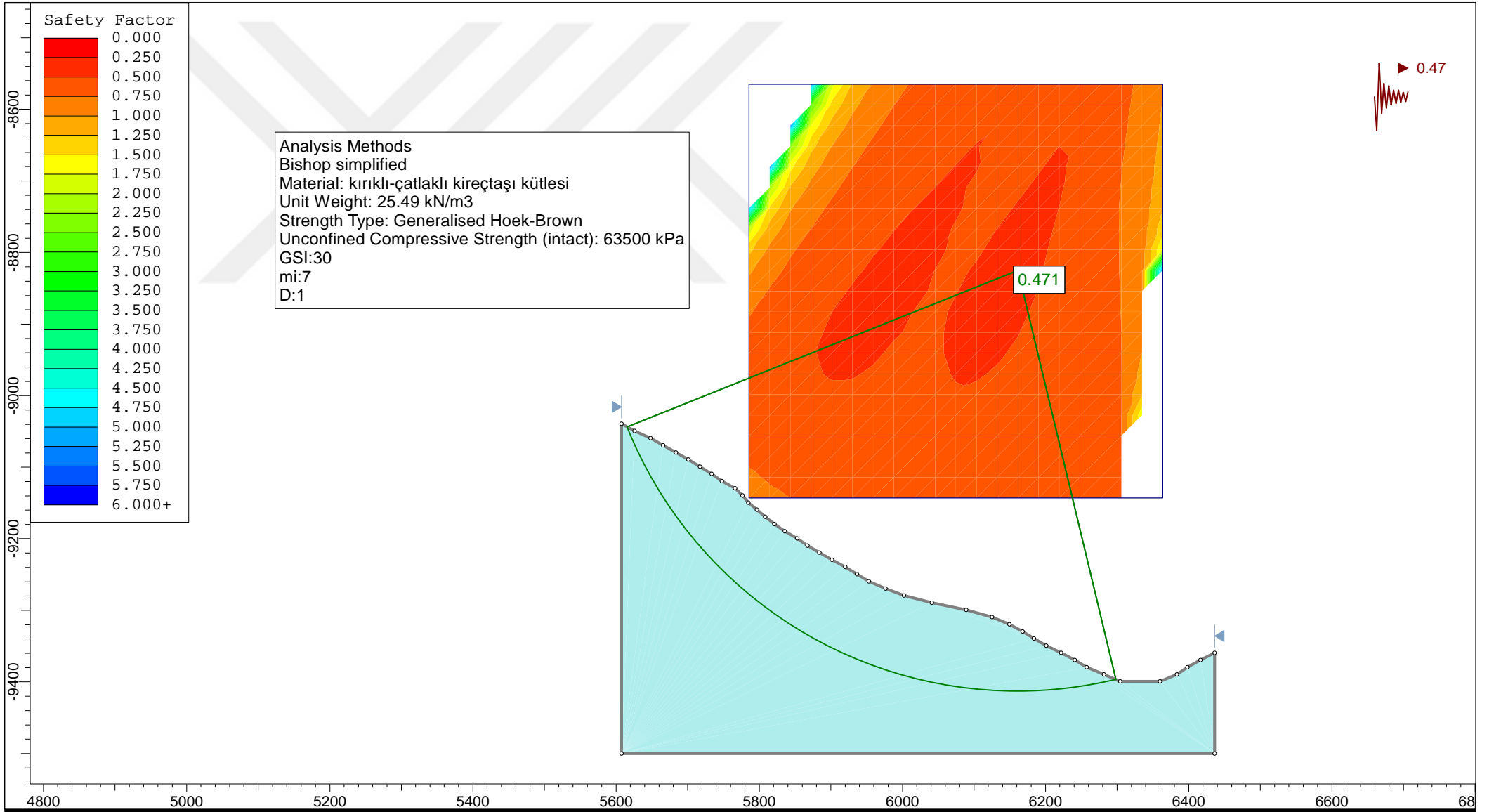
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 4b	



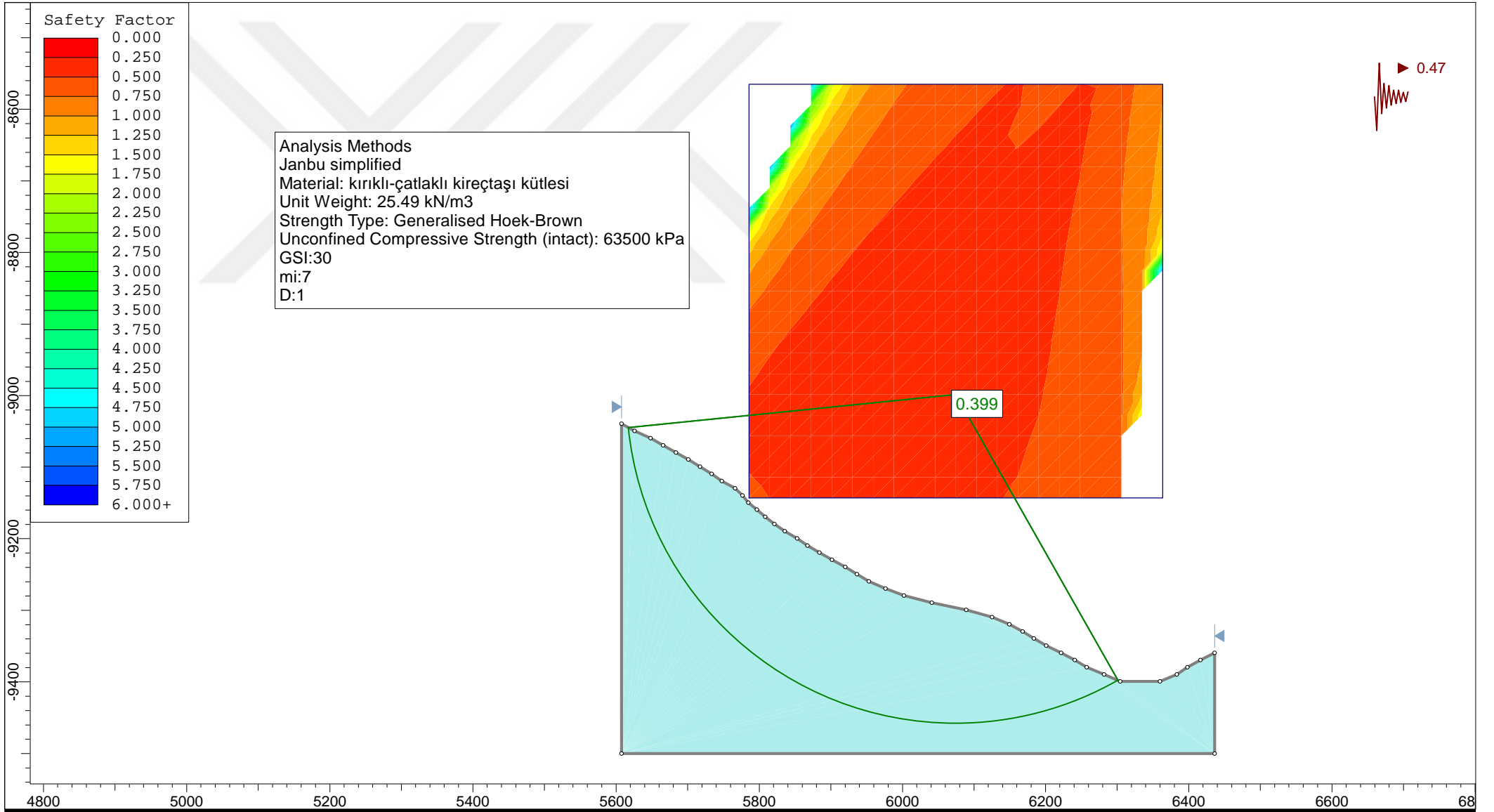
	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 5a	



Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 5b	



	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 6a	



	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Company	
	Date		File Name Kutle - 2 (B)- SENARYO 6b	

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Arzu ER
Doğum Yeri : Amasya
Medeni Hali : Bekar
E-posta : aarzuer@gmail.com
Adresi : İlkadım Mah. Yeşilvadi Sok. No:33/9 Dikmen/ANKARA

Eğitim

Lise : Amasya Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, 2000
Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği,
2005
Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Halkla İlişkiler, 2006
Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, 2010
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 2018

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İyi)

İş Deneyimi

Yolsu Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şti. Jeoteknik Grup Proje Müdürü, 2006-2013
Hidromark Mühendislik Müşavirlik A.Ş. Jeoteknik Grup Birim Yöneticisi, 2013-2017
Çakıl Müşavirlik Mühendislik Ltd. Şti. Şirket Müdürü 2017-

Deneyim Alanları

Mühendislik Jeolojisi, Zemin ve Kaya Mekanığı

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 11/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: KOZLUCA BARAJI (TAŞOVA, AMASYA) REZERVUARINDAKİ HEYELANIN BARAJ AŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 91 sayfalık kısmına ilişkin, 11/06/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı: Arzu Er
Öğrenci No: N14127911
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı:
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

Tarih ve İmza

11.06.2018

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

(Prof. Dr. Murat Ercanoğlu)

