

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÖPRÜLÜ (MERKEZ-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ**  
**YAMAÇ DURAYSIZLIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**  
**AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**ÜMİT MURAT MİDİLLİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**DOÇ. DR. AYBERK KAYA**

**TEZ JÜRİLERİ**

**DOÇ. DR. MURAT YAYLACI**

**DOÇ. DR. SELÇUK ALEMDAĞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RİZE-2018**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖPRÜLÜ (MERKEZ-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ YAMAÇ  
DURAYSIZLIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN  
İNCELENMESİ**

Doç. Dr. Ayberk KAYA danışmanlığında, Ümit Murat MİDİLLİ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 12/11/2018 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Doç. Dr. Ayberk KAYA
Üye	: Doç. Dr. Murat YAYLACI
Üye	: Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

İmzası

*(Handwritten signatures of Ayberk Kaya, Murat Yaylacı, and Selçuk Alemdağ)*

  
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Doç. Dr. Ayberk KAYA'ya şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans tez jürisinde yer alarak katkıda bulunan hocalarım Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ'a ve Doç. Dr. Murat YAYLACI'ya teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İrfan TEMİZEL'e, Jeoloji Müh. Mustafa HÜSEYİNPAŞAOĞLU'na, Jeoloji Müh. Yaşar ÖZDOĞAN'a, Jeoloji Müh. Osman SELÇUK'a ve Jeoloji Müh. Mehdi İLHAN'a teşekkür ederim.

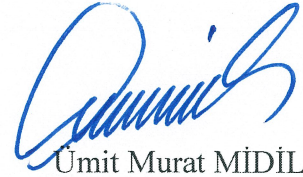
Bu çalışmanın yürütülmesinde desteğini gördüğümüz Rize Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne (AFAD) sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışma sırasında göstermiş oldukları ilgiden dolayı Köprülü Köyü sakinlerine şükranlarımı sunarım.

Tez çalışması sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli aileme “anneme, babama, kardeşlerime” ve değerli eşim Tuğba YILMAZ MİDİLLİ'ye ve biricik kızım Ayşe İkbâl'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Ümit Murat MİDİLLİ**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Köprülü (Merkez-Rize) Köyü Yerleşim Alanındaki Yamaç Duraysızlığının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 09/11/2018



Ümit Murat MİDİLLİ

**Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### KÖPRÜLÜ (MERKEZ-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ YAMAÇ DURAYSIZLIĞININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Ümit Murat MİDİLLİ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışmanı: Doç. Dr. Ayberk KAYA

Bu çalışma kapsamında Köprülü (Merkez-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu yamaçta meydana gelen ve yaklaşık olarak 26,56 hektarlık bir alanı kapsayan duraysızlık problemi, mühendislik jeolojisi açısından incelenmiş ve oluşum mekanizması ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar sırasıyla arazi, laboratuvar ve yamaç duraylılık analizi çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür. Bu amaçla sahadaki dört yamaçta eğim yönünde 5 hat boyunca toplam 300 m. derinliğinde 12 adet sondaj kuyusu açılmış, 10 profilde jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve 5 sondaj kuyusunda inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda ana kayayı Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'na ait aglomeraların oluşturduğu ve bu birimin üzerine kalınlığı 6,00-25,00 m. arasında değişen yamaç molozunun geldiği belirlenmiştir. Zemin ve kaya birimlerinin fiziko-mekanik özelliklerini tespit etmek için araştırma sondajlarından örnekler alınmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler yardımıyla Limit Denge ve sonlu elemanlar tabanlı Kayma Dayanımı Azaltma Yaklaşımı (FEM-SSR) yöntemleri kullanılarak duraylılık analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Duraylılık analizleriyle belirlenen kayma yüzeylerinin dağılımları incelendiğinde yamaçta önlem alınmaması durumunda yenilmenin gerileyen şekilde devam edebileceği saptanmıştır. Yapılan inklinometre ölçümleri ve duraylılık analizleri sonucunda, Köprülü Köyü yerleşim alanındaki yamaç molozunun duraysız olduğu ve önlem alınmaması durumunda önüne geçilemez mühendislik sorunlarıyla karşılaşılacağı belirlenmiştir.

2018, 97 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Duraylılık Analizi, Limit Denge Yöntemi, FEM-SSR Yöntemi, Güvenlik Sayısı, İnklinometre Ölçümleri

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE SLOPE INSTABILITY IN THE KÖPRÜLÜ (MERKEZ-RİZE) VILLAGE SETTLEMENT AREA IN TERMS OF ENGINEERING GEOLOGY

Ümit Murat MİDİLLİ

Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geological Engineering  
Master Thesis  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayberk KAYA

In the scope of this study, the slope stability problem in the Köprülü (Rize) village settlement area covering approximately 26,56 hectares was investigated in terms of engineering geology and the occurrence mechanism of the failure was defined. The studies were performed in three stages as field, laboratory works and stability analyses. For this purpose, along the five survey lines; twelve boreholes with a total of 300 meters in length were drilled, geophysical studies were performed along the ten lines and inclinometer measurements were taken in five boreholes. At the end of the field work, it was determined that the talus whose thickness varies between 6,00-25,00 meters overlies the main rocks that was formed by the Eosen-aged Kabaköy Formation consisting of agglomerates. To determine the physico-mechanical properties of the talus and rocks, samples were taken from boreholes. Limit equilibrium and the Finite Element based Shear Strength Reduction (FEM-SSR) methods were used to perform the stability analyses using the obtained data from field and laboratory studies and the results were compared. When examining the distribution of the failure surfaces obtained from the stability analyses, it was detected that the failure may continue as retrogressive type if there is not any precaution taken on the slope. Performed inclinometer measurements and stability analyses showed that the talus in the Köprülü village settlement area is unstable and unforeseen engineering problems will be encountered if measures are not taken in the slope.

**2018, 97 pages**

**Keywords:** Stability Analysis, Limit Equilibrium Method, FEM-SSR Method, Factor of Safety, Inclinometer Measurements

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	2
1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	3
1.4. İklim ve Bitki Örtüsü.....	7
1.5. Sosyo-Ekonomik Bilgiler .....	7
1.6. Jeomorfoloji.....	7
1.7. Bölgesel Jeoloji.....	8
1.8. Literatür Çalışmaları.....	9
1.9. İnceleme Alanında Yapılan Önceki Çalışmalar .....	14
1.10. Kütle Hareketleri ve Genel Özellikleri.....	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
3. BULGULAR .....	17
3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi .....	17
3.1.1. Kabaköy Formasyonu.....	19
3.1.2. Yamaç Molozları .....	24
3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları .....	25
3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları .....	25
3.2.2. Jeofizik Çalışmaları .....	31
3.2.3. Heyelan İzleme Çalışmaları.....	32
3.2.4. Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları .....	36
3.2.5. İleri Derecede Bozunmuş Aglomeraların Kaya Kütle Özellikleri.....	38
3.2.6. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özelliklerin Belirlenmesi.....	40

3.3. Yamaç Duraylılık Analizleri .....	41
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR .....	64
EKLER .....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	97





## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.</b>	Çalışma alanına ait yerbulduru haritası .....	4
<b>Şekil 2.</b>	Paleo heyelanlı yamaç üzerinde bulunan Köprülü Köyü'nün ve çevresinin uydu fotoğrafındaki görünümü (Ölçeksizdir) .....	4
<b>Şekil 3.</b>	Gerilme çatlaklarının (kırmızı çizgiler), drenaj (mavi çizgiler) ve etüt (yeşil çizgiler) hatlarının hava fotoğrafındaki görünümü.....	5
<b>Şekil 4.</b>	Çalışma alanını içine alan bölgenin 1/1000 ölçekli hali hazır haritası (kırmızı çizgiler gerilme çatlaklarını, mavi çizgiler kuru dere vadilerini ve yeşil kesikli çizgiler duraysız alanın sınırlarını göstermektedir) .....	6
<b>Şekil 5.</b>	Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit .....	17
<b>Şekil 6.</b>	Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek) .....	18
<b>Şekil 7.</b>	(a-f) Kabaköy Formasyonu'na ait ileri derecede bozunmuş aglomeraların arazideki görünümü (Yer: Çalışma alanı içinden geçen yol şevleri) .....	20
<b>Şekil 8.</b>	Kabaköy Formasyonu'ndan alınan aglomera örneklerindeki (a, b) çakıl ve (c,d) bağlayıcı malzemenin mikroskobik görüntüleri (Çift Nikol) (Hbl: hornblend, Op: opak mineral, Pr: piroksen, Pl: plajioklas).....	22
<b>Şekil 9.</b>	(a-d) Kabaköy Formasyonu içinden geçen düşey atımlı faya bağlı olarak gelişmiş dike yakın süreksizlikler .....	23
<b>Şekil 10.</b>	Yamaç molozu ve ana kaya dokanağının yol yarmasındaki görünümü.....	24
<b>Şekil 11.</b>	Sondaj (mavi daireler), sismik hat (turuncu çizgiler), gerilme çatlakları (kırmızı çizgiler) ve etüt hatlarının (yeşil çizgiler) hava fotoğrafındaki görünümü.....	26
<b>Şekil 12.</b>	(a) SK-1, (b) SK-2, (c) SK-3, (d) SK-11 ve (e) SK-12 nolu kuyulara ait inklinometre okumalarında tespit edilmiş derinlik-hareket miktarları ilişkisi .....	35
<b>Şekil 13.</b>	Kaya kütlelerinin Hoek vd. (2013) tarafından önerilen GSI abağına göre değerlendirilmesi .....	39
<b>Şekil 14.</b>	(a, b) 1 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu Yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi .....	44

<b>Şekil 15.</b> (a, b) 2 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi .....	46
<b>Şekil 16.</b> (a, b) 3 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi .....	48
<b>Şekil 17.</b> 4 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi .....	49
<b>Şekil 18.</b> (a, b) 5 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi .....	52
<b>Şekil 19.</b> 1 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz.....	54
<b>Şekil 20.</b> 2 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz.....	55
<b>Şekil 21.</b> 3 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz.....	56
<b>Şekil 22.</b> 4 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz.....	57
<b>Şekil 23.</b> 5 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz.....	57

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Kütöle hareketlerinin sınıflandırılması (EPOCH, 1993).....	15
<b>Tablo 2.</b> Çalışma alanında yapılan sondajlara ait teknik bilgiler .....	25
<b>Tablo 3.</b> Sismik kırılma yöntemine göre belirlenen dinamik özellikler .....	32
<b>Tablo 4.</b> Heyelan hızları ve olası zararlar (Varnes, 1978).....	36
<b>Tablo 5.</b> Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler .....	37
<b>Tablo 6.</b> Aglomera örneklerine ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler .....	38



## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Müdürlüğü
Agl.	Aglomera
Assoc. Prof. Dr.	Associate Professor Doctor
ASTM	American Society for Testing and Materials
c	Kohezyon (kPa)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CH	Yüksek Plastisiteli Kil
CL	Düşük Plastisiteli Kil
CU	Konsolidasyonlu-Drenajsız Deney
D	Örselenme Faktörü
Doç. Dr.	Doçent Doktor
d	Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$E_d$	Deformasyon Modülü ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
$E_i$	Elastisite Modülü (GPa)
EPOCH	European Community Programme
FEM-SSR	Kayma Dayanımı Azaltma Yaklaşımı
GB	Güneybatı
GC	Killi Çakıl
GD	Güneydoğu
G <sub>s</sub>	Güvenlik Sayısı
GSI	Jeolojik Dayanım İndeksi
h	Tabaka Kalınlığı (m)
Hbl	Hornblend
ISRM	International Society for Rock Mechanics
JCond <sub>89</sub>	RMR Sistemi Süreksizlik Koşulu
KD	Kuzeydoğu
LL	Likit Limit (%)
MASW	Çok Kanallı Yüzey Dalgası
$m_b, s$ ve $a$	Hoek-Brown Sabitleri
MEUS	Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi
NACS	North American Commission on Stratigraphy

Op	Opak Mineral
PI	Plastisite İndisi (%)
Pl	Plajoklas
PL	Plastik Limit (%)
Pr	Piroksen
RABİS	Rize Afet Bilgi Sistemi Projesi
RQD	Kaya Kalite Göstergesi (%)
SINMAP	Stability Index Mapping
SK	Sondaj Kuyusu
SM	Siltli Kum
SRF	Kayma Gerilmesi Azaltma Faktörü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UA	Uzaktan Algılama
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması
$V_p$	Elastik Dalganın Boyuna Yayma Hızı (m/s)
$V_s$	Elastik Dalganın Enine Yayma Hızı (m/s)
YASS	Yeraltı Suyu Seviyesi
$\sigma_{ci}$	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
$\omega$	Su Muhtevası (%)
$\phi$	İçsel Sürtünme Açısı ( $^{\circ}$ )
$\gamma_n$	Doğal Birim Hacim Ağırlık ( $\text{kN/m}^3$ )
$\varnothing$	İnklinometre Borusu Çapı (mm)
$I_{s(50)}$	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (MPa)
$\nu$	Poisson Oranı

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Afet, insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar meydana getiren, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen doğal, teknolojik veya insan kökenli olaylara denilmektedir (Sakarya ve İleri, 2016). Ülkemizin tektonik, topoğrafik ve iklimsel özellikleri nedeniyle doğal olaylarla sıklıkla karşılaşmaktadır. Türkiye’de son 65 yıl içinde afetlerin neden olduğu yapı hasarı istatistikleri dikkate alındığında hasarın % 61’inin depremler, % 15’inin heyelanlar, % 14’ünün su baskınları, % 5’inin kaya düşmeleri, % 4’ünün yangınlar ve % 1’inin diğer afetler (çığ, fırtına, vb.) nedeniyle meydana geldiği görülmektedir (Dağ, 2007).

Ülkemizde kütle hareketlerinin meydana gelmesinde bölgelerin morfolojisi, jeolojik yapısı, kayaçların bozunması, iklim karakteristikleri, yerleşim düzeni ve mühendislik yapıları için doğada yapılan değişik amaçlı kazılar önemli rol oynamaktadır. Bu faktörlerden başka doğal ve yapay titreşimler (depremler, taş ocağı patlatmaları, inşaat faaliyetleri vb.), yamaçların aşırı yüklenmesi, tarım arazilerinin aşırı sulanması, kaynak ve atık suları kütle hareketlerinin oluşmasında etkili olmaktadır. Ülkemizin değişik bölgelerinde, farklı zamanlarda özellikle Karadeniz Bölgesi’nde meydana gelen kütle hareketleri, binaların yıkılmasına, altyapıların bozulmasına, tarım ve orman arazilerinin kullanılamaz hale gelmesine ve çok daha önemlisi insanların hayatlarını kaybetmesine neden olmaktadır (Tarhan, 1991).

Doğu Karadeniz Bölümü’nde değişik türde kütle hareketleri sıklıkla görülmektedir. Yörede her yıl çok sayıda heyelan, toprak/çamur akması ve kaya düşmesi olayları meydana gelmektedir (Tarhan, 1991). Türkiye’de heyelan türü doğal olayların en çok görüldüğü yer Doğu Karadeniz Bölümü’dür. Yörenin topoğrafik ve jeolojik yapısı, yağışların bol olması ve buna bağlı olarak kayaçların bozunması, potansiyel heyelan alanlarını oluşturmaktadır. Son yıllarda nüfusun hızla artmasına bağlı olarak bu alanlarda yeni yerleşim alanları için büyük ölçekli kazıların yapılması pek çok kütle hareketini tetiklemektedir (Kaya, 2016).

2001-2016 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölümü'nde 36 adet heyelan, sel, taşkın olayı gerçekleşmiş ve 136 vatandaşımız hayatını yitirmiştir. Bu afetlerden 13'ü ise Rize İl'inde meydana gelmiş ve 78 kişi hayatını kaybetmiştir. Rize İli'nde meydana gelen sel ve heyelanlar bölge için birinci derece öneme sahip afetlerdir. Hemen hemen her yıl gerçekleşen sel ve heyelanlar bölgede çok sayıda can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Rize İli'nin jeolojik yapısı, yoğun yağış miktarı, eğimli arazi yapısı, doğal bitki örtüsünün bilinçsizce çay bahçelerine dönüştürülmesi, plansız yerleşim ve ulaşım amaçlı açılan desteksiz yol şevi kazıları yöredeki heyelanları tetikleyen ana faktörlerdir (Pervanlar, 2016).

Son yıllarda bu yöredeki afetlerin sebep olduğu kayıpları azaltabilmek ya da bertaraf edilebilmek için ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından planlı çalışmalar yürütülmektedir. Muhtemel afetler öncesinde acil durum planları ve senaryoları hazırlanmakta ve olası acil durumlarda afet öncesi hazırlık, afet sırasında yapılması gerekenler ve afet sonrasındaki çalışmaların hızlı ve koordineli bir şekilde yürütülebilmesi için çalışmalar ve tatbikatlar yapılmaktadır.

## **1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Bu çalışmanın amacı, Köprülü (Merkez-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu üç adet kuru dere vadisi tarafından bölünmüş dört yamaçta meydana gelen ve yaklaşık olarak 26,56 hektarlık bir alanı kapsayan duraysızlık problemini mühendislik jeolojisi açısından incelemek ve oluşum mekanizmasını ortaya koymaktır.

Bu amaçla çalışma alanı içinde gerçekleştirilen etüt çalışması; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür. Sahadaki dört yamaçta eğim aşağı doğru olacak şekilde belirlenen ve çalışmanın amacına uygun her biri 230 m. uzunluğundaki 5 adet etüt hattı boyunca yerüstü ve yeraltı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yürütülen arazi çalışmalarının ilk aşamasında çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, gerilme çatlaklarının yayılımları saptanmış ve hasarlı yapılar tespit edilmiştir. Sonraki aşamasında ise çalışma alanındaki zemin malzemesinin kalınlığındaki değişimi, ana kayaya ait litolojik özellikleri ve yeraltı suyu seviyesini tespit etmek amacıyla sondaj çalışmaları; sondaj

yapılamayan lokasyonlardaki zeminin profilini ortaya çıkarmak ve dinamik-elastik parametrelerini saptamak amacıyla jeofizik çalışmalar; kayma yüzeyinin derinliğini, kaymanın yönünü ve hızını saptamak için inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında sondajlardan derlenen zemin ve kaya örnekleri üzerinde çalışmanın amacına uygun olan fiziko-mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları kapsamında ise arazi, laboratuvar ve önceki çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak yenilmelerin gözlemlendiği yamaçlar için Limit Denge ve sayısal analiz yöntemleri yardımıyla duraylılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

### **1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması**

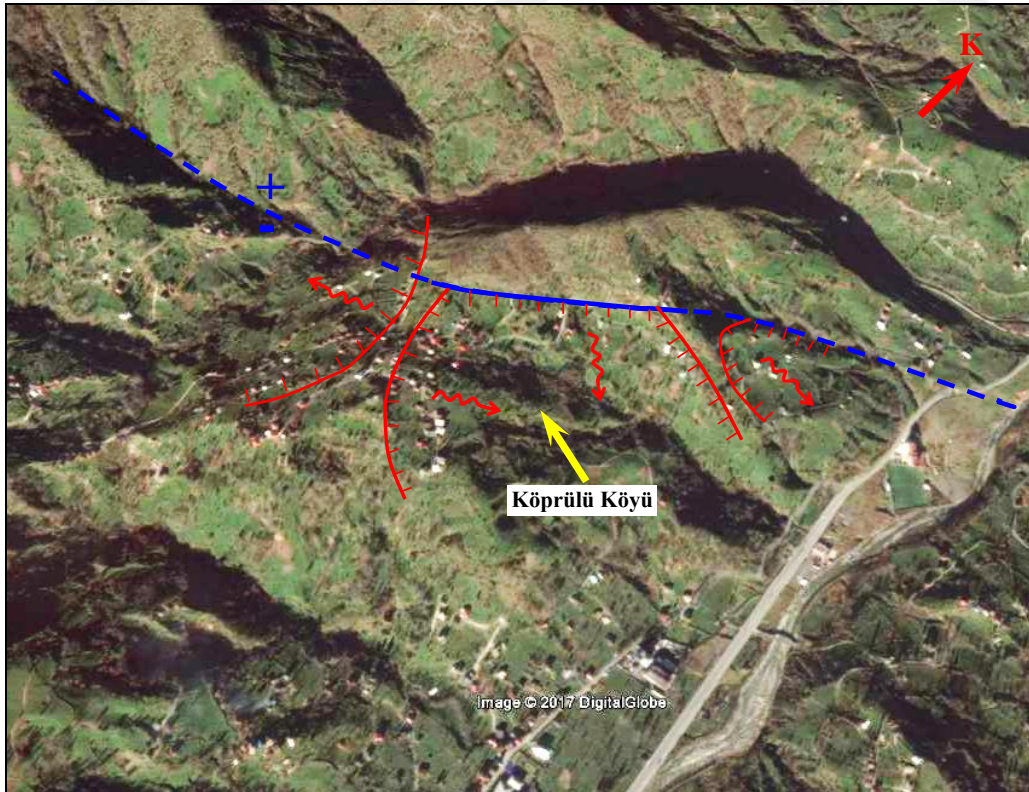
Çalışma alanı Rize İli, Merkez İlçesi, Köprülü Köyü yerleşim alanını (Şekil 1) kapsamakta olup, inceleme alanına Karadeniz Sahil Yolu'ndan Güneysu İlçesi'ne giden devlet karayolundan itibaren Andon-Küçükçayır yol sapağı kullanılarak yaklaşık 10 km uzunluğundaki asfalt bir yolla ulaşılmaktadır. 1/25000 ölçekli Tortum G45-a1 paftası içinde yer alan çalışma alanının doğusundan Salarha (Taşlı) Deresi geçmekte olup, etrafında Kocatepe, Güzelköy, Yolveren Köylerine ve Çaykent Beldesi'ne ait yerleşim yerleri bulunmaktadır. Çalışma alanı ve çevresi için yapılan üç boyutlu topoğrafik incelemede tipik bir fosil (paleo) heyelan morfolojisi özelliği bulunduğu görülmüştür. Arazideki en yüksek tepeyi 423 m. rakımlı Güneli Tepe oluşturmaktadır (Şekil 2).

Çalışmanın konusunu oluşturan ve yenilmelerin gözlemlendiği yamaçların bulunduğu alanda Köprülü Köyü'ne ait müstakil evler bulunmakta ve ortasından beton ve asfalt özellikteki ana mahalle yolu geçmektedir. Çalışma alanındaki topoğrafik özelliklerden dolayı yörede dağınık yerleşim şekli hakimdir ve evlere ulaşım için ana köy yolundan itibaren çok sayıda mahalle yolu açılmıştır (EK-1).



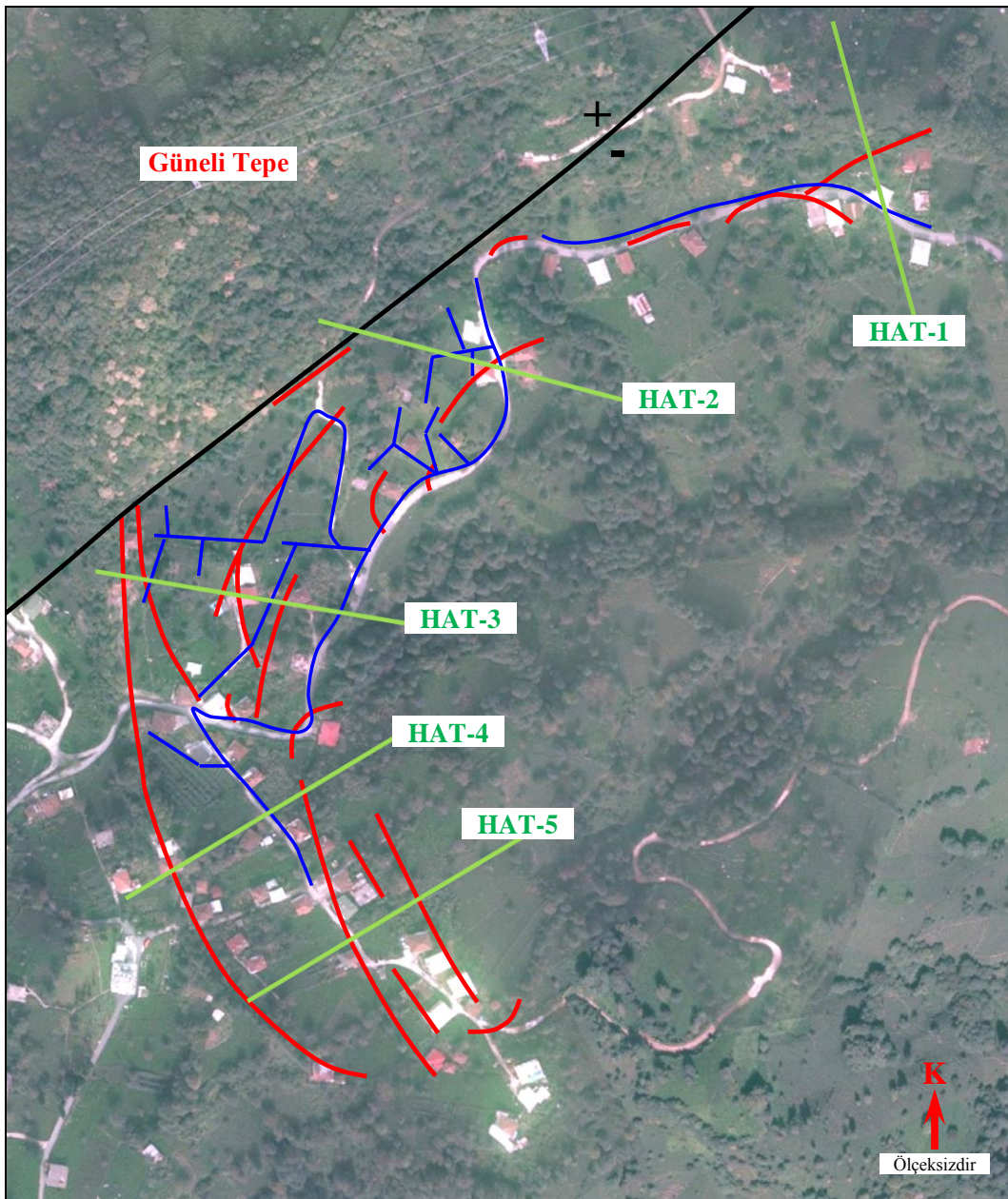


Şekil 1. Çalışma alanına ait yerbuldur haritası

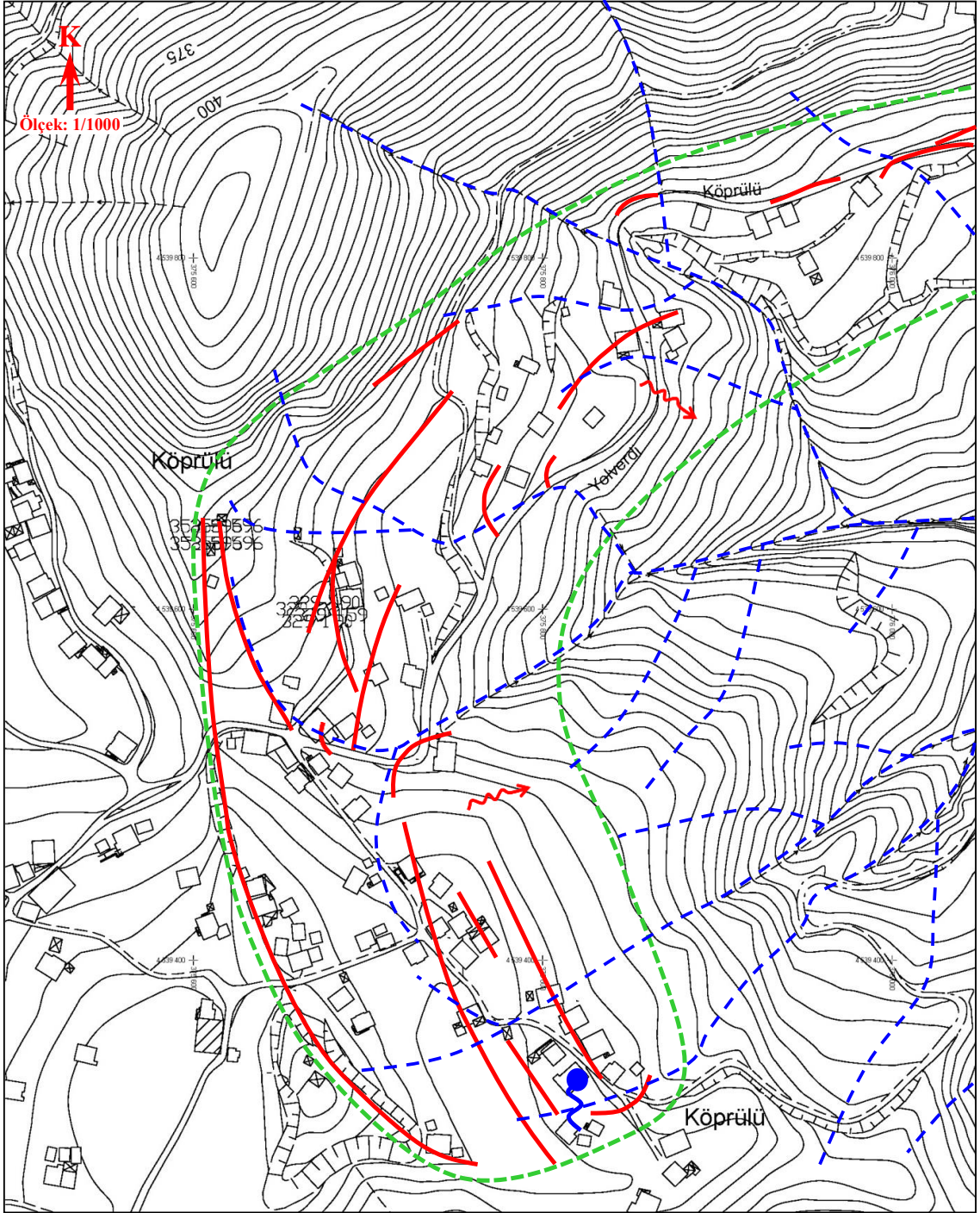


Şekil 2. Paleo heyelanlı yamaç üzerinde bulunan Köprülü Köyü'nün ve çevresinin uydu fotoğrafındaki görünümü (Ölçeksizdir)

15 Ekim 2015 tarihindeki aşırı yağışların sonrasında yerleşim alanındaki yamaçlarda yoğun gerilme çatlakları oluşmuş ve bu olaydan 31 adet konut ve diğer yapılar etkilenecek köy yolunda ve çay bahçelerindeki zeminde çökme deformasyonu gelişmiştir (EK-1). Duraysızlık probleminin gözlemlendiği lokasyonda Köprülü Köyü'ne ait 63 adet betonarme ve yığma tarzda yapılmış müstakil evler, serenderler, kulübeler, mereler, yaş çay alım merkezi, inşaat halinde ve terk edilmiş yapılar bulunmaktadır. Çalışma alanını içine alan bölgenin 25 m. çözünürlüklü hava fotoğrafındaki görünümü Şekil 3'te, 1/1000 ölçekli hali hazır haritadaki görünümü ise Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 3. Gerilme çatlaklarının (kırmızı çizgiler), drenaj (mavi çizgiler) ve etüt (yeşil çizgiler) hatlarının hava fotoğrafındaki görünümü



**Şekil 4.** Çalışma alanını içine alan bölgenin 1/1000 ölçekli hali hazır haritası (kırmızı çizgiler gerilme çatlaklarını, mavi çizgiler kuru dere vadilerini ve yeşil kesikli çizgiler duraysız alanın sınırlarını göstermektedir)

#### **1.4. İklim ve Bitki Örtüsü**

Çalışma alanı ve çevresi ülkemizin en çok yağış alan bölgesinde bulunmakta olup, Karadeniz iklimi hakimdir. Yaz ve kış mevsimlerinde bol yağış ve ılık hava egemendir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Yıllık ortalama sıcaklığı 15 °C'dir. Sıcaklık -7 ve 37 °C arasında değişmektedir. Yazın nemli olan kuzey rüzgârları bol yağmur getirmektedir. Senenin 140 günü yağışlıdır ve yıllık ortalama yağış miktarı 2500 mm. civarındadır. Yılın en kurak ayı Mayıs ayı olup, en fazla yağış ise Aralık ayında görülmektedir.

Bitki örtüsünü ağaçlar ve fundalıklar teşkil etmektedir. Sarp ve engebeli arazi yapısının ve ikliminin de etkisiyle yöredeki ana bitki örtüsünü Güneli Tepe civarında ormanlar oluşturmaktadır. Ormanları kestane, kayın, kızılâğaç, karayemiş ve defne türü ağaçlar oluşturmaktadır. Düşük kotlarda ise yoğun biçimde çay ve kivi bahçeleri bulunmaktadır. Bunların dışında bölgede meyve ağaçları olarak mandalina, armut, hurma ve elma ağaçları da bulunmaktadır.

#### **1.5. Sosyo-Ekonomik Bilgiler**

Çalışma alanı ve çevresinde arazinin oldukça engebeli olması nedeniyle tarım faaliyetlerinin yürütüleceği araziler son derece kısıtlıdır. Dolayısıyla tarım arazisi oluşturmak amacıyla ormanların kesilerek arazinin bu şekilde değerlendirildiği görülmektedir. İklimin elverişliliği tarımsal üretimi olumlu yönde etkilemiştir. Tarımsal nüfusun çoğunluğu çay ve orman ürünleriyle geçimini idame ettirmektedir. Yöre, endüstri açısından fazla gelişmemiştir. Bölgedeki sanayi faaliyetlerinin ekonomideki payı oldukça düşük düzeydedir.

#### **1.6. Jeomorfoloji**

Yörede başlıca üç ana jeomorfolojik oluşum gözlenmektedir. Bunlar, güneyde su bölüm çizgisi boyunca doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, kuzeyde Karadeniz kıyısı boyunca denizel şekillendirme sonucu oluşan Pleistosen-Aktüel kıyı kuşağı ve akarsular tarafından derince yarılmış plato ve tepelik alanlardır.

Üçüncü jeomorfolojik oluşum sınıfında yer alan çalışma alanı, vadiler ve sırtların hakim olduğu yaklaşık 250-350 m. kotları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı, fosil bir heyelanın günümüzde dengede olan malzemesinin oluşturduğu ve 4 ana sırttan oluşan KD ile GD yönlerine doğru yaklaşık 20-40° eğimli çanak şeklindeki bir vadinin üzerinde konumlanmış durumdadır. Bu eski heyelanın ayna bölgesini K60D-85GD duruşlu düşey atımlı bir fayın tavan bloğundaki aynası oluşturmaktadır (Şekil 2-4). Ayna bölgesinin de üzerinde bulunduğu 423 m. rakımlı Güneli Tepe'ye doğru gidildikçe yamaç eğimi 80°'lere kadar çıkmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde sarp bir topografya hakimdir. İnceleme alanı içindeki kuru dere vadileri dar V şekilli, yakın civarından geçen Salarha Vadisi ise yayvan V şekilli vadi özelliğindedir.

### **1.7. Bölgesel Jeoloji**

Anadolu'nun tektonik birlikleri sınıflamasında Doğu Pontidler olarak isimlendirilen Doğu Karadeniz Dağları; kuzeyde Karadeniz, güneyde Çoruh Vadisi ve Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Küçük Kafkaslar ve batıda ise Kızılırmak Vadisi ile sınırlanır. Doğu Pontidler olarak isimlendirilen bu bölge geçirdiği jeolojik evrime bağlı olarak kendi içinde Kuzey ve Güney Zon olarak ikiye ayrılır. Reşadiye, Alucra, Gümüşhane, Bayburt ve Çoruh Vadisi'nden geçen hattın kuzey kesimi Doğu Pontid Kuzey Zonu, güney kesimi ise Doğu Pontid Güney Zonu olarak isimlendirilmiştir. Doğu Pontid Kuzey Zonu, Pontid ada yayına karşılık gelmektedir ve çoğunlukla intrüzif ve volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Güney Zon ise bir yay önü havzası konumunda olup çoğunlukla tortul, çok az olarak da volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Çalışma alanı Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin kuzey zonunda yer almaktadır (Ketin, 1966).

Doğu Karadeniz Dağları'nın en yaşlı kayalarını Paleozoyik yaşlı metamorfitle (Pulur-Ağvanis Masifi) ile Gümüşhane Graniti oluşturmaktadır. Bu kayalar Güney Zon'da doğu-batı yönünde geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Bu birimin (Paleozoik temel) üzerine Liyas yaşlı volkanik ve türbiditik çökellerden oluşan kalın bir volkanotortul istif gelmektedir. Bu volkanitler çoğunlukla bazaltik karakterli olup, bir rift volkanizması özelliklerini taşırlar. Güney Zon'da yaygın olarak izlenen Liyas yaşlı volkanitler, Kuzey Zon'da çok dar bir alanda yüzeylenmektedir. Liyas yaşlı volkanitler karbonatlı kayalardan oluşan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu

tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Bu karbonatlı kayaçlar Güney Zon'da geniş bir alanda ve oldukça kalın bir istif halinde izlenmelerine karşın Kuzey Zon'da devamsız ve küçük yüzeylenmeler halindedir. Doğu Pontid'ler Geç Kretase'de bir ada yayı konumundadır. Yitime bağlı olarak oldukça şiddetli ve yaygın olarak yer yer tortul ara katkılı denizaltı volkanizması oluşmuştur. Doğu Pontid'lerde Geç Kretase yaşlı ada yayı volkanizmasına Kaçkar Granitoyidi I olarak isimlendirilen magmatik kayaçlar eşlik etmektedir. Geç Kretase'de Kuzey Zon'da magmatizma ve volkanizma etkili olurken bir yay önü havza konumundaki Güney Zon'da ise oldukça kalın fliş türü tortul kayaçlar görülmektedir. Eosen, Güney Zon'da bir aşınma uyumsuzluğu ile başlamasına karşın, Kuzey Zon'da Geç Kretase kesintisiz olarak Eosen'e geçmektedir. Eosen'de yitime bağlı olarak oluşan magmatik kayaçlar Kaçkar Granitoyidi II olarak adlandırılmıştır. Pliyosen, aglomeratik breşler, andezit ve bazaltlardan oluşmaktadır.

### **1.8. Literatür Çalışmaları**

Rize İli ve çevresinde meydana gelen heyelanların oluşum mekanizmasını, etken faktörleri, yerleşim için riskli olan veya uygun olan alanları belirlemeye yönelik sınırlı sayıda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yörede araştırmacılar tarafından yapılan ulusal ve uluslararası düzeydeki çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Tarhan (1991), "Doğu Karadeniz Heyelanlarına Genel Bir Bakış" isimli çalışmasında; değişik kökenli kayaçlarda meydana gelen farklı türdeki 100'e yakın kütle hareketini jeolojik ve jeoteknik açıdan incelemiş ve bu hareketlerin nedenlerini ortaya koymaya çalışmıştır. Yaptığı çalışmalar neticesinde, kütle hareketlerinin meydana gelmesinde, bölgenin morfolojisi, jeolojisi, iklim karakteristikleri ve bunlara ilaveten kayaçların bozunması, değişik amaçlı kazılar, bitki örtüsünün tahribi ve yapay sarsıntıların etkili olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz (1995), "Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelanlarının Genel Özellikleri, Nedenleri ve Önlenme Yolları" isimli çalışmasında; bölgede heyelanları etkileyen faktörlerin başlıcalarını; morfolojik durum, yağışlar, kazılar ve akarsu oymaları, kayaçların bozunması, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve değiştirilmesi, zemin özellikleri ve diğer nedenler (kaynaklar, atık sular, yükleme vb.) olarak belirlemiştir.

Ayrıca aktif veya potansiyel heyelanların önlenmesi için yapılacak ilk işin, bu alanlarda morfoloji göz önüne alınarak yüzey ve yeraltı suyu drenajı olduğunu açıklamış ve gerekli olan diğer önlemleri sıralamıştır.

Bulut vd. (1995), “Fındıklı (Rize) İlçesi Doğu Yöresindeki Heyelanların Nedenleri” isimli çalışmasında; yöredeki heyelanların oluşumunda etkili olduğu düşünülen morfoloji, iklim, bitki örtüsü, bozunma ve kayaçların jeoteknik özellikleri gibi faktörlerin heyelanlarla ilişkisini ortaya koymuştur. Yapılan detaylı çalışmalar neticesinde, heyelanların oluşmasında yağışın birinci derecede etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşan heyelanların % 85’inin bozunmuş kayaçlar içerisinde meydana gelmesi, bozunmanın heyelan oluşumunda ne derece etkili olduğunu göstermektedir. Tamamen bozunmuş kayaçlardaki kil içeriğinin artmasının heyelan sayısında artışa neden olduğunu belirtmiştir. Heyelanların çoğu eğimi 10-25° arasında değişen yamaçlarda oluşmuştur. Ayrıca, heyelanların % 77’sinin yerleşim merkezi ve çay tarımı yapılan alanlarda yer almasının, bitki örtüsünün değiştirilmesinin heyelan oluşumunda etkili olduğunu belirtmiştir.

Bulut vd. (2000), aşırı yağışlar sebebiyle Rize İli Fındıklı İlçesi’nde yüzeylenen tamamen bozunmuş andezit, bazalt ve granit ile yamaç molozlarında gelişmiş 109 adet heyelanı inceleyerek, 25 km.<sup>2</sup>’lik bir alanı kapsayan çalışma alanının heyelan sonrasına ait topoğrafik haritasını hazırlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda heyelan risk zonlaması yapmada eşyüksele eğrilerinin çok uygun bir araç olduğunu belirlemiştir.

Demir (2004), Ocak (Pazar-Rize) Köyü yerleşim alanındaki yamaçların duraylılığını belirlemek amacıyla Bishop ve Janbu yöntemlerini kullanarak Limit Denge analizleri yapmıştır. Analizler sonucunda yamaçların duraylı olduğunu ve heyelan riski taşımadığını tespit etmiştir.

Dağ (2007), Mantıksal Regresyon ve İki Değişkenli İstatistiksel Analiz yöntemlerini kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile Rize İli Çayeli İlçesi ve çevresinde heyelan duyarlılık çalışmaları gerçekleştirmiştir. Heyelanların oluşmasında; litoloji-bozunma, yamaç eğimi, yamaç eğim yönü, topoğrafik yükseklik, akarsuya yakınlık ve arazi örtüsü parametrelerinin

etkili olduğunu belirlemiştir. İki Değişkenli İstatistiksel Analiz yöntemiyle ürettiği duyarlılık haritasında, toplam alanın % 15'inin, Mantıksal Regresyonla ürettiği duyarlılık haritasında ise toplam alanın % 19'unun heyelanlara yüksek ve çok yüksek duyarlı olduğunu saptamıştır.

Kaynak (2007), Karadeniz Sahil Yolu'nun Uzunkaya (Derepazarı-Rize) Mevkii'ndeki yol şevinde meydana gelen duraysızlık sorununu jeoteknik açıdan incelemiştir. Yaptığı Limit Denge analizinde, Bishop ve Janbu yöntemlerini kullanmıştır. Elde ettiği sonuçları göz önüne alarak sahanın ıslahına yönelik jeoteknik çözüm önerileri sunmuştur.

MTA (2007), "Türkiye Heyelan Envanteri Projesi" çalışması kapsamında bölgesel ve ulusal ölçekte heyelan envanter haritalarının üretilmesi amacıyla Rize İli'ni de içine alan bölgenin 1/500000 ölçekli bölgesel ve 1/25000 ölçekli ulusal heyelan envanter haritalarını hazırlamıştır.

Tarı vd. (2007), "Rize İl Genelinde Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması (RABİS)" isimli TÜBİTAK projesi kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA) ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS) yöntemlerini kullanılarak Rize İli'ni etkileyebilecek afetler karşısında can kaybının ve maddi zararın en aza indirilmesi için bir sistemin kurulması amacıyla çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla, bölgenin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı 1/100000 ölçekli temel harita altlıklarını üretmiştir.

Akgün vd. (2008), Olabilirlik Frekans Oranı ve Ağırlıklı Lineer Kombinasyon yöntemlerini kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniği ile Rize İli Fındıklı İlçesi'nin heyelan duyarlılık haritasını hazırlamıştır. Olabilirlik Frekans Oranı yöntemine göre hazırladığı heyelan duyarlılık haritasındaki yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlara bölgedeki heyelanların % 49'unun düştüğünü, Ağırlıklı Lineer Kombinasyon yöntemine göre hazırlanan duyarlılık haritasında ise % 79'unun düştüğünü belirlemiştir.



Baltacı (2009), doğal olayların sıklıkla görüldüğü Rize, Trabzon ve Giresun İllerinde meydana gelen heyelanlar ile yağış arasındaki ilişkiyi araştırmak için istatistiksel model oluşturmuştur. Elde ettiği veriler ile Doğu Karadeniz Bölümü'nde geçmiş yıllarda meydana gelen heyelanlar ve yağış arasındaki ilişkiyi inceleyerek Rize, Trabzon ve Giresun İlleri için minimum şiddet-süre, normalize şiddet-süre, kümülatif yağış-süre eşik değer denklemlerini oluşturmuştur.

Menteşe (2009), Rize İli'ni kapsayan TÜBİTAK'ın RABİS projesi için heyelan tahmin sisteminin iyileştirilmesinde altlık olacak teknik analizleri yapmıştır. Elde ettiği verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında bir araya getirmiş ve proje kapsamında üretilen çıktıları inceleyerek heyelan tahminine olan etkisini araştırmıştır.

Nefeslioğlu vd. (2011), sığ heyelanların analizi için yeni bir risk değerlendirme tekniği geliştirmek amacıyla 1955-2007 yılları arasında Büyükköy (Çayeli-Rize) Yöresinde meydana gelmiş 251 adet sığ heyelanı incelemiştir. Sığ heyelanların geliştiği bölge için duyarlılık çalışmalarında Dairesel Örneklem Yaklaşımı'nı kullanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniğini kullanarak oluşturduğu duyarlılık haritasının performansını test etmek için Yapay Sinir Ağları Yöntemi'nden yararlanmış ve bölgedeki sığ heyelanların 1, 2, 5, 10, 50 ve 100 yıllık periyotlarla tekrarlanma olasılığının olduğunu tespit etmiştir.

Nefeslioğlu ve Gökçeoğlu (2011), orta ölçekli alanlarda yağış etkili toprak kaymaları için olasılık risk değerlendirmesi yapmak amacıyla Çataklı (Çayeli-Rize) Yöresi'nde çalışmalar gerçekleştirmiş ve yaşanacak olası bir duraysızlık durumunda oluşacak maddi hasarın boyutunu araştırmıştır.

Dağ ve Bulut (2012), Rize İli Çayeli İlçesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile heyelan duyarlılık haritası hazırlamıştır. Ürettiği heyelan duyarlılık haritasındaki riskli bölgeleri ve yerleşime uygun alanları saptamak amacıyla frekans oranı değerlerinden yararlanmıştır. Heyelanların oluşmasında; litoloji-bozunma, yamaç eğimi, yamaç eğim yönü, topografik yükseklik, akarsuya yakınlık ve arazi örtüsü parametrelerinin etkili olduğunu tespit etmiştir. Çalışma kapsamında

üretilen duyarlılık haritasında, mevcut heyelanların % 81'inin duyarlı-çok yüksek duyarlı alanlara karşılık geldiğini belirlemiştir.

Tarhan vd. (2015), Doğu Karadeniz Bölümü'nün kıyı şeridindeki Ordu ve Hopa arasında kalan bölgede meydana gelen heyelanların nedenleri araştırmış ve heyelan yoğunluğu fazla olan alanları çağdaş değerlendirme yöntemleriyle incelemiştir. Yörede yapılacak bölgesel ölçekli deterministik çalışmalardan ziyade duyarlılık, tehlike ve risk haritalarının üretilmesiyle zaman ve maliyet açısından kazanımlar elde edileceğini belirtmiştir.

Akgün vd. (2016), Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen heyelanların genel özelliklerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirdiği çalışmada litoloji, bozunma, yamaç parametreleri, çevresel parametreler ve yapısal jeolojik verilerin kütle hareketlerini tetikleyen faktörler olduğuna dikkat çekmiştir.

Keleş (2018), Rize İli'nin doğusunda yer alan Güneysu su toplama havzasına ait sığ heyelan envanterinin oluşturulmasına yönelik ayrıntılı araştırmalar yürütmüştür. Stability Index Mapping (SINMAP) modelini kullanarak çalışma sahası içerisindeki sığ heyelanlara ilişkin heyelan duyarlılık haritalarını oluşturmuştur.

Kaya vd. (2018a), Gündoğan (Ardeşen-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu yamaçta meydana gelen ve yaklaşık 2,24 hektarlık bir alanı kapsayan duraysızlık problemini jeoteknik açıdan incelemiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler yardımıyla Limit Denge ve sonlu elemanlar tabanlı Kayma Dayanımı Azaltma Yaklaşımı (FEM-SSR) yöntemlerini kullanarak duraylılık analizlerini yapmış ve sonuçları karşılaştırmıştır.

Kaya vd. (2018b), Rize İli Merkez İlçesi için istatistiksel analiz yöntemlerini kullanarak heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile farklı kaynaklardan toplanan verileri değerlendirmiştir. Mantıksal Regresyon Analizi'ni kullanarak heyelan duyarlılık haritalarını üretmiştir. Mantıksal regresyonla üretilen heyelan duyarlılık haritasında, toplam alanın % 70'ini orta ve yüksek ve çok yüksek duyarlı alan olarak belirlemiştir.

## 1.9. İnceleme Alanında Yapılan Önceki Çalışmalar

15 Ekim 2015 tarihindeki aşırı yağışların hemen sonrasında Köprülü Köyü yerleşim alanındaki yamaçlarda meydana gelen duraysızlık başlangıcı olayını takiben 19 Ocak 2016 tarihinde Rize Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) tarafından tespit amaçlı olarak bir jeolojik etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. Hasarlı yapılar belirlenerek hareketlenmeden etkilenen alanın boyutları saptanmış ve ıslah önerisi olarak yüzey sularının toplanması amaçlı drenaj uygulamasının yapılması önerilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda saha için Rize Valiliği'nce 09 Şubat 2016 tarih ve 141 sayılı "Genel Hayata Etkililik Oluru" alınmış ve nakline karar verilen 4 konut dışındaki 27 konutun da kontrol etütleri programına alınmasına karar verilmiştir. Drenaj projesinin uygulama hatları Şekil 3'te verilen hava fotoğrafı üzerinde mavi çizgilerle gösterilmiştir. Ayrıca, nakline karar verilen 4 konutun bulunduğu alanlar için 7269 Sayılı Kanunun 2. maddesi uyarınca "Yapı ve İkamet için Yasaklanmış Afet Bölgesi" kararı alınmıştır.

Bu çalışmaların ardından heyelanlı bölge içinde gelişen yeni deformasyonları izleme amaçlı 20 Mayıs 2017 tarihinde AFAD tarafından ikinci bir jeolojik etüt raporu düzenlenmiştir. Söz konusu bu raporda heyelan aktivitesine bağlı olarak daha önce nakline karar verilen konutların dışındaki 8 binanın (12 konutun) daha ağır hasarlı hale geldiği ve oturulamaz durumda olan bu konutların da "Genel Hayata Etkililik Oluru" çerçevesinde nakil edilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca, köyün merkezi konumundaki genişçe bir alanın heyelandan etkilenmiş olması nedeniyle ayrıntılı bir jeolojik-jeoteknik etüt çalışmasının yapılması gerektiği belirtilmiştir.

## 1.10. Kütle Hareketleri ve Genel Özellikleri

Kütle hareketleri, jeolojik, jeomorfolojik, iklim vb. nedenler ve insan aktivitelerine bağlı olarak yamaç dengesinin bozulması sonucunda meydana gelmektedir. Literatürde heyelanlara ilişkin değişik tanımlamalar mevcuttur. Varnes (1978)'e göre heyelan, bir yamacı oluşturan kaya, toprak veya moloz türündeki malzemelerin farklı nedenlerden dolayı yer çekimi (gravite) etkisi ile yamaç aşağı doğru hareket etmesidir. Bu tanımlamadan da anlaşılacağı üzere kütle hareketlerinin esas

nedeni yer çekimi etkisidir. Doğal ve insan aktiviteleri ile ilişkili diğer nedenler ise kütle hareketini hazırlayan, tetikleyen ve aynı zamanda türünü belirleyen etkenlerdir (Dağ, 2007).

Farklı nedenler ve mekanizmalarla oluşan ve bir dizi olaylara bağlı olarak gelişen kütle hareketlerini sınıflandırmak çokta kolay değildir. Çünkü kütle hareketleri, hareketin hızı ve şekli, hareket eden malzemenin türü, kayma yüzeyinin şekli, hareketin nedenleri gibi özelliklere bağlı olarak farklı biçimde isimlendirilmektedir. Konu ile ilgilenen araştırmacılar tarafından kütle hareketlerinin belirtilen özellikleri esas alınarak sınıflandırmalar yapılmıştır. En genel ve temel sınıflandırma Varnes (1978) ve ardından Hutchinson (1988) tarafından yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda EPOCH (European Community Programme) bu araştırmacıların yapmış oldukları sınıflandırmaları esas alarak 1993 yılında kütle hareketlerinin sınıflandırılmasına yönelik güncel sınıflama sistemini önermiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Kütle hareketlerinin sınıflandırılması (EPOCH, 1993)

<b>Tür</b>	<b>Kaya</b>	<b>Moloz</b>	<b>Toprak</b>
Düşme	Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi
Devrilme	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
Kayma (Dairesel)	Tekil Çoklu Ardışık	Tekil Çoklu Ardışık	Tekil Çoklu Ardışık
Kayma (Düzlemsel)	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Toprak Kayması
Kayma (Düzlemsel Olmayan)	Blok Kayması	Blok Kayması	Dilimli Kayma
Yanal Yayılma	Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
Akma	Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
Karmaşık Kayma	2 veya daha fazla türdeki heyelan birlikte oluşmaktadır		

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Köprülü (Merkez-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu dört yamaçta meydana gelen duraysızlık sorunu mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Çalışma alanının ve çevresinin jeolojisini tanımlamak amacıyla 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve yüzeyleyen kayaçların stratigrafisi ortaya konmuştur. Çalışma alanında bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmıştır. Genel jeoloji çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar, inceleme alanı ve çevresinde önceden yapılmış olan araştırmalarla karşılaştırılarak düzenlenmiştir. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda yaptırılan ince kesitler, Olympus marka polarizan mikroskopta incelenerek kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş ve kayaç adlamaları yapılmıştır.

Sahadaki dört yamaçta eğim aşağı doğru olacak şekilde çalışmanın amacına uygun 230 m. uzunluğunda 5 adet hat belirlenmiştir. Bu etüt hatları boyunca yüzeyleyen zeminle ilgili detaylı bilgiler elde etmek amacıyla Rotary D-500 sondaj makinası yardımıyla toplam 300 m. derinliğinde 12 adet araştırma sondajı yapılmıştır. Sondaj kuyularına gözlem boruları indirilerek yeraltı suyu ölçümleri alınmıştır. DigiPro2 marka inklinometre cihazıyla 5 adet kuyuda ölçümler alınarak kayma yüzeyinin derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, sondaj yapılamayan lokasyonlardaki zemin profilini ortaya çıkarmak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek amacıyla 10 profilde Seistronix RAS-24 marka sismograf kullanılarak çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi yardımıyla jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları kapsamında örselenmemiş ve örselenmiş zemin ve kaya örnekleri alınmış ve bu örnekler üzerinde dane boyu dağılımı, indeks ve dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik Çözüm Jeoteknik Uygulamaları Müh. İnş. Tic. Ltd. Şti., Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak Limit Denge analizi yapan "Slide v9.0" (Rocscience Inc., 2017) ve sonlu elemanlar tabanlı "RS<sup>2</sup> v9.0" (Rocscience Inc., 2016a) programlarında duraysızlık sorunu gözlenen yamaçlar modellenerek analizleri yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

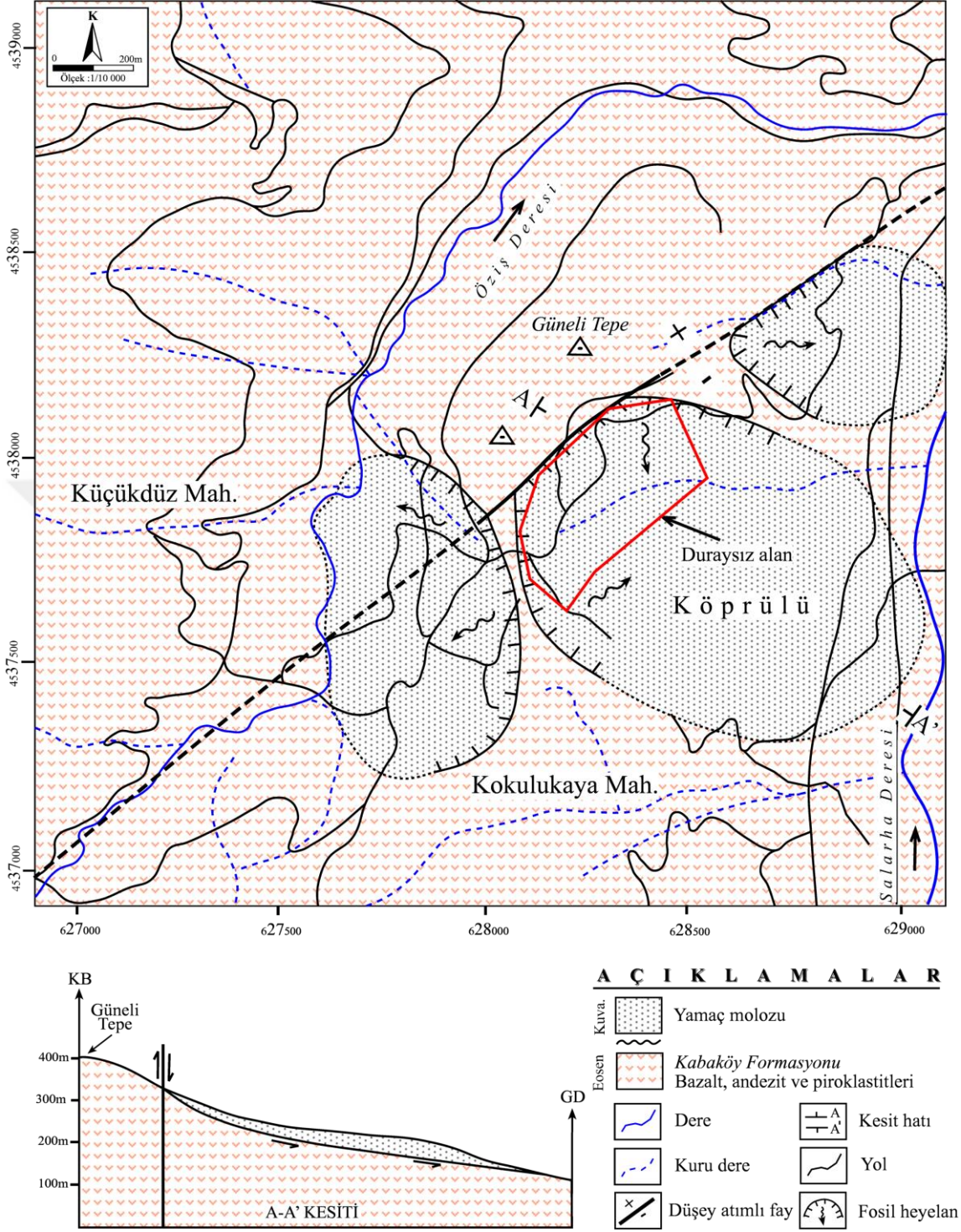
#### 3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma alanında yer alan birimler litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Eosen yaşlı volkanik kayaların ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozlarının yüzeyleme verdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı ve çevresine ait stratigrafik kolon kesit Şekil 5’de, 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve kesit Şekil 6’da sunulmuştur.

Zaman	Devir	Devre	Formasyon	Simge	Kalınlık	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kü.			QYm	—		Açık kahve-sarımsı yoğun kil-silt içerikli bazalt çakıl-blokları içeren yamaç molozu
	TERSİYER	E O S E N	Kabaköy	Ev	—		Grimsi-yeşilimsi, açık kahverengi zayıf çimentolu, bazalt çakılları içeren ileri derece bozunmuş aglomera

Ölçeksizdir

Şekil 5. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit



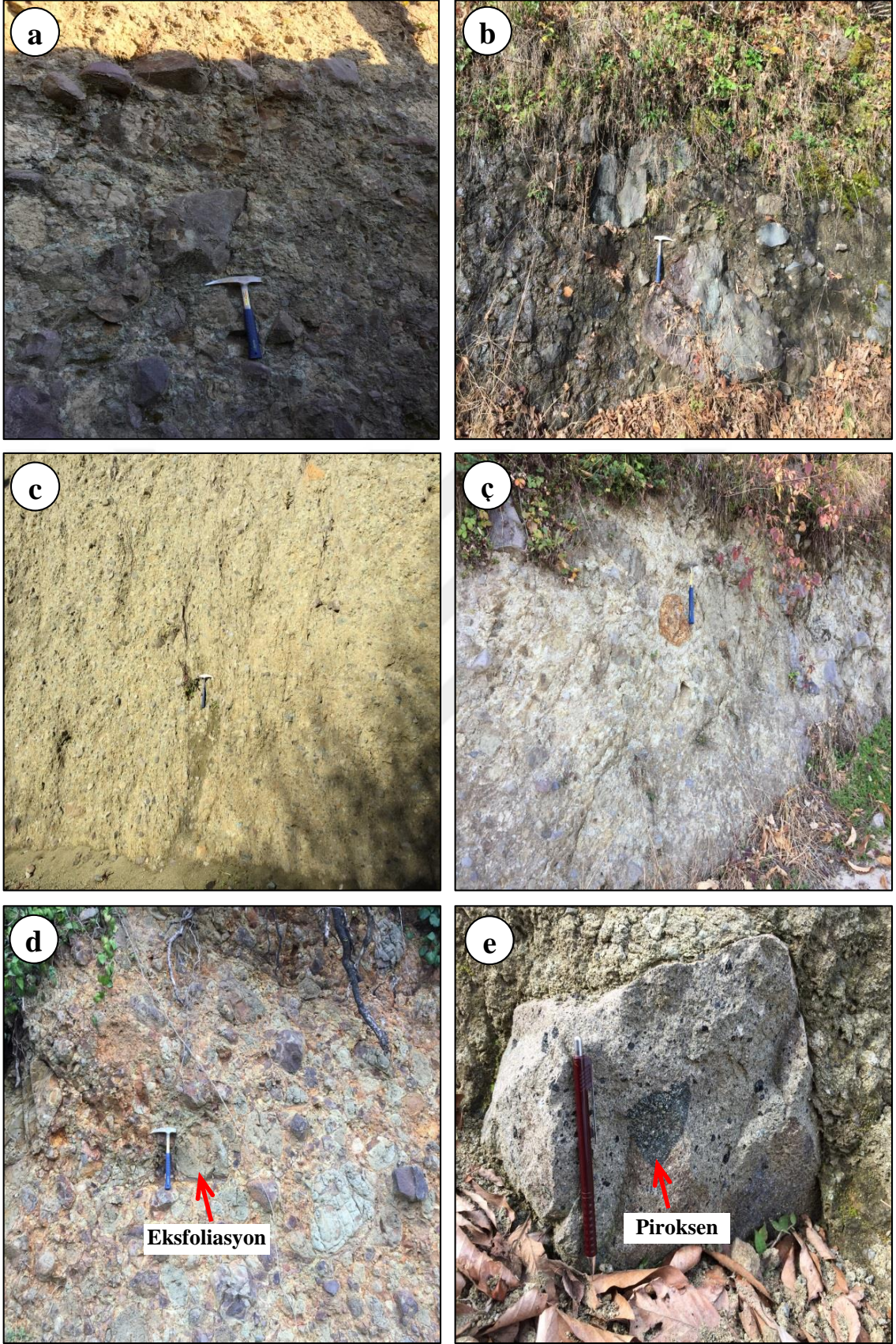
**Şekil 6.** Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

### 3.1.1. Kabaköy Formasyonu

Tipik olarak Kabaköy (Gümüşhane) yöresinde yüzeylenme veren ve genellikle kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru volkanik karakterde olan volkano-tortul istif, Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanı ve çevresinde geniş yayılımlar gösteren andezit, bazalt ve bunların piroklastitlerinden oluşan birim Kabaköy Formasyonu ile benzer litolojik ve stratigrafik özellikler gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır. Birimin taban kesimlerinde kumtaşı, silttaşı, kiltası ve tüfit seviyelerine rastlanmaktadır. Formasyonun yaşı ise Eosen'dir.

Çalışma alanında Kabaköy Formasyonu'na ait aglomera türü piroklastik kayalar yüzeylenme vermektedir. Aglomeralardan oluşan birim zayıf çimentolu ve 2-40 cm. arasında değişen yuvarlak, yer yer de köşeli piroklastlardan oluşmaktadır. Aglomeraları oluşturan çakılların makroskobik incelemelerinde, genellikle yarı özşekli ve özşekli kristaller halinde ve 5 cm.'ye kadar varan büyüklüklerde ojit mineralleri içeren bazaltlardan oluştuğu belirlenmiştir. Çakılların ileri derecede bozunduğu yerlerde eksfoliasyon yapılarına rastlanmaktadır. Aglomera çakıllarını bir arada tutan bağlayıcı ise bazik bileşimlidir. Yeraltı suyunun etkisiyle bozunma sonucu yoğun kloritleşme gözlenmektedir. Genellikle oldukça zayıf bir yapı sunan birimin çakıl ve çimentosunda bozunmalar yoğundur. ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlamaya göre "ileri derecede bozunmuş kaya" sınıfındadır. Çakılların bolluğu yer yer bağlayıcı malzeme miktarından fazla olup, rengi siyah-koyu gri arasında değişmektedir. Çimentoyu oluşturan danelerin boyutu ise ince-orta arasındadır ve rengi açıktır (Şekil 7).





Şekil 7. (a-e) Kabaköy Formasyonu'na ait ileri derecede bozunmuş aglomeraların arazideki görünümü (Yer: Çalışma alanı içinden geçen yol şevleri)

Mikroskobik incelemelerde, çalışma alanı içerisinde bulunan aglomeraların içindeki çakıllar genel olarak mikrolitik, hyalo-mikrolitik ve mikrolitik porfirik doku göstermektedir. Kayaç içerisinde açık renkli mineral olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend, biyotit, klinopiroksen bulunmaktadır ve opak mineral bunlara eşlik etmektedir. İkincil mineral olarak klorit içermektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir (Şekil 8a, b). Plajiyoklaslarda yapılan sönme açısı tayinine göre çakılların bazaltik kökenli olduğu belirlenmiştir.

Plajiyoklas mineralleri kayaç içerisinde fenokristal, mikrofenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Kristaller özşekilli ve yarı özşekillidir. Genellikle albit ve polisentetik ikiz sunmaktadır. Fenokristallerin bazılarında zonlanma gözlenmektedir. Plajiyoklas mineralleri yer yer serisitleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri ve beyaz renklerde gözlenmektedir.

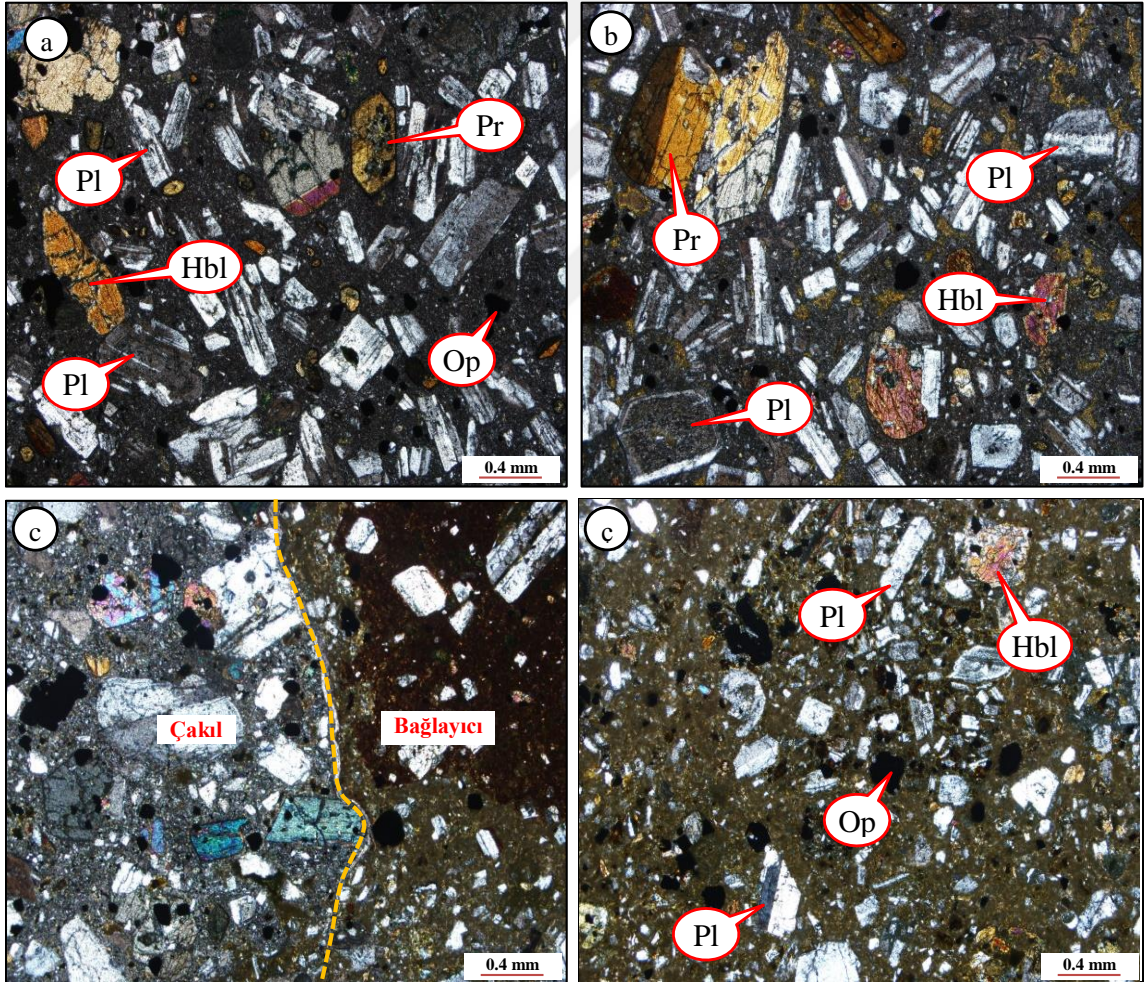
Hornblend mineralleri açık ve koyu kahverengi renklerde. Genellikle özşekilli ve yarı özşekillidir. Özşekilli olanlarda mükemmel iki yönde dilinim gözlenmektedir. Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrofenokristal olarak bulunmaktadır. Hornblend minerallerinin çoğu parçalanmış ve kırılmıştır. Genel olarak plajiyoklas mikrofenokristalleri ve opak mineral kapanımları içermektedirler. Yer yer bozunmuş olanlarda kloritleşme gözlenmektedir.

Klinopiroksen mineralleri özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halindedir. Yüksek röliyefe sahip olan ojit mineralleri, tek nikelde çok açık yeşil, çapraz nikelde ise canlı renkleri (mavi, mor) sunmaktadır. Çok zayıf pleokroizma göstermektedir. Çoğunlukla opak mineral kapanımları içermektedir. Genellikle bozunmuş olanlarda kloritleşme gözlenmektedir.

Biyotit minerallerine levhalar halinde ve çok az oranda rastlanmaktadır. Tek nikelde kahverengi, çapraz nikelde koyu kahverengi renkte gözlenmektedir. Kuvvetli pleokroizma göstermektedir. Bazı kesitlerde ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir.

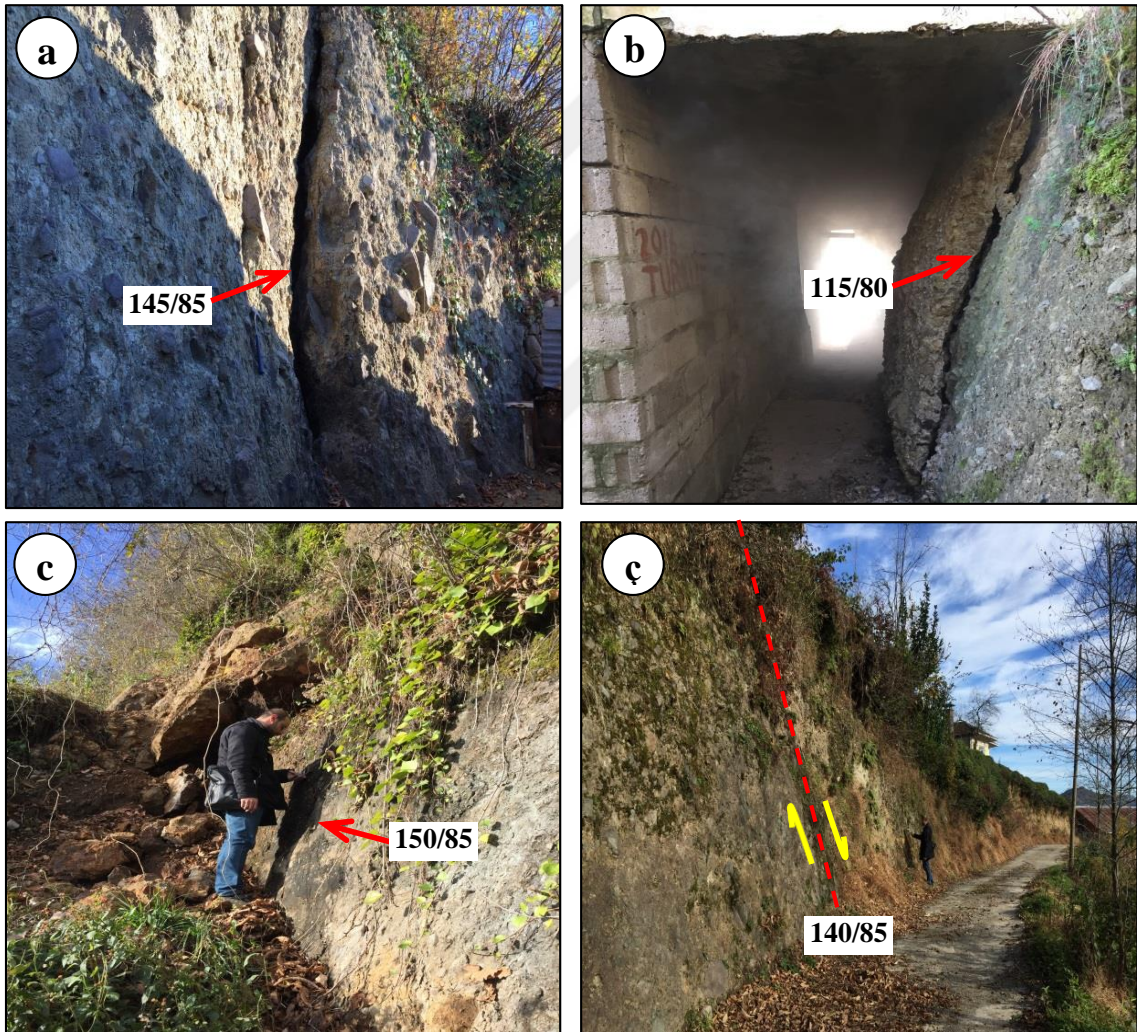
Hamur plajiyoklas, hornblend, ojit, opak mineral ve volkanik cam içermektedir. Hamurda genellikle kloritleşme ve serisitleşme gözlenmektedir. Hamurda yer yer kalsitleşme de görülmektedir. Ayrıca megakristal ojitlere rastlamak mümkündür.

Aglomeraların bağlayıcısını oluşturan tüflerin mikroskopik incelemeleri sonucunda yoğun olarak kayaç ve kristal parçaları içerdiği belirlenmiştir. Kayaç parçalarının çoğunlukla plajiyoklas, ojit ve az oranda hornblend ve opak mineral içerdiği ve bazaltik olduğu saptanmıştır. Kristal parçaları ise çoğunlukla parçalanmış ve kırılmış plajiyoklas, ojit, hornblend ve biyotit minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 8c, ç). Bağlayıcı malzeme litik kristal tuf olarak tanımlanmıştır.



**Şekil 8.** Kabaköy Formasyonu'ndan alınan aglomera örneklerindeki (a, b) çakıl ve (c, ç) bağlayıcı malzemenin mikroskopik görünümüleri (Çift Nikol)  
(Hbl: hornblend, Op: opak mineral, Pr: piroksen, Pl: plajiyoklas)

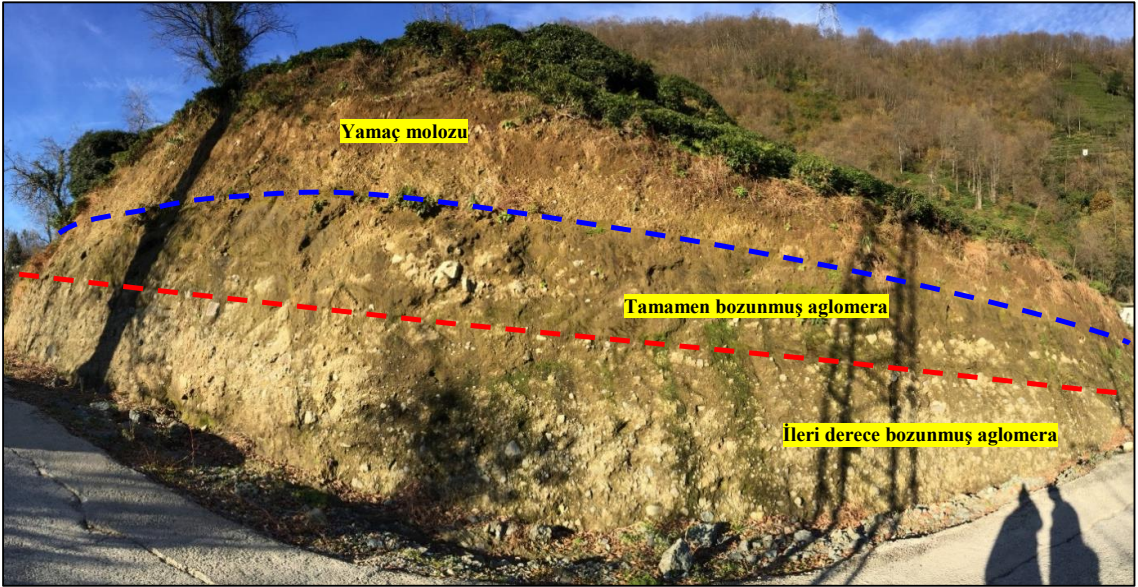
Genel olarak zayıf dayanımlı kaya özelliği sunan birimin dokusal özelliğinden dolayı içindeki süreksizlikleri tespit etmek mümkün değildir. Ancak, Güneli Tepe civarındaki yamaç eğiminin aniden arttığı lokasyonlarda KD-GB doğrultusu boyunca dike yakın gelişmiş süreksizleri gözlemlemek mümkündür. Bulgular, bu hat boyunca oluşmuş düşey atımlı bir fayı işaret etmekte olup, Köprülü Köyü de bu fayın düşen bloğu üstünde yer almaktadır. Fayın konumu yaklaşık olarak K60D-85GD'dır. Faylanmaya bağlı olarak gelişmiş dike yakın çatlaklarda 30 cm.'ye varan açılmalar gözlemlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. (a-ç) Kabaköy Formasyonu içinden geçen düşey atımlı faya bağlı olarak gelişmiş dike yakın süreksizlikler

### 3.1.2. Yamaç Molozları

Düşen fay bloğunun üstündeki aglomeraların zamanla bozunmasıyla ve yükselen bloktan kopan farklı boyutlardaki kayaç parçalarının burada birikmesiyle, yamaç molozundan oluşan zemin katmanı oluşmuştur. Yamaç molozu olarak tanımlanan zemin malzemesi çalışma alanının üstünde bulunduğu yamaç eteklerinde yoğun bir biçimde gözlenmekte olup, bunlar köşeli, yassı ve bazıları küt köşeli, blok, çakıl, kum, silt ve killerden meydana gelmiştir (Şekil 10). Silt ve kil miktarı diğer elemanlara göre daha yüksektir. Bloklar ve çakıllar, Kabaköy Formasyonu'ndan türemiş bazalt kökenli köşeli piroklastik kayaçlardan oluşmaktadır. Tamamen bozunmuş aglomera seviyesi ile yamaç molozlarının dokanak sınırı inceleme alanında genel olarak net değildir. Bu nedenle tamamen bozunmuş aglomeralar yamaç molozu içine dahil edilmiştir.



Şekil 10. Yamaç molozu ve ana kaya dokanağının yol yarmasındaki görünümü

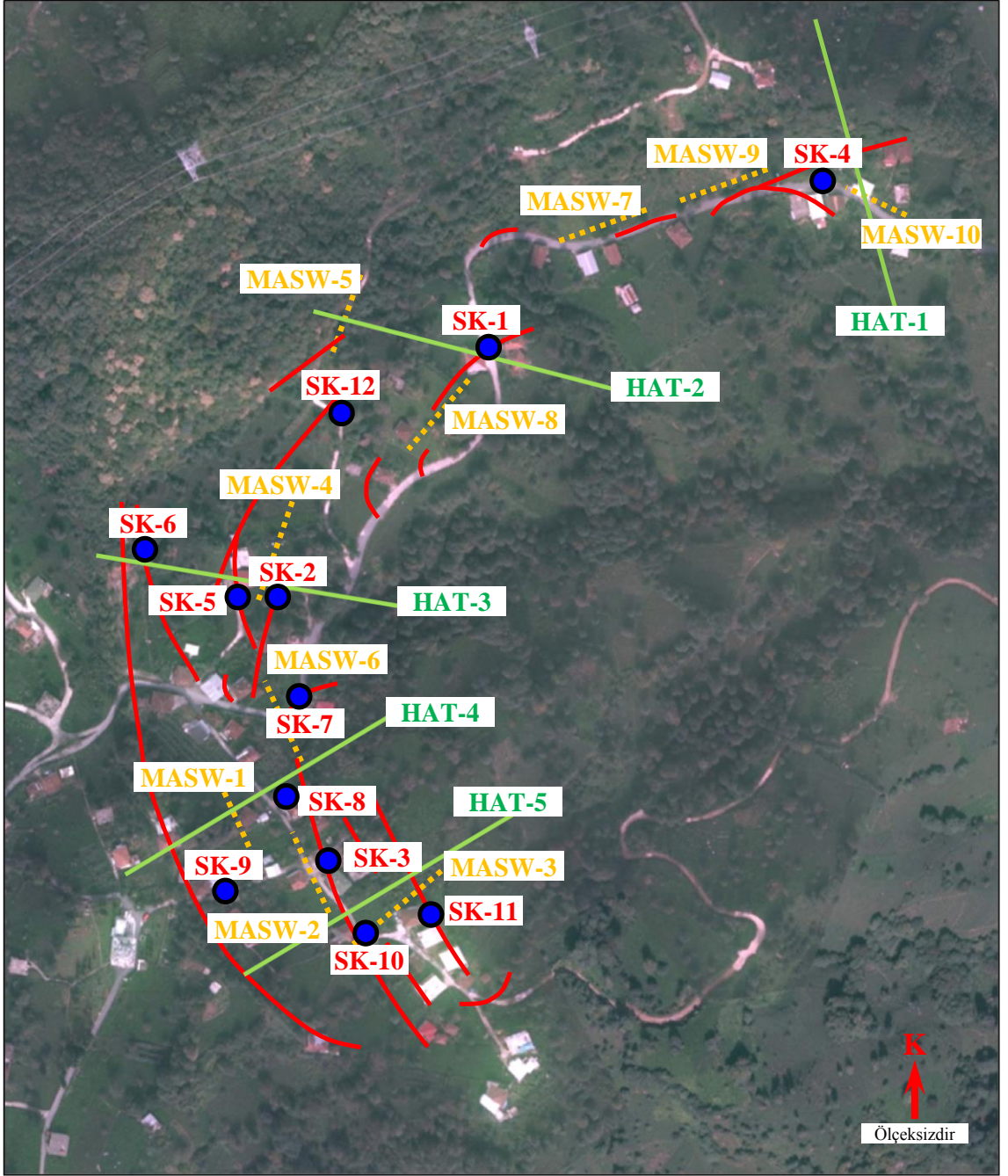
## 3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

### 3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları

Köprülü Köyü yerleşim alanının üzerinde bulunduğu yamaçlarda çalışmanın amacına uygun 5 etüt hattı belirlenmiş ve bu hatlar boyunca yerüstü ve yeraltı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında yüzeyleyen zeminin kalınlığındaki değişim aralıklarını net olarak tespit etmek, yeraltı suyu seviyesini belirlemek, inklinometre ölçümlerini yapmak ve laboratuvar deneyleri için örnekleme yapmak amacı ile etüt hatları üzerindeki uygun lokasyonlarda 300 m. derinliğinde toplam 12 adet araştırma sondajı açılmıştır (Şekil 11, Tablo 2). Bu sondajlardan SK-4 ile gösterilen 1 nolu etüt hattında; SK-1 ve SK-12 ile gösterilenler 2 nolu etüt hattında; SK-2, SK-5 ve SK-6 ile gösterilenler 3 nolu etüt hattında; SK-7, SK-8 ve SK-9 ile gösterilenler 4 nolu etüt hattında; SK-3, SK-10 ve SK-11 ile gösterilenler 5 nolu etüt hattında bulunmaktadır. Sondajların tamamı 25 metre derinlikte olacak şekilde açılmıştır. Alınan karot örnekleri incelenerek kaya ve zemin türü, bozunma derecesi, karot yüzdeleri ve kaya kalite göstergesi (RQD) değerleri belirlenmeye çalışılmış ve kuyu logları hazırlanmıştır.

**Tablo 2.** Çalışma alanında yapılan sondajlara ait teknik bilgiler

<b>Kuyu No</b>	<b>Kuyu Derinliği (m)</b>	<b>Kuyu kotu (m)</b>	<b>YASS Derinliği (m)</b>	<b>Y (SAĞA)</b>	<b>X (YUKARI)</b>
SK-1	25,00	215	9,50	375858	4539751
SK-2	25,00	260	10,50	375728	4539598
SK-3	25,00	235	11,00	375745	4539412
SK-4	25,00	195	Yok	376042	4539864
SK-5	25,00	290	Yok	375686	4539590
SK-6	25,00	310	Yok	375613	4539608
SK-7	25,00	210	Yok	375727	4539514
SK-8	25,00	230	Yok	375714	4539452
SK-9	25,00	250	Yok	375657	4539382
SK-10	25,00	230	Yok	375771	4539366
SK-11	25,00	220	9,00	375818	4539377
SK-12	25,00	240	20,50	375753	4539716



Şekil 11. Sondaj (mavi daireler), sismik hat (turuncu çizgiler), gerilme çatlakları (kırmızı çizgiler) ve etüt hatlarının (yeşil çizgiler) hava fotoğrafındaki görünümü

### ➤ SK-1 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 2 nolu etüt hattında açılmıştır. 215 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-12,00 m. arasının bozunmuş bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 12,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

### ➤ SK-2 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 3 nolu etüt hattında açılmıştır. 260 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-12,00 m. arasının bozunmuş bazalt çakılları içerikli düşük plastisiteli kil ve siltten oluşan açık kahve-sarımsı yamaç molozu, 12,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

### ➤ SK-3 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 5 nolu etüt hattında açılmıştır. 235 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-18,00 m. arasının yer yer bozunmuş bazalt çakılları içerikli killi kumdan oluşan açık kahve-sarımsı yamaç molozu, 18,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).



#### ➤ SK-4 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 1 nolu etüt hattında açılmıştır. 195 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-18,00 m. arasının bozunmuş bazalt çakılları içerikli düşük plastisiteli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 18,00-25,00 m. arasının ise açık koyu gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

#### ➤ SK-5 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 3 nolu etüt hattında açılmıştır. 290 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-6,00 m. arasının yoğun olarak bozunmuş bazalt çakılları içerikli açık kahve-sarımsı yamaç molozu, 6,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve yer yer orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan parçalı aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

#### ➤ SK-6 Nolu Sondaj

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 3 nolu etüt hattında açılmıştır. 310 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-15,00 m. arasının yer yer bozunmuş bazalt çakılları içerikli düşük plastisiteli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 15,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-7 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 4 nolu etüt hattında açılmıştır. 210 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-6,00 m. arasının yoğun olarak bozunmuş bazalt çakılları içerikli açık gri-sarımsı yamaç molozu, 6,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve yer yer orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan parçalı aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-8 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 4 nolu etüt hattında açılmıştır. 230 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-12,00 m. arasının yer yer bozunmuş bazalt çakılları içerikli düşük plastisiteli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 12,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-9 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 4 nolu etüt hattında açılmıştır. 250 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-9,00 m. arasının yoğun olarak bozunmuş bazalt çakılları içerikli açık gri-yeşilimsi yamaç molozu, 9,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve yer yer orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan parçalı aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-10 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 5 nolu etüt hattında açılmıştır. 230 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-13,00 m. arasının yer yer bozunmuş bazalt çakılları içerikli düşük plastisiteli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 13,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve ileri derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-11 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 5 nolu etüt hattında açılmıştır. 220 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-25,00 m. arasının tamamının yüksek plastisiteli kil ve killi çakıldan oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozundan oluştuğu tespit edilmiştir. Ana kayayı oluşturan aglomera seviyesine ulaşılamamıştır (EK-2, EK-3).

➤ **SK-12 Nolu Sondaj**

Köprülü Köyü yerleşim alanındaki 2 nolu etüt hattında açılmıştır. 240 m. kotundadır ve derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-6,00 m. arasının yoğun olarak bozunmuş bazalt çakılları içerikli açık gri-sarımsı yamaç molozu, 6,00-25,00 m. arasının ise açık gri-yeşilimsi parçalanmış ve yer yer orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan parçalı aglomera olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcısı olan ileri derecede bozunmuş bazaltik tüfler sondaj sırasında yıkanmış ve geriye çakıllar kalmıştır. Bu nedenle karot yüzdesi ve RQD değerleri bu sondajda tespit edilememiştir (EK-2, EK-3).

### 3.2.2. Jeofizik Çalışmaları

İnceleme alanı içerisinde belirlenen 10 profil boyunca Seistronix RAS-24 marka sismograf kullanılarak yüzey dalgası analiz yöntemlerinden MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) tekniği ile jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Jeofizik etüt profilleri Şekil 11 üzerinde kesikli turuncu çizgilerle gösterilmiştir. İnceleme alanında yapılan MASW çalışmasıyla P ve S dalga hızları belirlenmiş ve zeminin genel olarak üç ayrı tabakadan oluştuğu saptanmıştır. Bu üç tabakayı arazi gözlemleriyle de uyumlu olarak sırasıyla bloklu-ince daneli malzemeden oluşmuş yamaç molozu, tamamen bozunmuş aglomera ve ileri-orta derecede bozunmuş aglomera oluşturmaktadır. Jeofizik çalışmalar sonucunda etüt hatlarındaki zemin seviyesi kalınlığının 2,30-4,70 m. arasında, tamamen bozunmuş aglomeranın kalınlığının ise 4,00-14,00 m. arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 3).

Ayrıca, elde edilen veriler yardımıyla zemin ve kaya birimlerine ait dinamik elastik parametrelerden olan deformasyon modülü ve Poisson oranı belirlenmiştir. Hesaplamalarda elastik teoride belirtilen aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar özet olarak Tablo 3'te sunulmuştur.

$$E_d = \frac{(1-2\nu).(1+\nu)}{(1-\nu)}.d.V_p^2 \quad (1)$$

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (2)$$

$$d = 0.31V_p^{0.25} \quad (3)$$

Burada;  $E_d$ : dinamik deformasyon modülü ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $\nu$ : Poisson oranı,  $d$ : yoğunluk ( $\text{gr/cm}^3$ ),  $V_p$ : elastik dalganın boyuna yayılma hızı ( $\text{m/sn}$ ) ve  $V_s$ : elastik dalganın enine yayılma hızıdır ( $\text{m/sn}$ ).

**Tablo 3.** Sismik kırılma yöntemine göre belirlenen dinamik özellikler

Etüt hattı	Tabaka no	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	h (m)	d (gr/cm <sup>3</sup> )	E <sub>d</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	v
1	1	610	270	5,40	1,54	3096	0,38
	2	920	470	8,30	1,71	9982	0,32
	3	1490	790	-	1,93	31360	0,30
2	1	550	240	4,40	1,50	2391	0,38
	2	810	415	10,60	1,65	7531	0,32
	3	1270	705	-	1,85	23497	0,28
3	1	380	180	2,30	1,37	1202	0,36
	2	460	235	4,00	1,44	2099	0,32
	3	900	455	-	1,70	9339	0,33
4	1	380	175	3,20	1,37	1145	0,37
	2	490	255	8,30	1,46	2493	0,31
	3	960	510	-	1,73	11700	0,30
5	1	390	180	2,50	1,38	1218	0,36
	2	800	410	13,50	1,65	7327	0,32
	3	1410	750	-	1,90	27840	0,30
6	1	340	160	3,50	1,33	925	0,36
	2	500	255	10,50	1,47	2525	0,32
	3	775	410	-	1,64	7180	0,31
7	1	600	280	4,70	1,53	3274	0,36
	2	870	445	13,90	1,68	8821	0,32
	3	1400	740	-	1,90	27126	0,31
8	1	450	230	4,50	1,43	1999	0,32
	2	860	445	14,00	1,68	8758	0,32
	3	1350	705	-	1,88	24516	0,31
9	1	375	175	2,50	1,36	1137	0,36
	2	510	270	8,80	1,47	2804	0,31
	3	900	460	-	1,70	9508	0,32
10	1	530	230	2,30	1,49	2178	0,38
	2	870	440	13,40	1,68	8658	0,33
	3	1350	720	-	1,88	25351	0,30

V<sub>p</sub>: elastik dalganın boyuna yayma hızı, V<sub>s</sub>: elastik dalganın enine yayma hızı, h: tabaka kalınlığı, d: yoğunluk, E<sub>d</sub>: deformasyon modülü, v: Poisson oranı

### 3.2.3. Heyelan İzleme Çalışmaları

İnceleme alanında açılan SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 nolu temel sondaj kuyularına inklinometre borusu (Ø: 70 mm.) yerleştirilerek inklinometre cihazı ile kuyu eksenlerinin düşey sapmaları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ölçüm hassasiyetinin diğer yöntemlerden daha yüksek olması sebebiyle zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler bu yöntemle belirlenmeye çalışılmıştır. A+ oluşu, muhtemel hareketin referans yönü olacak şekilde beklenen hareket yönü ile aynı doğrultuya getirilmiştir. Okuma aralıkları ölçümlerin daha hassas yapılabilmesi için 0,5 m. aralıklarla devam ettirilmiş ve A+, B+ ölçümleri kaydedilmiştir. Her ölçüm A+ ve A- gibi 2 yönlü olarak ve 2 kez

yapılarak kontrolü sağlanmıştır. Okumalar SK-1 için 9 Ağustos, 3 Kasım 2017 tarihleri arasında toplamda 6 adet; SK-2 için 10 Ağustos, 13 Aralık 2017 tarihleri arasında 5 adet; SK-3 için 12 Ağustos, 13 Aralık 2017 tarihleri arasında 5 adet; SK-11 için 6 Eylül, 13 Aralık 2017 tarihleri arasında 5 adet; SK-12 için ise 6 Eylül, 13 Aralık 2017 tarihleri arasında 5 adet olmak üzere sırasıyla 117, 123, 124, 99 ve 99 günlük süreleri kapsamaktadır.

SK-1 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 5, 14 ve 22 m. derinliklerde (A+) yönünde sırasıyla yaklaşık 24, 15 ve 20 mm.'lik yamaç aşağı GB yönüne doğru kayma hareketi, bu harekete bağlı olarak 11 m derinlikte ise (A-) yönünde yaklaşık 33 mm.'lik KD yönüne doğru geriye yaslanma hareketinin geliştiği tespit edilmiştir. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 5, 12,5, 17 ve 22,5 m. derinlikte (B-) yönünde sırasıyla yaklaşık 40, 47, 34 ve 9 mm.'lik yamaç aşağıya doğru kayma hareketinin geliştiği; (B+) yönünde ise 21 m. derinlikte 13 mm.'lik geriye yaslanma hareketinin olduğu saptanmıştır (Şekil 12a).

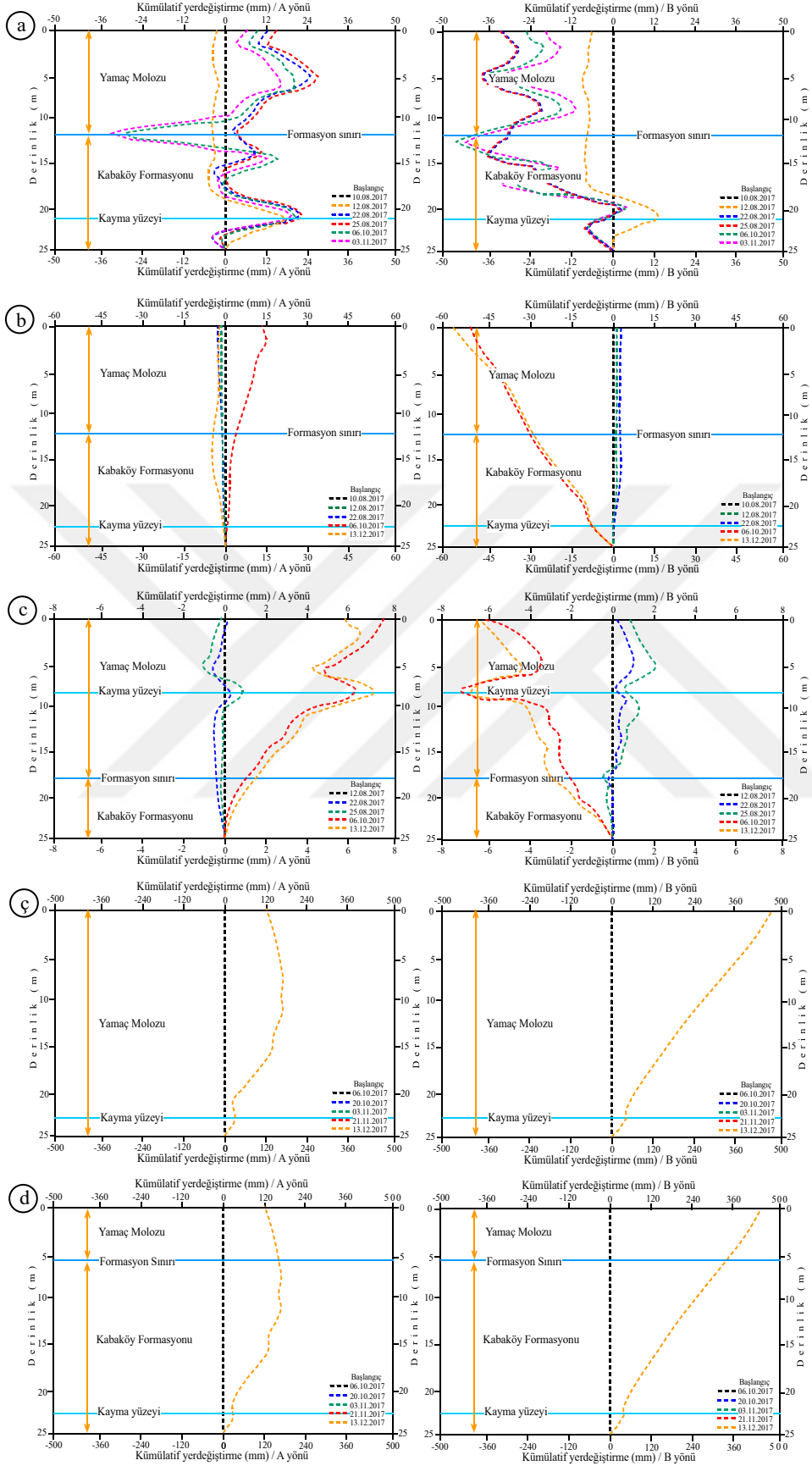
SK-2 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 1,5 ve 22 m. derinliklerde (A+) yönünde sırasıyla yaklaşık 15 ve 3 mm.'lik yamaç aşağı GB yönüne doğru kayma hareketi, bu harekete bağlı olarak 13,5 m. derinlikte ise (A-) yönünde yaklaşık 6 mm.'lik KD yönüne doğru geriye yaslanma hareketinin geliştiği saptanmıştır. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 21 m. derinlikte (B+) yönünde yaklaşık 3 mm.'lik geriye yaslanma hareketinin, (B-) yönünde ise ölçüm derinliğinden daha derinde bir yenilmenin geliştiği belirlenmiştir (Şekil 12b).

SK-3 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 8 m. derinlikte (A+) yönünde yaklaşık 7 mm.'lik yamaç aşağı GD yönüne doğru kayma hareketi, bu harekete bağlı olarak 6 m. derinlikte ise (A-) yönünde yaklaşık 1 mm.'lik KB yönüne doğru geriye yaslanma hareketinin geliştiği saptanmıştır. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 6 m. derinlikte (B+) yönünde yaklaşık 2 mm.'lik kayma hareketinin geliştiği; (B-) yönünde ise 8 m. derinlikte 7mm.'lik geriye yaslanma hareketinin geliştiği belirlenmiştir (Şekil 12c).

SK-11 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 10,5 ve 23 m. derinliklerde (A+) yönünde sırasıyla yaklaşık 180 ve 30 mm.'lik yamaç aşağı GD yönüne doğru kayma hareketinin geliştiği saptanmıştır. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren (B-) yönünde 25 m.'den daha derinde bir deformasyonun geliştiği saptanmıştır (Şekil 12ç).

SK-12 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 10,5 ve 23 m. derinliklerde (A+) yönünde sırasıyla yaklaşık 140 ve 30 mm.'lik yamaç aşağı GD yönüne doğru kayma hareketinin geliştiği saptanmıştır. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren (B-) yönünde 25 m.'den daha derinde bir deformasyonun geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 12d).

İnclinometre ölçüm sonuçlarına göre en büyük deformasyonlar SK-11 ve SK-12 nolu ölçüm kuyularından elde edilmiştir. Diğer kuyularda ise daha küçük ve devamlılık arz eden deformasyonların geliştiği gözlemlenmiştir. Ölçümlerde gözlenen hareketlerin hem yamaç molozu içinde hem de yamaç molozunu da içine alarak ana kayayı oluşturan ileri derecede bozunmuş aglomeraların içinde geliştiği tespit edilmiştir. 2 nolu etüt hattında bulunan SK-1, SK-12 ve 3 nolu etüt hattında bulunan SK-2 nolu inclinometre kuyularına göre bu lokasyonlardaki kayma yüzeyi yaklaşık olarak 22 m. derinden ve aglomeraların içinden geçmektedir. 5 nolu etüt hattında bulunan SK-3 ve SK-11 nolu inclinometre kuyularına göre bu lokasyondaki kayma yüzeyi 8 m.'den başlayıp 22 m.'den daha derine kadar inmektedir. Yani kayma yüzeyi yamaç molozundan başlayıp aglomeraların içine kadar inmektedir. Okuma aralıkları ve kaymanın yönü dikkate alındığında, SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 kuyulardaki yenilmenin sırasıyla 0,21, 0,12, 0,05, 1,8 ve 1,4 mm/gün hızında GD ve GB yönlerine doğru olduğu ve Varnes (1978) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre “Son derece yavaş hızlı” ve “Çok yavaş hızlı” heyelan sınıfında olduğu saptanmıştır (Tablo 4). Bu veriler ışığında yenilmenin taç kısmının üst seviyelerdeki su deposunun altındaki yarmadan geçerek düşey atımlı fayın aynası boyunca ilerlediği, topuk kısmının ise yerleşim alanının alt kotlarındaki çay bahçelerinin bulunduğu yamaçta kaldığı söylenebilir. Topuk kısmının konumunun net olarak nerede olduğunu kanıtlayan veriler arazi çalışmaları esnasında tam olarak tespit edilememiştir.



**Şekil 12.** (a) SK-1, (b) SK-2, (c) SK-3, (ç) SK-11 ve (d) SK-12 nolu kuyulara ait inklinometre okumalarında tespit edilmiş derinlik-hareket miktarları ilişkisi



**Tablo 4.** Heyelan hızları ve olası zararlar (Varnes, 1978)

Hız Sınıfı	Hız	Hızın Tanımlanması	Doğaya Etkisi
7	>3 m/sn	Son derece hızlı	Büyük şiddetli afet, hareket eden malzemenin etkisiyle binaların yıkılması, birçok ölümler, mümkün olmayan kaçış
6	>0,3 m/dk	Çok hızlı	Can kaybı ve mal kaybı, mevcut hız tüm insanların kaçabilmesi için oldukça yüksek
5	>62,5 mm/saat	Hızlı	Maddi hasar meydana gelir, yapılar ve evler yıkılır. İnsanların tahliye edilmesi mümkündür
4	>50 mm/gün	Orta	Bazı hassas olmayan yapılar bir süre için (geçici) korunabilir
3	>4,1 mm/gün	Yavaş	Hareket sırasında iyileştirme yapıları oluşturulabilir; şayet toplam hareket özel bir hızlanma safhasında çok fazla değilse hassas olmayan yapıların bakımı yapılabilir
2	>0,164 mm/gün	Çok yavaş	Hareketle bazı hassas olmayan yapılar zarar görmez
1	<0,164 mm/gün	Son derece yavaş	Aletsel ölçüler olmadan hissedilemez. Önlem alınarak inşaat yapmak olasıdır

### 3.2.4. Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan derlenen örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri üzerinde dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, su muhtevası ve birim hacim ağırlık özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır (ASTM, 2005, 2007, 2009). Örselenmiş zemin örnekleri Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır (ASTM, 2006). Yapılan deneyler sonucunda ortalama likit limitin % 46,14, plastik limitin % 20,69, su muhtevasının % 36,77 ve doğal birim hacim ağırlığının 18,84 kN/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki zeminin düşük plastisiteli kil (CL), yüksek plastisiteli kil (CH), siltli kum (SM) ve killi çakıl (GC) sınıfında olduğu saptanmıştır. İndeks ve fiziksel özellikleri belirlemeye yönelik yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5’de özet olarak verilmiştir.

Sondajlardan derlenen örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde üç eksenli sıkışma ve drenajsız kesme kutusu deneyleri yapılarak kayma dayanımı parametrelerinin (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) tepe değerleri belirlenmiştir (ASTM, 2011, 2017). Yapılan kesme kutusu ve üç eksenli sıkışma deneyleri sonucunda ortalama tepe kohezyon değerinin sırasıyla 20,42 kPa ve 33,05 kPa, tepe içsel sürtünme açısının ise 15,05° ve 8,50° olduğu saptanmıştır. Bu verilerden çalışmanın amacına

uygun olanlar duraylılık analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 5’de sunulmuştur.

**Tablo 5.** Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler

Kuyu no	Örnek Derinliği (m.)	Elek analizi		USCS zemin sınıfı	$\omega$ (%)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kıvam Limitleri (%)			Üç eksenli sıkışma (CU)		Kesme kutusu	
		#10 kalan (%)	#200 Geçen (%)				LL	PL	PI	c (kPa)	$\phi$ (°)	c (kPa)	$\phi$ (°)
SK-2	7,00	27,0	51,2	CL	32,9	18,15	45,5	20,3	25,2	20,5	10,3	-	-
SK-3	5,00	10,4	25,7	SM	47,5	19,42	-	-	-	-	-	23,84	14,1
SK-3	8,00	26,7	35,1	SM	46,8	19,52	-	-	-	-	-	19,02	15,2
SK-4	7,00	16,5	52,5	CL	34,6	18,44	46,6	20,6	26,0	26,02	9,5	-	-
SK-4	10,00	17,2	60,0	CL	29,2	18,74	42,8	18,5	24,3	30,80	7,0	-	-
SK-6	6,00	9,4	78,3	CL	17,7	18,64	46,6	22,3	24,3	38,80	7,8	-	-
SK-6	8,00	1,4	55,7	CL	21,0	18,44	48,5	21,5	27,0	39,81	8,1	-	-
SK-8	6,00	12,2	50,9	CL	39,9	18,05	48,0	20,0	28,0	38,77	10,3	-	-
SK-10	14,50	7,2	63,8	CL	49,3	18,25	49,6	21,5	28,1	24,76	9,5	-	-
SK-11	4,00	36,0	40,9	GC	51,6	20,01	40,2	22,1	18,1	-	-	17,03	15,7
SK-11	6,00	40,4	37,9	GC	30,9	19,72	38,9	20,5	18,4	-	-	21,78	15,2
SK-11	20,00	6,5	57,4	CH	39,8	18,25	54,7	19,6	35,1	44,91	8,5	-	-
<b>Ort.</b>	-	-	-	-	36,77	18,84	46,14	20,69	25,45	33,05	8,50	20,42	15,05

$\omega$ : su muhtevası,  $\gamma_n$ : doğal birim hacim ağırlık, c: kohezyon,  $\phi$ : içsel sürtünme açısı, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI: plastisite indisi, CU: konsolidasyonlu-drenajsız deney

Çalışma alanındaki zemin seviyesinin altındaki ileri derecede bozunmuş aglomeralara ait fiziko-mekanik ve elastik özellikleri belirlemek için dolaylı yöntemlerden ve ampirik yaklaşımlardan faydalanılmıştır. Laboratuvar deneyleri ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Kayaçların dayanımını belirlemek için tek eksenli basınç deneylerinden yararlanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda tek eksenli basınç dayanımı değerinin 13,70-40,37 MPa arasında, doğal birim hacim ağırlık değerinin ise 21,56-23,44 kN/m<sup>3</sup> arasında olduğu saptanmıştır. Nokta yükü dayanım indeksi değeri hesaplanırken güvenli tarafta kalmak amacıyla tek eksenli basınç dayanımının 20 kat küçüğü alınmıştır. Elastisite modülü ise Sönmez vd. (2006) tarafından önerilen abakta tek eksenli basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık değerleri çakıştırılarak tahmin edilmiştir.

İleri derecede bozunmuş aglomeraların; birim hacim ağırlık ( $\gamma_n$ ), nokta yükü dayanım indeksi ( $I_{s(50)}$ ), tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_{ci}$ ) ve elastisite modülü ( $E_i$ ) Tablo 6’da özet olarak verilmiştir.

**Tablo 6.** Aglomera örneklerine ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler

Kuyu no	Örnek derinliği (m)	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_i$ (GPa)
SK-4	15,00	18,04	0,90	22,21	9,0
SK-4	18,00	18,76	0,94	22,52	9,5
SK-5	8,00	18,79	0,94	23,44	9,5
SK-5	9,00	19,63	0,98	22,66	9,0
SK-5	12,00	17,29	0,86	21,56	7,5
SK-5	14,00	24,89	1,24	22,51	10,1
SK-5	14,50	13,70	0,69	23,29	9,9
SK-7	12,00	19,28	0,96	22,41	9,0
SK-7	15,00	20,67	1,03	22,61	10,0
SK-8	10,00	40,37	2,02	22,36	14,0
<b>Ort.</b>	-	21,14	1,06	22,56	9,8

$\sigma_{ci}$ : tek eksenli basınç dayanımı,  $I_{s(50)}$ : nokta yükü dayanım indeksi,  $\gamma_n$ : doğal birim hacim ağırlık,  $E_i$ : elastisite modülü

### 3.2.5. İleri Derecede Bozunmuş Aglomeraların Kaya Kütle Özellikleri

Zemin seviyesi altındaki ileri derecede bozunmuş aglomeradan oluşan kaya kütesini sınıflandırmak için Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) sınıflama sisteminden yararlanılmıştır. Kaya kütesine ait GSI değerini belirlemek için Hoek vd. (2013) tarafından önerilen sayısal GSI abağı kullanılmıştır. Genel olarak zayıf dayanımlı kaya özelliğindeki aglomeraların dokusal özelliğinden dolayı içindeki süreksizlikleri tespit etmek mümkün değildir. Dolayısıyla aglomeraya ait RQD değerinin % 0-10 arasında ve RMR<sub>89</sub>'da kullanılan süreksizlik koşulu değerinin (1,5xJCond<sub>89</sub>) 0-5 arasında olduğu varsayılmıştır. Buna göre Jeolojik Dayanım İndeksi sınıflama sistemine göre kaya kütesine ait GSI değeri 5 olarak seçilmiş ve “Örselenmiş” kaya olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 13).

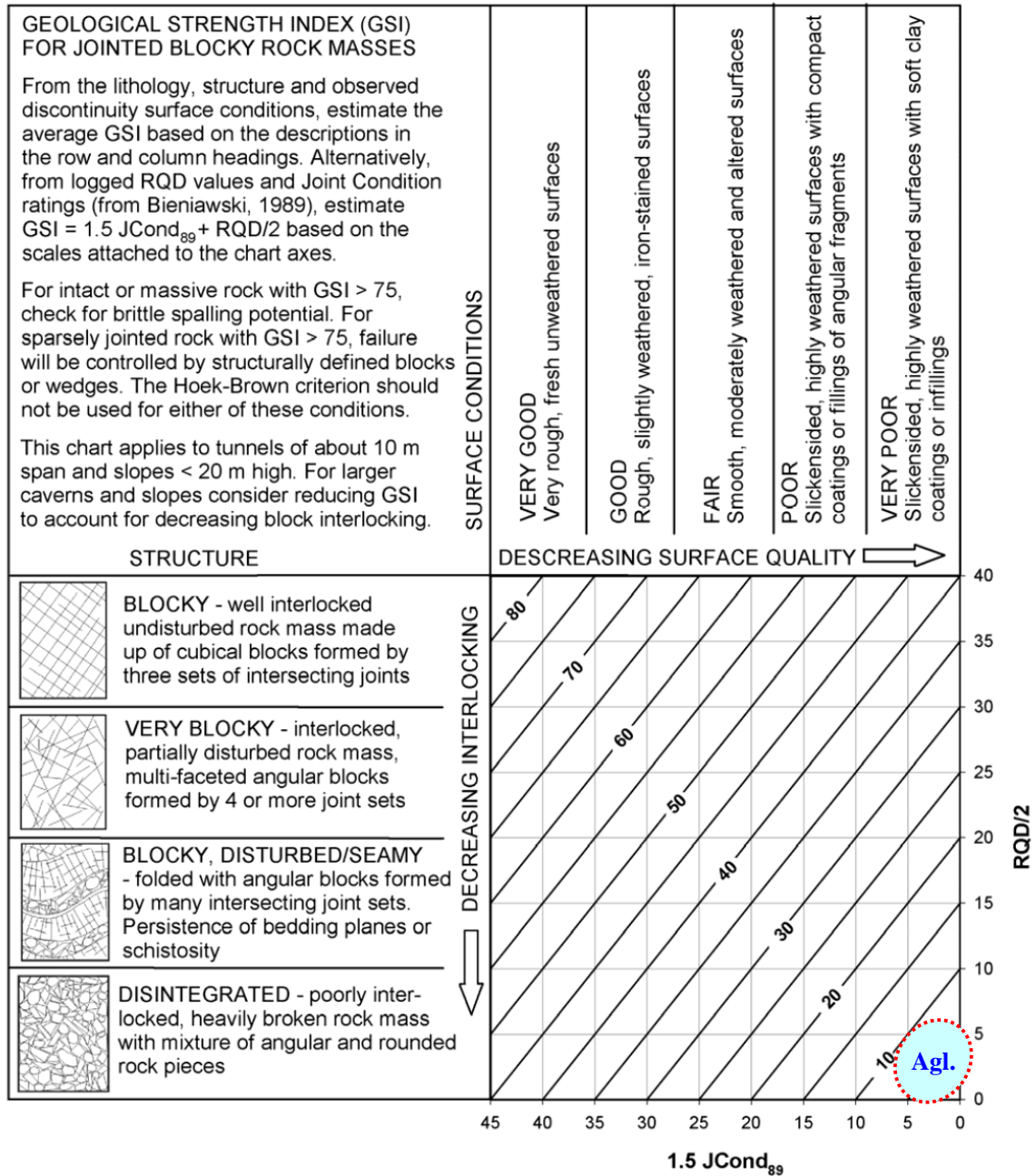
Kaya kütesine ait dayanım özellikleri ise Hoek-Brown (Hoek vd., 2002) yenilme kriteri ile hesaplanmıştır.  $m_b$ ,  $s$  ve  $a$  kaya kütle sabitlerinin belirlenmesi için Hoek vd. (2002) tarafından önerilen aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır;

$$m_b = m_i \exp\left[\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right] \quad (4)$$

$$s = \exp\left[\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right] \quad (5)$$

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

Burada;  $m_i$ : kırksız kaya için malzeme sabiti değeri, D: kaya kütlelerinin patlatma hasarı ve gerilme rahatlaması sonucunda maruz kaldığı örselenme derecesine bağlı bir faktör olup, örselenmemiş kaya kütleleri için 0'dan başlayarak, çok örselenmiş kayalarda 1'e kadar çıkabilir.



Şekil 13. Kaya kütlelerinin Hoek vd. (2013) tarafından önerilen GSI abağına göre değerlendirilmesi

“RocData v5.0” (Rocscience Inc., 2016b) programı kullanılarak yapılan hesaplamalarda  $D: 0$  olarak alınmış ve  $m_i$  değeri ise 13 olarak seçilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Hoek-Brown sabitlerinden  $m_b: 0,437$ ,  $s: 0,000026$  ve  $a: 0,6192$  olarak saptanmıştır. Bu değerler yamaç duraylılık analizini yapmak için girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

### **3.2.6. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özelliklerin Belirlenmesi**

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz iklim özelliklerinin gözlemlendiği bir noktada bulunmaktadır. Yörede hemen her mevsim yağış gözlenmekte olup, yeraltı ve yerüstü sularını besleyen en önemli kaynak genelde yağmur ve kar sularıdır. Bu suların yarısı buharlaşma ve bitkisel terleme yoluyla atmosfere geçmekte, geriye kalan kısmının bir miktarı derelere drene olmaktadır. Diğer bir miktarı da toprak tarafından emilerek, yeraltı suyu akış yönüne göre hareket ederek kaynaklardan boşalmaktadır.

Çalışma alanında üç adet kuru dere tarafından bölünmüş derin vadiler bulunmaktadır. Yağışlı sezonlarda bu derelerden düşük-orta miktarda debilerle su akışı gözlenmektedir. Bunların haricinde çalışma alanı ve çevresindeki sırt ve tepeleri kesen ve yazın kurak durumda olan kuru dereler de mevcuttur. Bu dereler Şekil 4’te verilen mavi kesikli çizgilerle hali hazır harita üstünde gösterilmiştir. Bu derelerden akan sular doğu yönündeki Salarha Deresi ile birleşerek buradan Karadeniz’e dökülmektedir. Yöre halkı tarafında içme ve kullanma suyu, kaynaklardan ve belediye şebekesinden temin edilmektedir.

Açılan 25 m. derinliğindeki araştırma sondajlarından yalnızca SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 nolu kuyularda yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Yapılan YASS ölçümlerine göre yeraltı su tablasının bu kuyularda sırasıyla yüzeyden 9,50, 10,50, 11,00, 9,00 ve 20,50 m. derinlikte olduğu belirlenmiştir. Bunun haricinde 5 nolu etüt hattında bulunan ve yeraltı suyunun topografyayı kestiği yerde bulunan evin tabanından yağışlı sezonlarda su çıkışı olmaktadır. Şuan için mevsimsel koşullar dikkate alınığında sondaj verilerine göre yeraltı su tablasının bu lokasyonda yüzeye yakın olmadığı söylenebilir.

### 3.3. Yamaç Duraylılık Analizleri

Çalışma alanındaki duraysızlık probleminin gözlemlendiği yamaçları araştırmak için Limit Denge analizi yapan “Slide v9,0” (Rocscience Inc., 2017) ve sayısal analiz yapan sonlu elemanlar tabanlı “RS<sup>2</sup> v9,0” (Rocscience Inc., 2016a) bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. İlk olarak yamaçların duraylılığı Limit Denge analizleri yapılarak araştırılmış, daha sonra sayısal analizler yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. “Slide” programı yamaç ve şevler için güvenlik sayılarının hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar yazılımıdır. Program ile değişken özellikler gösteren farklı geometrilerdeki yüzeyler gibi basit ve karmaşık problemler modellenilebilmekte, boşluk suyu basıncının etkisi, zemin özellikleri ve çeşitli analiz yöntemleri ile yükleme koşulları belirlenebilmektedir. Ayrıca, programda analiz yaparken heterojen zemin tipleri ve karmaşık stratigrafik durumlar da değerlendirilebilmektedir.

Yamaçlar doğal şevler olduğundan duraylı olabilmesi için hesap edilen güvenlik sayısı (Gs) değerinin en az 1 yani limit denge durumunda olması gerekmektedir.  $G_s < 1$  olduğu zaman limit denge durumu bozulmakta ve yamaç duraysız hale gelmektedir. Yol ve yarma şevleri gibi doğal olmayan yüksek eğim açılı şevlerde ise hesap edilen güvenlik sayısı (Gs) değerinin duraylılık için  $G_s > 1,5$  olması gerekmektedir (Mines Branch Canada, 1972). Duraylılık analizlerde kayma dayanımı parametrelerinin tepe ve artık değerleri için kabul edilebilir farklı güvenlik sayıları kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise duraylılık analizleri kayma dayanımı parametrelerinin tepe değerlerine göre yapıldığından zeminin doğal durumu için statik koşullardaki kabul edilebilir güvenlik sayısı 1,5 olarak seçilmiştir.

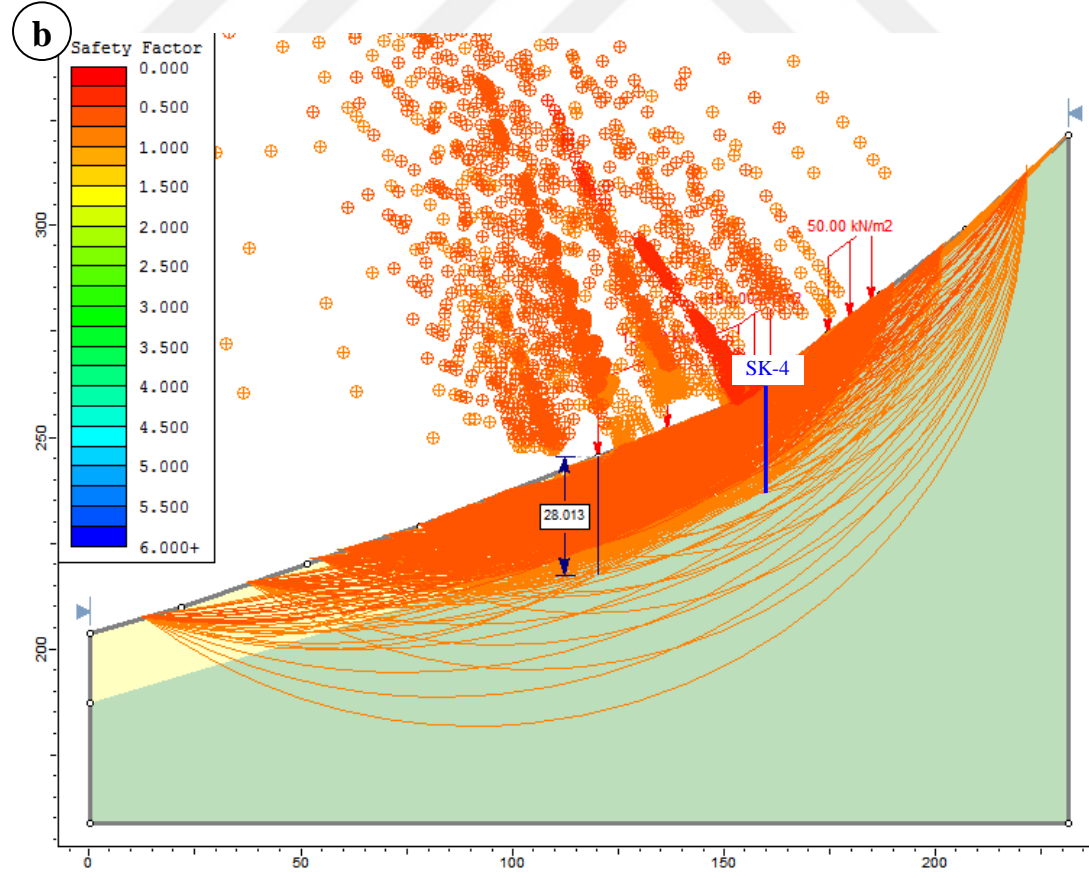
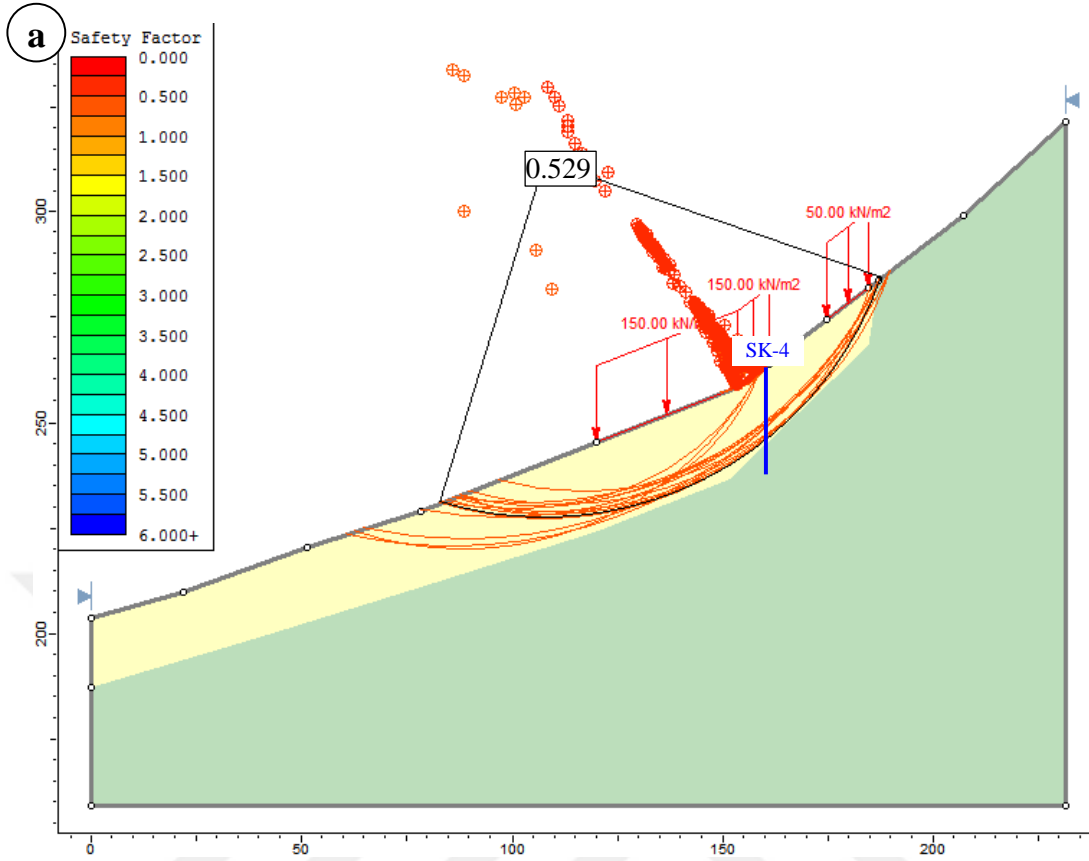
Sahada yapılan araştırma sondajlarından ve sismik araştırmalardan elde edilen veriler kullanılarak 5 etüt hattı için jeolojik profiller hazırlanmış ve “Slide v9,0” programında analiz modelleri oluşturulmuştur. Etüt hatları için statik duruma göre analizler yapılırken en kötü zemin koşullarını dikkate almak amacıyla Tablo 5’de verilen drenajsız kesme kutusu ve üç eksenli sıkışma deneylerinden elde edilen ortalama kayma dayanımı parametrelerinin en düşük değerleri dikkate alınmıştır. Analiz modellerinde yamaç molozu için kohezyon değeri 20,42 kPa ve içsel sürtünme açısı

8,50° olarak seçilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ise 18,84 kN/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Zemin seviyesi ve tamamen bozunmuş aglomera seviyesi arazide birbirleriyle girift durumda olduğundan analiz modellerinde tek bir birim olarak kabul edilmiştir. İleri derecede bozunmuş aglomeralar ise Hoek-Brown parametreleri kullanılarak tanımlanmıştır. Analizlerde üst zondaki zemin seviyesi için Mohr-Coulomb yenilme kriteri, alt zondaki aglomera için ise Hoek-Brown yenilme kriteri kullanılmış olup, kayma şekli olarak dairesel ve birleşik kayma türleri seçilmiştir. Zeminin uzunluğu kalınlığına göre daha büyük olduğundan ve birleşik kayma riskinin de olabileceğinden dolayı Limit Denge analizlerinde Janbu yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, evlerden kaynaklı yükler de analiz modellerine yayılı yük olarak eklenmiş ve yeraltı suyu sondajlarda tespit edildiği derinliklere konumlandırılmıştır.

1 nolu etüt hattı için analiz modeli oluşturulurken SK-4 nolu sondaj kuyusu ve jeofizik etüt verilerinden yararlanılmıştır. Yeraltı suyuna bu lokasyonda 25 m. derinliğe kadar rastlanılmadığından boşluk suyu basıncı dikkate alınmamıştır. 1 nolu etüt hattından geçen asfalt yolun üst ve altında kalan evlerin temel zeminine aktaracağı yükler yayılı yük olarak modele eklenmiştir. Bu hatta yapılan gözlemsel incelemeler sonucunda üst kottaki en son evin arkasında kalan kaya şevindeki faylanmaya bağlı olarak gelişmiş düşey çatlaklarda 10-30 cm.'ye kadar varan açılmalar meydana gelmiş ve buradan itibaren yenilmeler asfalt köy yolunu ve alt sınırındaki evleri de içine alarak çay bahçelerine kadar devam etmiştir. Yapılan Limit Denge analizleri sonucunda bu duruma uyan ilk kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin Gs: 0,529 olduğu belirlenmiştir (Şekil 14a). Kayma yüzeyinin konumu incelendiğinde yamaç molozu-aglomera dokanağından başladığı ve birim sınırının tabanına yakın bir yerden geçerek alt kottaki çay bahçelerinin olduğu yamaçta sonlandığı görülmektedir. Arazideki gerçek durumla uyuşan tüm kayma dairelerine ait güvenlik sayıları 0,54 değerinden küçüktür. Limit denge durumunun bozulduğu yani güvenlik sayısının 1'den küçük olma durumuna ait yenilme yüzeyleri incelendiğinde ise tüm yamacı kaplayarak ileri derecede bozunmuş aglomeralara kadar yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. 1 nolu etüt hattında açılan SK-4 nolu sondaj kuyusunda inklinometre ölçümleri yapılmadığından yeraltı verileri ile analiz sonuçları deneştirilememiş, bu nedenle yorumlamalar arazide yüzeyden tespit edilebilen verilere göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre desteksiz yamaçta duraysızlık sorununun ilk olarak yamaç molozu içinde başladığı, buradan

gelişerek dokanak sınırından devam ettiği ve sonrasında genişleyerek aglomera içine kadar ilerleme olasılığının olabileceği söylenebilir. Kayma yüzeylerinin yoğunlaştığı kritik derinlik ise bu etüt hattında yaklaşık olarak 28 m. civarındadır (Şekil 14b). Yapılan YASS ölçümleri, yeraltı suyunun bu etüt hattında 25 m.'nin altında olduğunu göstermiştir. Yani, aşırı yağışlı sezonda dahi yeraltı su seviyesinin yamaç molozu içine kadar yükselmesi olası değildir. Dolayısıyla 15 Ekim 2015 tarihinde ve sonrasında bu hatta meydana gelen yenilmelerde yeraltı suyunun doğrudan olmasa da dolaylı olarak tetikleyici olduğu söylenebilir. Paleo heyelanlı sahadaki ağaçların, elektrik direklerinin ve mezar başlıklarının devam eden yavaş akmaya bağlı olarak düşeyden sapmaları bölgenin zaten kayma riski potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Böyle bir alanda artan nüfus ve yapılaşmaya bağlı zemine aktarılan ek yükler, yağış ve atık sularının yeraltına sızarak zeminin birim hacim ağırlığını artırması ve doğal bitki örtüsünün değiştirilmesi yavaş akma sürecini hızlandırarak hızlı akmaya çevirmiş ve sonuç olarak mevcut yenilme başlangıcı meydana gelmiştir. Kayma yüzeyleri incelendiğinde yenilmenin bu hatta dairesel bir yüzeyle başlayıp devam ettiği ve topukta sonlandığı görülmektedir. Bu etüt hattındaki yenilme mekanizmasının Limit Denge analizine göre dairesel kayma modeline uyduğu anlaşılmaktadır.



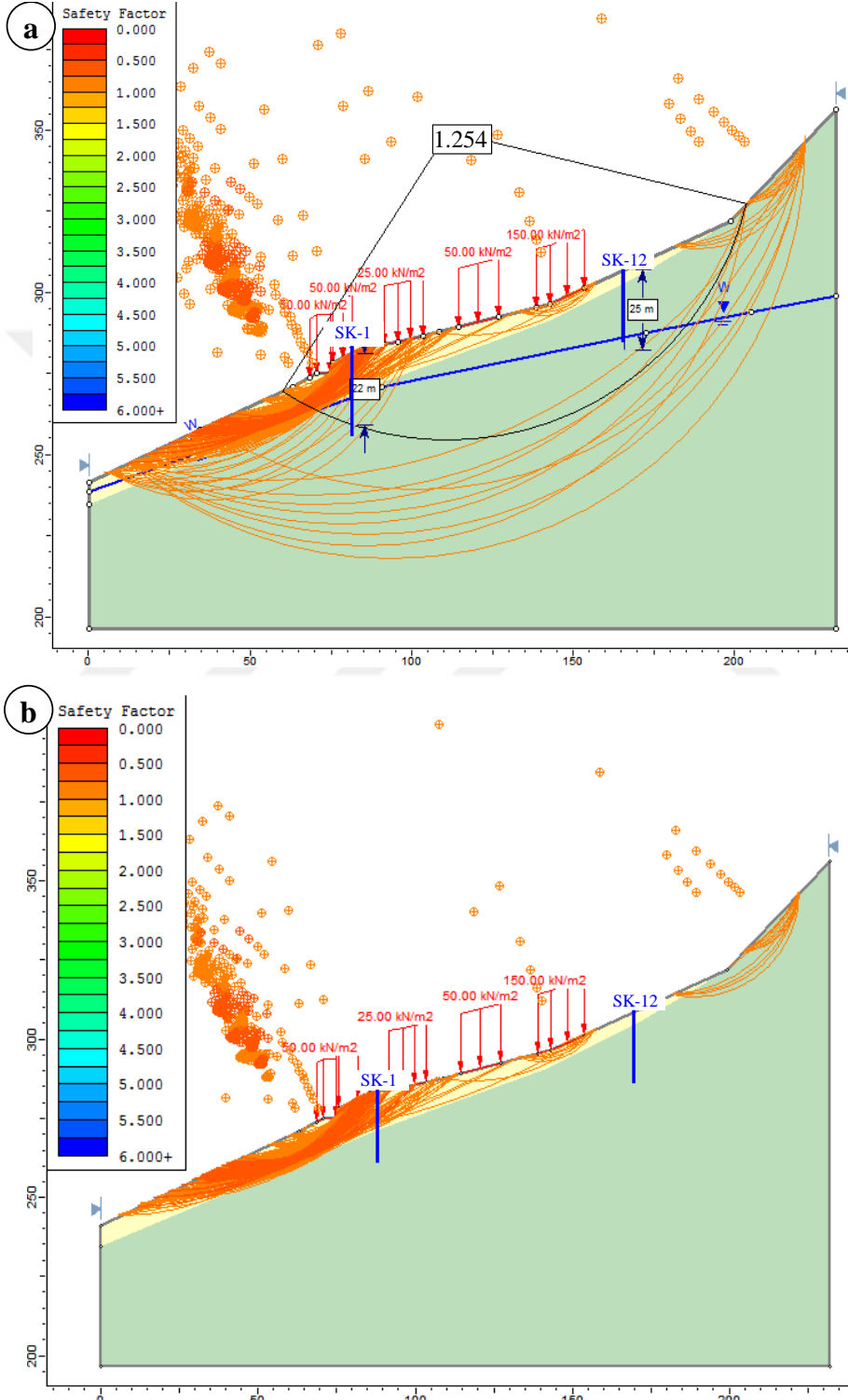


Şekil 14. (a, b) 1 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi

2 nolu etüt hattı için analiz modeli oluşturulurken SK-1 ve SK-12 nolu sondaj kuyularından ve jeofizik etüt verilerinden yararlanılmıştır. Yeraltı suyuna bu lokasyonda SK-1 ve SK-12’de 9,50 ve 20,50 m. derinliklerinde rastlanılmış ve modelde bu derinliklere yeraltı suyu eklenmiştir. 2 nolu etüt hattından geçen asfalt yolun üst ve altında kalan evlerin temel zeminine aktaracağı yükler yayılı yük olarak modele girilmiştir. Bu kuyularda yapılan inklinometre ölçümleri sonucunda kayma yüzeyinin SK-1 nolu kuyuda 22 metrede ve SK-12 nolu kuyuda ise 23 metrede olduğu tespit edilmiştir. Ancak, SK-12 nolu kuyuda yapılan ölçüm sonuçlarına bakıldığında tüm okumaların üst üste çakıştığı, ana kayma yüzeyinin kuyu derinliğinden daha derinde olduğu ve kuyunun kayan kütle içinde kaldığı anlaşılmaktadır. Yapılan Limit Denge analizleri sonucunda ölçüm sonuçlarını temsil eden kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 1,254 olduğu belirlenmiştir (Şekil 15a). Bu değer limit denge koşulundan büyük olmasına rağmen kayma gerçekleşmiştir. Analizlerde kayma dayanımı parametrelerinin tepe değerleri dikkate alındığından yüksek güvenlik sayılarının elde edilmesi normaldir. Bu sebepten dolayı kabul edilebilir güvenlik sayısı bu çalışma için 1,5 olarak alınmıştır. Analiz sonucu incelendiğinde yenilme yüzeylerinin daha çok asfalt köy yolu ve civarında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Yani, bu hattaki yenilmeler ilk önce yamaç molozu içinde başlamış daha sonrada gerileyen biçimde devam ederek ileri derecede bozunmuş aglomeraların içine kadar ilerlemiştir. Bu hattaki kaymaların taç noktası, fay aynası ile temsil edilen yüksek eğimli yamacın başlangıcıdır. Yani, 2 nolu etüt hattındaki yenilmenin taç kısmı fay aynası ile sınırlandırılmıştır. Gerileyerek buradan üst zonlara doğru gitmesi olası değildir. Topuk noktası ise asfalt yolun alt kotlarındaki çay bahçelerinin bulunduğu yamaç yüzeyidir. 1 nolu etüt hattında olduğu gibi bu hatta da benzer şekilde yenilmeler dairesel yüzeylerle başlayıp devam etmiş ve aynı şekilde sonlanmıştır. Bu etüt hattındaki yenilme mekanizması dairesel kayma modeline uymaktadır. Lokasyondaki yamaç inklinometre ve analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere duraysız durumdadır.

Bu incelemenin haricinde yeraltı suyunun kayma üzerindeki etkisini araştırmak için duraylılık analizi doygun olmayan koşullar için de gerçekleştirilmiş ve kayma yüzeylerinin konumlarındaki değişimler araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda limit denge koşulundan küçük olan dairelerin hemen hemen hepsi yeraltı suyunun olduğu durumdan farklı olarak sadece yamaç molozunun içinde gelişmiştir (Şekil 15b). Sonuç

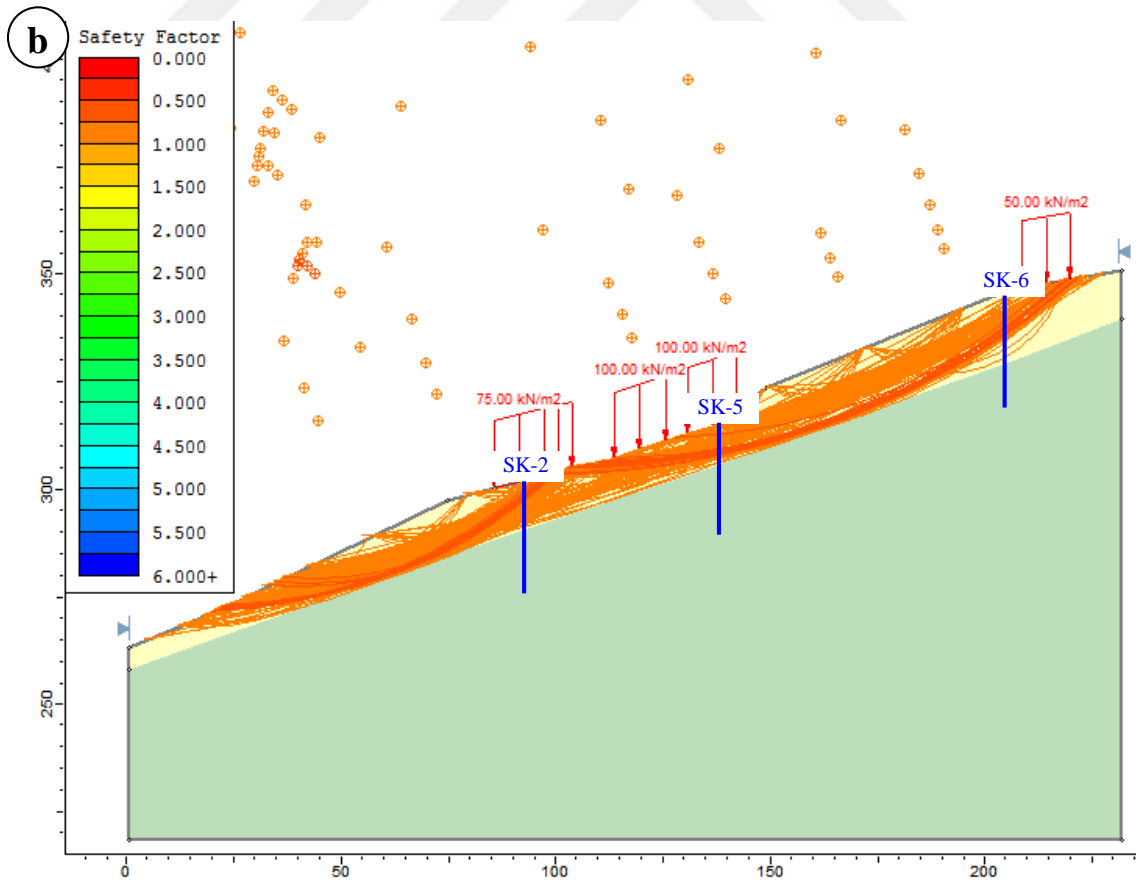
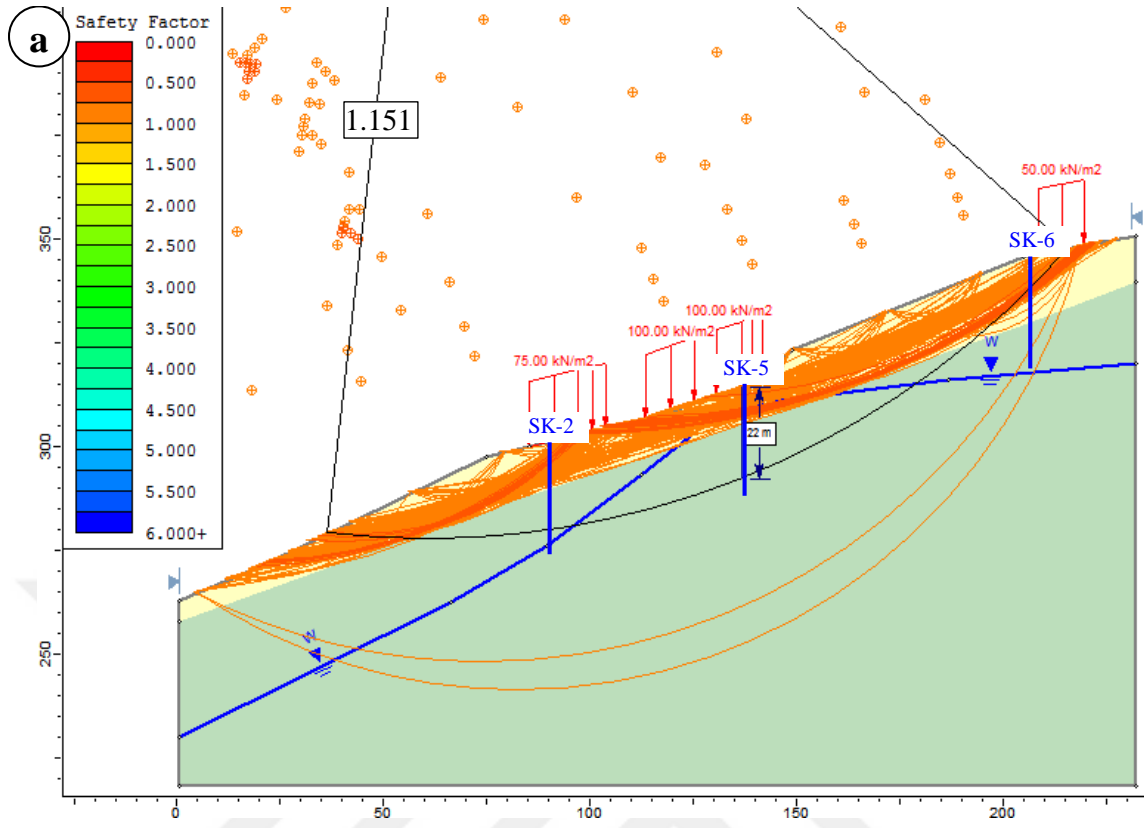
olarak, bu lokasyondaki yeraltı suyunun varlığı ileri derecede bozunmuş aglomeraların kaymaya karşı gösterdiği direnci azaltarak yenilmenin daha derinlere doğru ilerlemesine neden olmuş ve kaymanın tetiklenmesinde etkin rol almıştır.



Şekil 15. (a, b) 2 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi

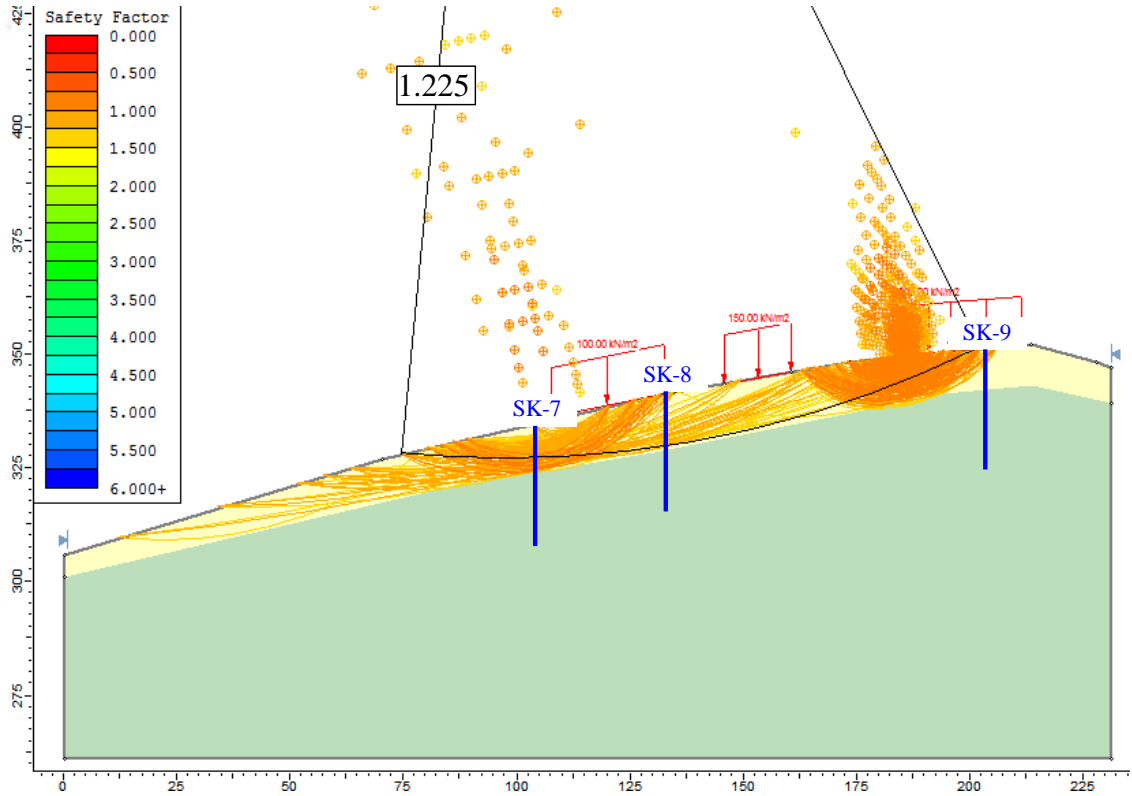
3 nolu etüt hattı için analiz modeli oluşturulurken SK-2, SK-5 ve SK-6 nolu sondaj kuyularından ve jeofizik etüt verilerinden yararlanılmıştır. Yeraltı suyuna bu lokasyonda yalnızca SK-2'de 10,50 m. derinlikte rastlanılmış ve bu derinliğe modelde yeraltı suyu eklenmiştir. 3 nolu etüt hattından geçen asfalt yolun üst ve altında kalan evlerin temel zeminine aktaracağı yükler yayılı yük olarak modele girilmiştir. SK-2 nolu kuyuda yapılan inklinometre ölçümleri sonucunda kayma derinliğinin 22 metrede olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Limit Denge analizleri sonucunda ölçüm kuyusu sonuçlarını temsil eden kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 1,151 olduğu belirlenmiştir (Şekil 16a). Analiz sonucu incelendiğinde limit denge koşulundan küçük olan yenilme yüzeylerinin tamamına yakını yamaç molozunun içinde kalmakta ve tüm yamaç boyunca yayılım göstermektedir. Yani, sahadaki yenilmeler ilk önce yamaç molozu içinde başlamış daha sonra da gerileyen biçimde ve derinlere inerek ileri derecede bozunmuş aglomeraların içine kadar ilerlemiştir. Analiz sonucu incelendiğinde yenilmenin dairesel yüzeylerle başlayıp litolojik dokanak sınırına yakın yerden düzlemsel yüzeylerle devam ettiği ve tekrar dairesel yüzeylerle topukta sonlandığı görülmektedir. Başka bir deyişle, sahadaki ana yenilme mekanizması Limit Denge analizine göre birleşik kayma (dairese+düzlemsel) modeline uymaktadır. Dolayısıyla, bu lokasyondaki yamaç duraysızdır ve yüksek kayma potansiyeli taşımaktadır.

Ayrıca, yeraltı suyunun kayma üzerindeki etkisini incelemek için duraylılık analizi doygun olmayan koşullar için de gerçekleştirilmiş ve kayma yüzeylerinin konumlarındaki değişimler araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda limit denge koşulundan küçük olan yüzeylerin hemen hemen hepsi yine yamaç molozunun içinde gelişmiştir (Şekil 16b). Aglomeranın içinde gelişmiş kayma yüzeyleri ise bu analizde ortadan kalkmıştır. Sonuç olarak, bu lokasyondaki yer altı suyunun varlığı ileri derecede bozunmuş aglomeraların yamaç ortasındaki zonda kaymaya karşı gösterdiği direnci zayıflatarak yenilmenin daha derinlere doğru ilerlemesine neden olmuş ve yenilmeyi tetiklemede etkin rol almıştır.



Şekil 16. (a, b) 3 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi

4 nolu etüt hattı için analiz modeli oluşturulurken SK-7, SK-8 ve SK-9 nolu sondaj kuyularından ve jeofizik etüt verilerinden yararlanılmıştır. Yeraltı suyuna bu loksayonda açılan sondajlarda rastlanılmamıştır. 4 nolu etüt hattından geçen beton yolun üstünde ve altında kalan evlerin temel zeminine aktaracağı yükler modele yayılı yük olarak eklenmiştir. Açılan sondaj kuyularında inklinometre ölçümleri yapılmamıştır. Arazideki gerçek durumla uyumlu olacak şekilde üst kotlardaki evlerin altından geçip buradan ilerleyerek alt kotlardaki evleri de içine alarak çay bahçelerine doğru yayılım gösteren gerilme çatlaklarının tümünü temsil eden olası kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin Gs: 1,225 olduğu belirlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. 4 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi

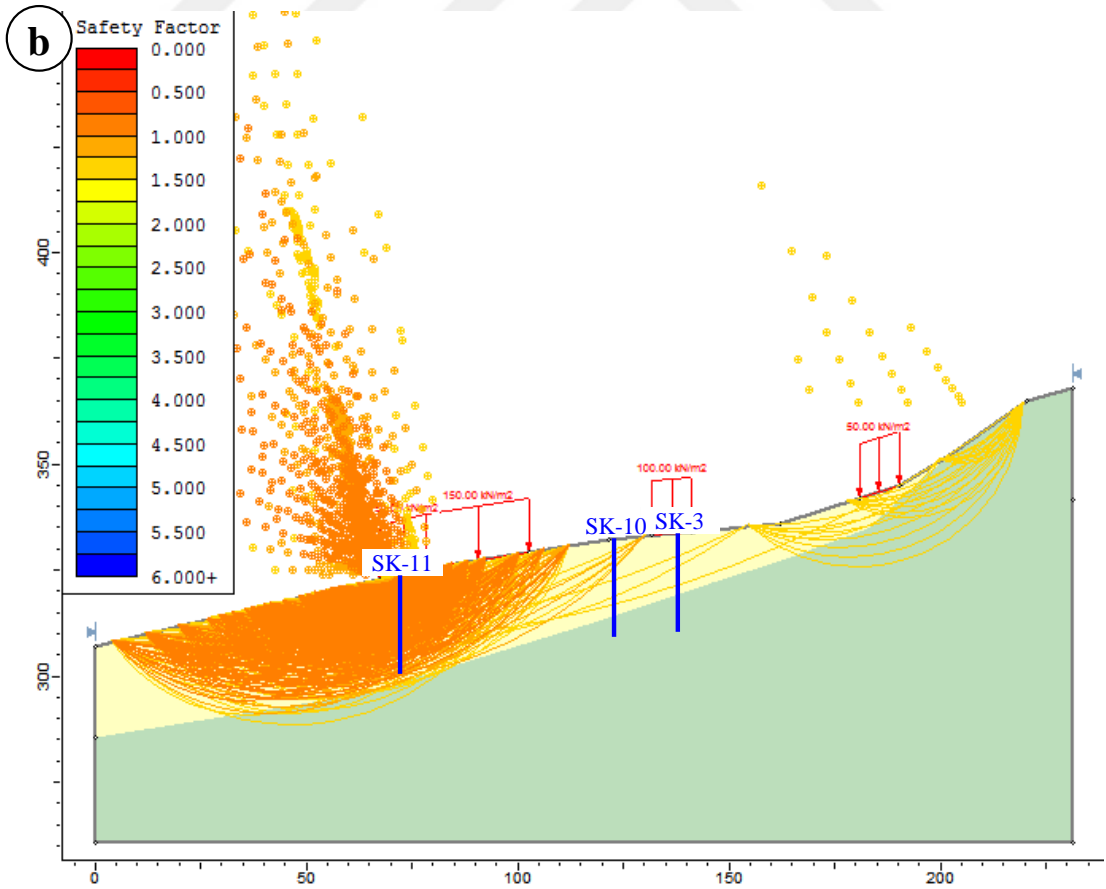
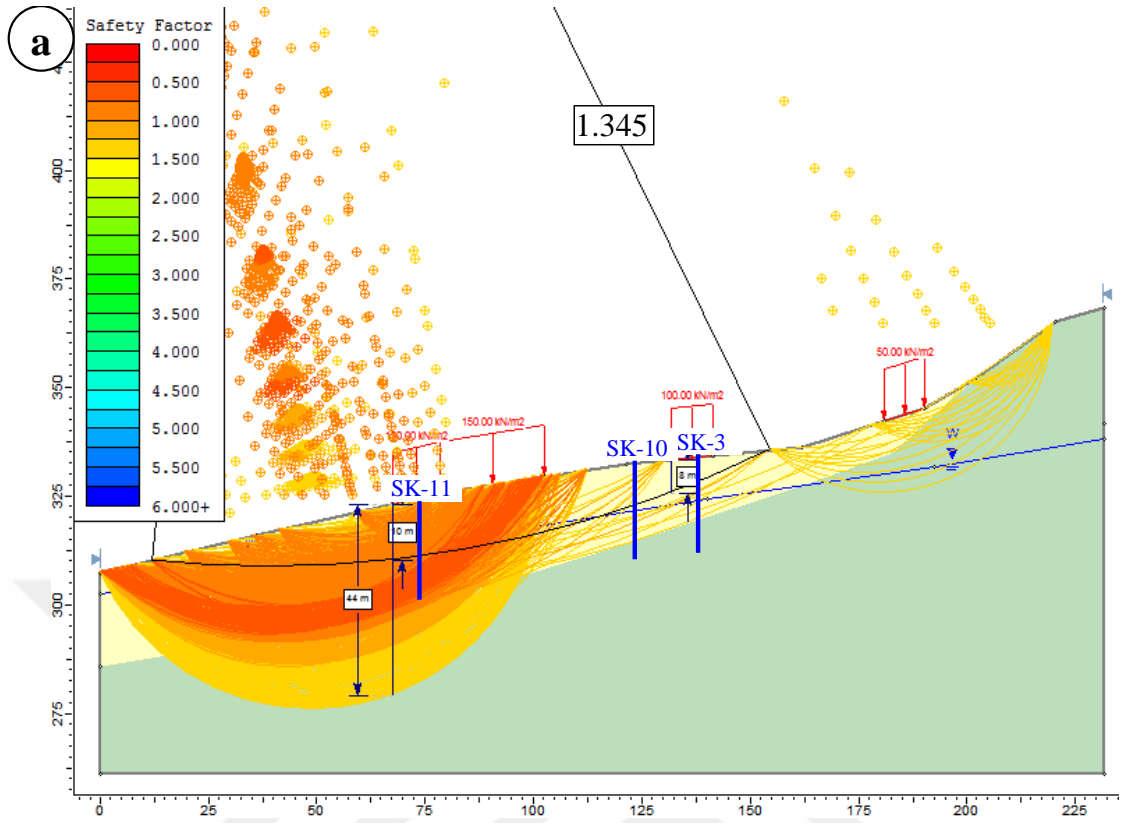
Yapılan analiz sonucunda yenilme potansiyeli olan kayma yüzeylerinin tamamı yamaç molozunun içinde gelişmiştir ve tüm yamaç boyunca yayılım göstermektedir. Dolayısıyla, bu alandaki yamaç şu anki durumuyla duraysız durumdadır ve yenilmenin aktif hale geçme riski bulunmaktadır. Analiz sonucu incelendiğinde yenilmenin dairesel yüzeylerle başlayıp litolojik kontak sınırına yakın yerde düzlemsel yüzeylerle devam ettiği ve tekrar dairesel yüzeylerle topukta sonlandığı görülmektedir. Yani, bu lokasyondaki ana yenilme mekanizması birleşik kayma (dairesele+düzlemsel) modeline uymaktadır. Kayma yüzeyinin derinliği bu alandaki yamaç molozunun kalınlığıyla sınırlı durumdadır ve yaklaşık olarak 12 m. derindedir. Şayet, yeraltı suyu mevcut olsaydı kayma yüzeyleri daha derinlere ilerleyerek aglomeralara kadar yayılım gösterecekti. Bu etüt hattındaki yerleşim yerlerinin yoğunluğu diğer üç etüt hattına kıyasla daha fazladır. Buradaki yenilmeyi tetikleyici ana faktörler artan nüfus ve yapılaşmaya bağlı zemine aktarılan ek yükler ve yağış sularının paleo heyelanın ayna kısmından itibaren sızarak yamaç molozunun kayma dayanımını zayıflatmasıdır.

5 nolu etüt hattı için analiz modeli oluşturulurken SK-3, SK-10 ve SK-11 nolu sondaj kuyularından ve jeofizik etüt verilerinden yararlanılmıştır. Yeraltı suyuna bu etüt hattında yalnızca SK-3 ve SK-11'de 11,00 ve 9,00 m. derinliklerde rastlanılmış ve modeldeki bu derinliklere yeraltı suyu eklenmiştir. 5 nolu etüt hattında bulunan evlerin temel zeminine aktaracağı yükler yayılı yük olarak analiz modeline girilmiştir. SK-3 nolu kuyuda yapılan inklinometre ölçümleri sonucunda kayma derinliğinin 8 metrede, SK-11 nolu kuyuda ise kuyu derinliği olan 25 m.'den daha derinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, SK-11 nolu kuyuda yaklaşık 10 m. derinlikte ikincil bir sığ kırılma daha tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kuyulardan tespit edilen en derin kırılmalardan uygun bir kayma yüzeyinin geçmediği saptanmıştır. Ancak, SK-11'de tespit edilen 10 m. derinlikteki kırılma ile SK-3'ten belirlenen 8 m. derinlikteki kırılmadan ideal bir kayma yüzeyinin geçtiği belirlenmiştir. Bu yüzeye ait güvenlik sayısı değeri  $G_s$ : 1,345'tir (Şekil 18a). Analiz sonucu incelendiğinde kayma yüzeylerinin SK-11 nolu sondaj kuyusunun olduğu alanda daha da yoğunlaştığı ve ileri derecede bozunmuş aglomeraların derinlerine kadar indiği belirlenmiştir. Yani sahadaki yenilme mekanizması iki aşamada gelişmiştir. İlk aşamada yamaç molozları içinde gerileyen şekilde fosil heyelanın aynasıyla sınırlandırılmış sığ bir yenilme gelişmiş, daha sonrada paleo heyelanın kabarma bölümündeki aglomeranın oldukça derin

zonlarına kadar inen ikinci bir yenilme gelişmiştir. Bu yenilmenin kaçınıcı metreden geçtiği SK-11 nolu sondaj kuyusu kayan kütle içinde kaldığından net olarak tespit edilememiştir. Ancak, kabul edilebilir güvenlik sayısının 1,5 olması durumunda kayma yüzeyinin 25-44 m. arasındaki bir derinlikten geçebileceği söylenebilir. Sahadaki yamaç molozları içinde gelişen ilk yenilmeye ait mekanizma birleşik kayma (daireesel+düzlemsel), ikinci yenilme ise daireesel kayma modeline uymaktadır. Bu lokasyondaki yamaç şu an için duraysızdır ve yüksek derecede kayma riski taşımaktadır.

Bunların haricinde, bu hatta yeraltı suyunun kayma üzerindeki etkisini araştırmak için duraylılık analizi doygun olmayan koşullar için de gerçekleştirilmiş ve kayma yüzeylerinin konumlarındaki değişimler incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda yenilme yüzeylerinin hemen hemen hepsi yine yamaç molozunun içinde gelişmiştir (Şekil 18b). Başka bir ifadeyle, bu alanda yeraltı suyunun bulunması ileri derecede bozunmuş aglomeraların kaymaya karşı gösterdiği direnci zayıflatarak yenilmenin daha derinlere doğru ilerlemesine neden olmuş ve derin bir yenilmenin oluşmasında tetikleyici bir unsur olmuştur.



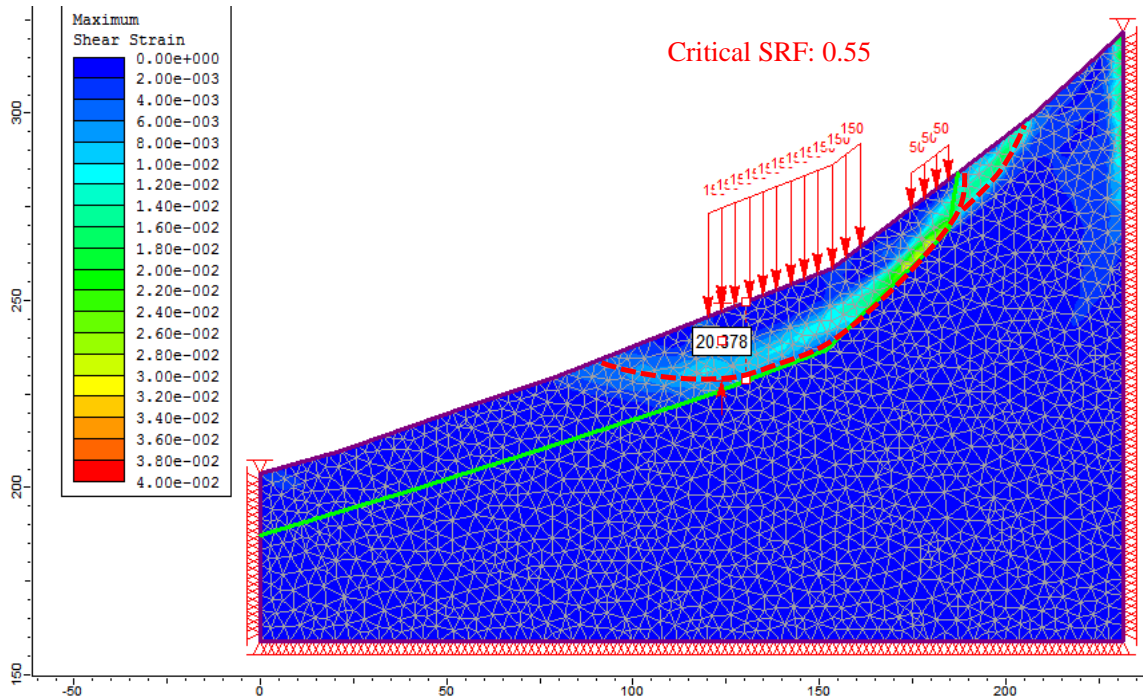


Şekil 18. (a, b) 5 nolu etüt hattındaki yamaç için Janbu yöntemine göre yapılan Limit Denge analizi

Beş adet etüt hattı için yapılan Limit Denge analizlerinin sonuçlarını karşılaştırmak için sonlu elemanlar yönteminden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, yamaçlara ait olası duraysızlık problemini ve mekanizmasını belirlemek için sonlu elemanlar tabanlı Kayma Dayanımı Azaltma Yaklaşımı (FEM-SSR) yöntemini uygulayan “RS<sup>2</sup>” sonlu elemanlar programı kullanılarak güvenlik sayıları belirlenmiştir. Limit Denge analizlerinde kullanılan modeller üzerinde statik durum için sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yamaç molozu ve ileri derecede bozunmuş aglomeraya ait deformasyon modülü ( $E_d$ ) ve Poisson oranı ( $\nu$ ) sismik çalışmalar yardımıyla hesaplanmış ve bu değerler modele girilmiştir. Sayısal analizler, yamaç molozu için Mohr-Coulomb yenilme kriterine göre ana kaya için ise Hoek-Brown yenilme kriterine göre yapılmıştır. Etüt hatlarındaki yamaç molozu için deformasyon modülü 185700 kPa ve Poisson oranı 0,36 olarak, ileri derecede bozunmuş aglomera için deformasyon modülü 610000 kPa ve Poisson oranı ise 0,32 olarak seçilmiştir. Yamaç molozuna ait kohezyon değeri 20,42 kPa, içsel sürtünme açısı  $8,50^\circ$  ve doğal birim hacim ağırlığı da  $18,84 \text{ kN/m}^3$  olarak girilmiştir. İleri derecede bozunmuş aglomera için doğal birim hacim ağırlığı  $22,56 \text{ kN/m}^3$  olarak kullanılmıştır (Tablo 3, 5, 6). Hazırlanan modellerde detay analiz için hassas zonlama yapılmış ve üç düğüm noktalı üçgen şekilli sonlu elemanlar kullanılmıştır. Çözümler yamaç eğimi boyunca değişen gravite yükleri altında yapılmıştır. Her bir sonlu elemanın üstündeki malzemenin ağırlığı yardımıyla elemandaki düşey gerilmeler tanımlanmıştır. Gerilme oranı, yüzey kazıları için hidrostatik basınç gerilmesini temsil etmesi amacıyla 1 olarak (yatay gerilme=düşey gerilme) girilmiştir. Yamacın sağ, sol ve alt yüzeylerindeki yer değiştirmenin sıfır olması için sınırlandırılmış, üst yüzeyi ise deformasyonları saptamak için açık bırakılmıştır

1 nolu etüt hattında yer alan yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde oluşan kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 0,55 olduğu belirlenmiştir (Şekil 20). Bu sonuç Limit Denge analiziyle de uyumlu olarak yamacın duraysız olduğunu göstermektedir. Limit Denge analizleriyle belirlenen kayma yüzeylerinin dağılımı FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Analiz sonuçları Limit Denge analizlerinde kullanılan kayma dayanımı parametrelerinin sahayı temsil ettiğini göstermektedir. Yamacın duraysız olduğu kısımlar yamaç molozu ile aglomeranın yüzeyde kesiştiği yer ile asfalt yolun altında

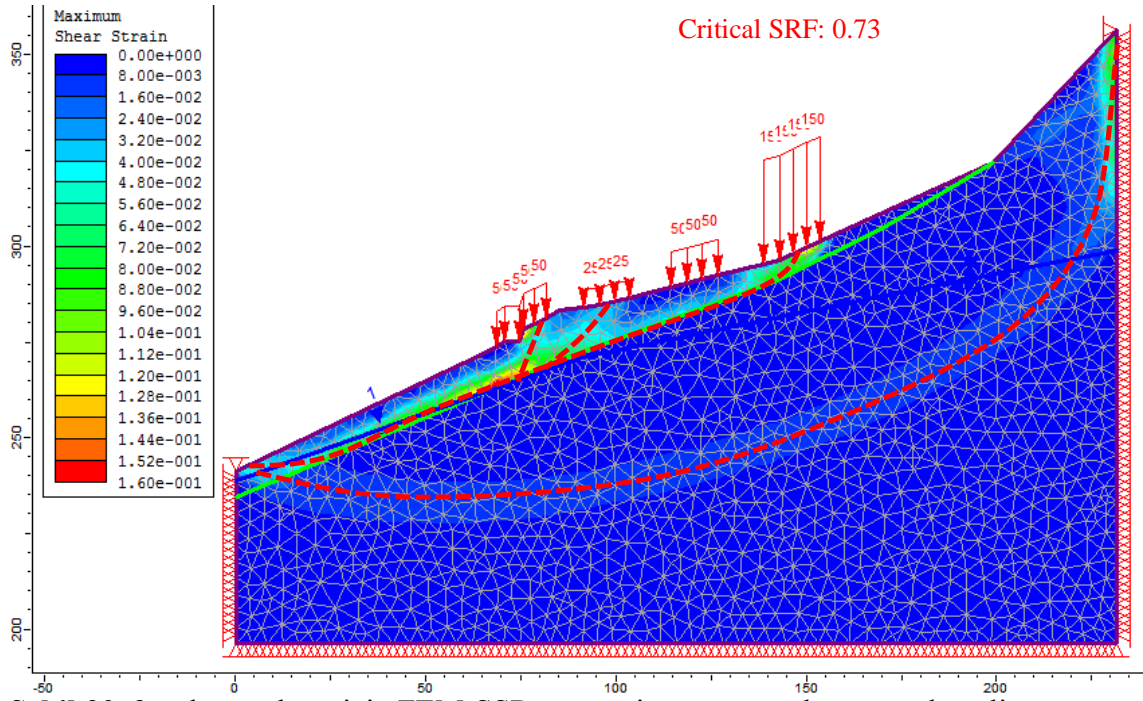
kalan alanları kapsamaktadır (Şekil 19). Kayma yüzeyi, litolojik dokanak yüzeyine yakın bir yerden geçmektedir. Kayma derinliği 1 nolu etüt hattında Limit Denge analizine göre yaklaşık olarak 28 m. olarak saptanırken FEM-SSR analizine göre ise 20 m. derinliktedir. Şekil 19'daki yeşil ve sarı alanlar gerilmelerin yoğunlaştığı ve kayma potansiyelinin olduğu yüzeyi göstermektedir. Sonuçlar Limit Denge analiziyle de benzer olarak yenilmenin birleşik kayma modeline benzer olduğu ve daha çokta dairesel kayma modeline uyduğunu göstermektedir.



Şekil 19. 1 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz

2 nolu etüt hattında yer alan yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 0,73 olduğu belirlenmiştir (Şekil 20). Bu sonuç yamacın dengede olmadığını göstermektedir. Limit Denge analizleriyle belirlenen kayma yüzeylerinin dağılımı FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Limit Denge analizlerinde kullanılan kayma dayanımı parametrelerinin saha için geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan analizlerde iki adet yenilme yüzeyinin varlığı tespit edilmiştir. İlk yenilme yüzeyi yeşil ve sarı konturlarla gösterilen gerilmelerin yoğunlaştığı yerde yamaç molozlarının içinde gelişmiş, ikinci yenilme yüzeyi de zayıf bir şekilde aglomeraların içinde oluşmuştur. Bozunmanın derinlikle birlikte azalacağı varsayımından yola çıkılırsa oluşan ikinci yüzey boyunca farklı bir

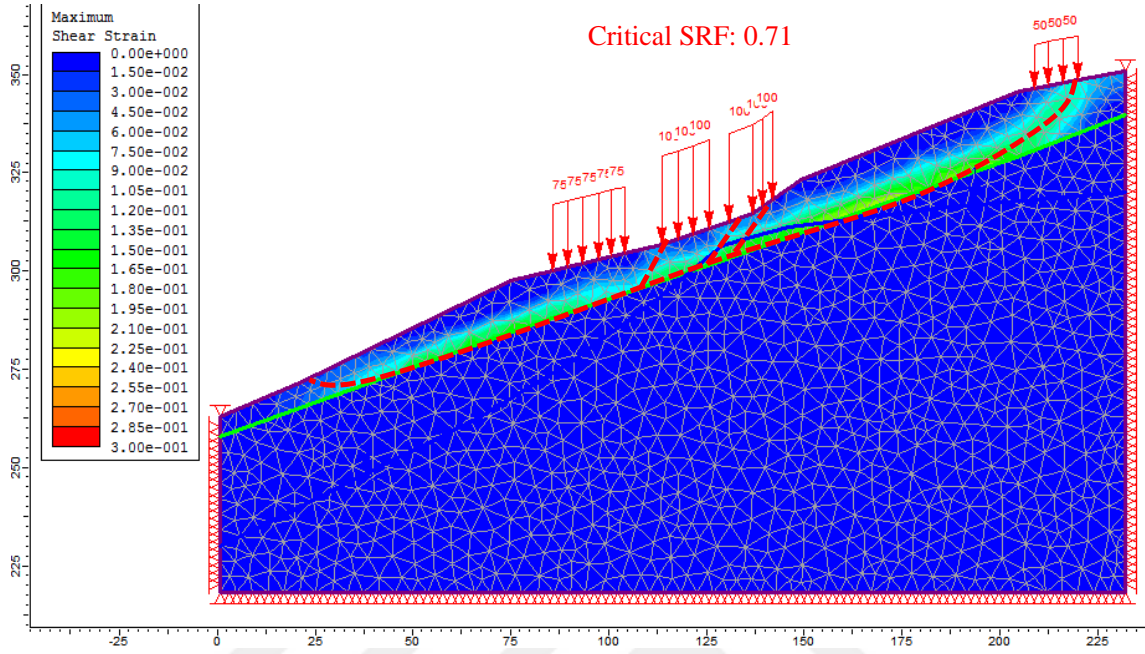
yenilmenin gerçekleşme ihtimali oldukça düşüktür. Ancak, SK-12 nolu sondaj kuyusunda yapılan inklinometre ölçümlerinde yeraltı suyunun etkisiyle 25 metreden daha derinde bir yenilme gerçekleşmiştir. Dolayısıyla bu hattaki kayma riski taşıyan alan için anlamlı derinlik, yamaç molozu derinliğinden oldukça fazladır ve aglomera içindedir. Sonuçlar Limit Denge analiziyle de benzer olarak ana yenilmenin birleşik kayma modeline uyduğunu göstermektedir.



**Şekil 20.** 2 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz

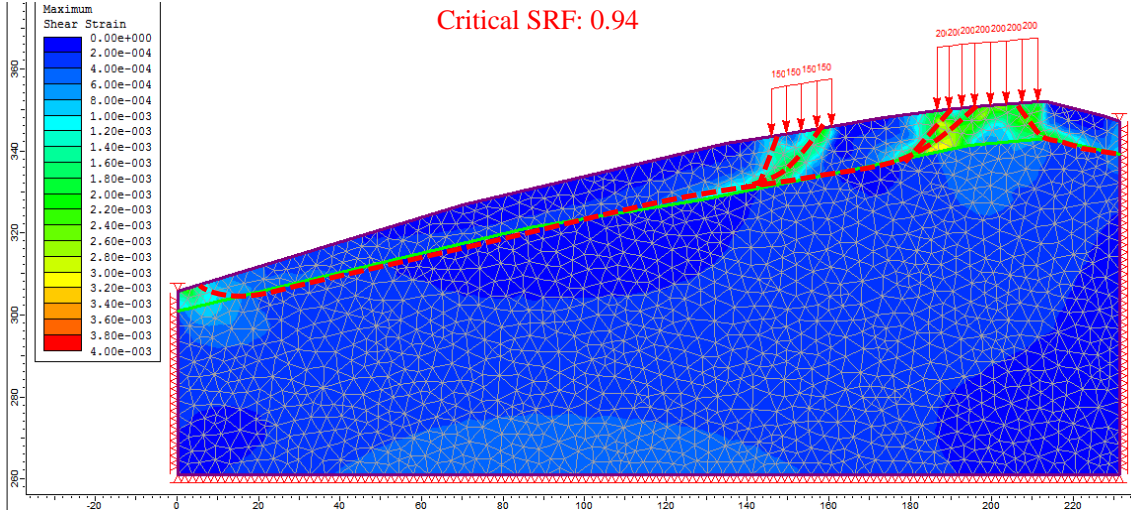
3 nolu etüt hattında yer alan yamaçın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 0,71 olduğu belirlenmiştir (Şekil 21). Bulunan bu değer yamaç molozu içinde gelişmiş yenilme yüzeyine ait güvenlik sayısıdır ve yamaçın duraysız olduğunu göstermektedir. Limit Denge analizleriyle belirlenen kayma yüzeylerinin dağılımı FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Bu alandaki yenilmenin birleşik kayma modeline uyduğu görülmektedir. Sayısal analizler sonucunda bu hattaki yenilmelerin iki aşamada geliştiği belirlenmiştir. İlk aşamada yamaç molozu içindeki yenilmeler oluşmuş, daha sonra da bu yenilmeler agmolera içine kadar ilerleyerek ikincil yenilmeler gelişmiştir. Limit Denge analizinden farklı olarak sayısal analizde ikincil yenilmeler tespit edilememiştir. Bu hat için inklinometre ölçüm sonuçlarının sayısal analizlerden ziyade Limit Denge analizleriyle uyduğu ve daha güvenilir sonuçlar verdiği söylenebilir. Başka bir

ifadeyle, bu hattaki kayma riski taşıyan alan için anlamlı derinlik, yamaç molozu kalınlığından daha fazladır ve 22 m civarındadır.



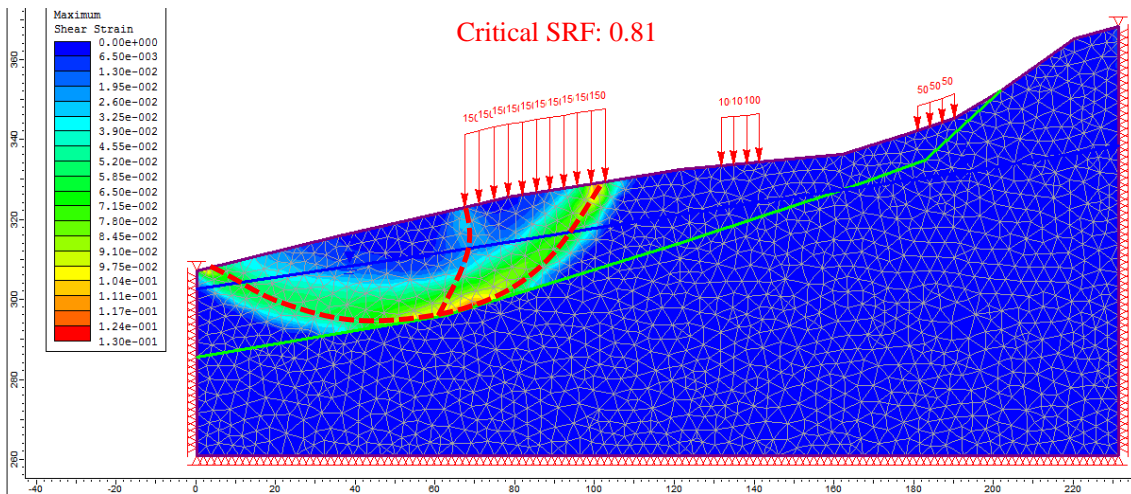
**Şekil 21.** 3 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz

4 nolu etüt hattında yer alan yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 0,94 olduğu belirlenmiştir (Şekil 22). Bu değer yamaç molozu içinde gelişerek yamacı tümüyle kat eden yenilme yüzeyine ait güvenlik sayısı değeridir. Sayısal analiz sonuçları yenilme yüzeyi boyunca yamacın duraysız olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Limit Denge analizleriyle belirlenen kayma yüzeylerinin dağılımı FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Bu alandaki yenilmenin birleşik kayma modeline uyduğu görülmektedir. Sayısal analizler sonucunda bu hattaki yenilmelerin sadece yamaç molozu içinde kaldığı ve aglomeraların derin zonlarına kadar inmediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Limit Denge analizleriyle birebir uyduğu ve kullanılan dayanım parametrelerinin sahayı temsil ettiği saptanmıştır. 4 nolu etüt hattında açılan sondajlarda inklinometre ölçümleri alınmadığından yorumlamalar yüzeysel verilere göre yapılmıştır. Arazideki gerilme çatlaklarının konumu dikkate alındığında duraylılık analizlerinin geçerli olduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre, bu hattaki kayma riski taşıyan alan için anlamlı derinlik, yamaç molozu kalınlığı ile sınırlıdır ve yaklaşık olarak 12 m civarındadır.



Şekil 22. 4 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz

5 nolu etüt hattında yer alan yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin  $G_s$ : 0,81 olduğu belirlenmiştir (Şekil 23). Bu değer yamaç molozu içinde gelişmiş dairesel yenilme yüzeyine ait güvenlik sayısı değeridir. Bu sonuç yamacın uç kısmının duraysız olduğunu göstermektedir. Sayısal analiz bu hat için Limit Denge analizinden daha tutucu davranarak sadece öndeki büyük yenilmeyi tespit etmiştir. Yamacın üst bölümlerindeki paleo heyelanın çökme bölgesinde gelişen ikincil yenilmeler ise saptanamamıştır. Bu hat için inklinometre sonuçlarının daha çok Limit Denge analizleriyle uyduğu ve güvenilir sonuçlar verdiği söylenebilir. Başka bir ifadeyle, bu hattaki kayma riski taşıyan alan için anlamlı derinlik, yamaç molozu kalınlığından daha fazladır ve açılan SK-11 nolu kuyunun derinliğinden daha derindedir.



Şekil 23. 5 nolu etüt hattı için FEM-SSR yöntemine göre yapılan sayısal analiz

Yapılan Limit Denge ve sayısal analizler sonucunda gerekli önlemlerin alınmaması halinde başlangıç durumundaki yenilmenin aktif hale geçerek hızlı bir duraysızlığa dönüşme olasılığı olduğu belirlenmiştir. İlk başlarda birbirinden bağımsız şekilde ilerlediği tahmin edilen dört yamaçtaki yenilmelerin ilerleyen aşamalarda sahadaki gerilme çatlaklarının belirginlik kazanmasıyla çanak şeklindeki ana vadi içine doğru hareket eden yay şeklindeki tek bir yenilmeden oluştuğu anlaşılmıştır. Bu yayın uzunluğu yaklaşık olarak 900 metre civarındadır. Yamaçta meydana gelen duraysızlık başlangıcının ileri boyutlara taşınmasını önlemek için gerekli önlemlerin alınması gereklidir. 1 nolu etüt hattındaki tahmini kayma yüzeyi derinliği 28 m. civarındadır; 2 nolu etüt hattında bu değer 25 metreden daha derindir; 3 nolu etüt hattında 22 m. civarındadır; 4 nolu etüt hattındaki olası derinlik 12 m. kadardır; 5 nolu etüt hattında ise 25-44 metre arasındadır.

Yenilmelerin yamaç molozu kalınlığından daha derinlere inerek ileri derecede bozunmuş aglomeralara kadar yayılım göstermesinin ana nedeni yeraltı suyunun varlığıdır. Yeraltı suyu ileri derecede bozunmuş aglomeraların bağlayıcı malzemesi olan tüflerin kaymaya karşı gösterdiği direnci zayıflatarak kayma dayanımı parametrelerini düşürmüştür. 2, 3 ve 4 nolu etüt hatları için yeraltı suyu dikkate alınmadan yapılan Limit Denge analizlerinde yenilme yüzeylerinin aglomeralardan çıkarak yamaç molozu içinde yoğunlaştığı görülmüştür. Dolayısıyla, bu sahanın ıslahı için önerilebilecek ek önlemlerden biri YASS seviyesini daha alt kotlara düşürmektir. Buna yönelik sahada uygulanan drenaj projesi yüzey sularının yeraltına sızmasını engellemede büyük ölçüde başarılı olsa da YASS seviyesini daha derinlere düşürememiştir.

Bu türden yenilmelerin durdurulmasında yaygın olarak kullanılan fore kazık uygulaması şu an için önerilebilecek tek yöntemdir. Etüt hatlarında gelişen  $G_s < 1,5$  değerinden düşük kayma dairelerini ortadan kaldırmak için kazık derinliğinin 25 metreden daha derine soketilmesi gerekmektedir. 900 metre uzunluğundaki duraysız bir hat dikkate alındığında birer boşluk bırakarak  $\varnothing: 100$  cm. çaplı demir donatılı kazıkların imal edilmesi halinde kazık sayısı tek sıra için 450 adet olmaktadır. Kazıkların uygulanacağı alanda yoğun şekilde çay bahçelerinin ve binaların bulunması, heyelanın boyutunun büyük olması, topografik zorluklar, yenilmenin derin ve yüzeyinin düzensiz olması ve kazık adetinin fazla olmasına bağlı yüksek imalat maliyeti fore

kazık uygulamasını anlamsız kılmaktadır. Dolayısıyla, bu bölgenin afete maruz saha kapsamına alınarak bu konutların afet riski taşımayan bir yere nakillerinin yapılması mühendislik jeolojisi, can güvenliği ve ekonomiklik açısından daha mantıklı gözükmektedir.

Yüksek derecede heyelan riski taşıyan bu saha için yukarıda anlatılan fore kazıklı önlemlerin uygulamaya geçirilmesi hem maliyet hem de sahadaki yerleşim düzeni açısından mümkün değildir. Bu nedenlerden dolayı afete maruz saha kapsamına alınacak alan içinde yeni konutların yapılmasına izin verilmemelidir. Ayrıca, ana köy yolundaki deformasyonların artması durumunda bu yolun kullanıma kapatılarak ulaşımın alternatif yollardan verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Köprülü Köyü yerleşim alanındaki duraysızlık probleminin gözlemlendiği lokasyonların afete maruz bölge kapsamına alınarak bu konutların mühendislik jeolojisi açısından uygun ve afet riski taşımayan bir alana nakillerinin yapılması önerilmektedir. Duraysızlık probleminin gözlemlendiği alan KD-GB doğrultulu olan düşey atımlı bir fayın düşen bloğu üstünde yer almaktadır. Bu alandaki hakim litoloji türü ileri derecede bozunmuş aglomeradır. Güneli Tepe civarındaki düşey atımlı fayın yükselen bloğundaki aglomeralar ise orta derecede bozunmuştur. Bu bölgede yapılacak detaylı etütler sonucunda belirlenecek uygun alanlara konutların nakil edilmesinin uygunluğu araştırılmalıdır. Yapılacak etütlerde bu alandaki aglomeraların temel kayası olabilme özellikleri, kazılabilirlikleri, bozunma profilleri, açılacak kazı şevlerinin duraylılığı, zamana bağlı yük altındaki özellikleri gibi mühendislik özelliklerinin detaylıca araştırılması gereklidir.



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Rize İli, Merkez İlçesi, Köprülü Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu dört adet yamaçta gelişen duraysızlık problemini incelemeye yönelik mühendislik jeolojisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur;

Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'na ait volkanik kayalar ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozları yüzeyleme vermektedir. Kabaköy Formasyonu'na ait ileri derecede bozunmuş aglomera türü piroklastik kayalar çalışma alanı içindeki genişçe bir alanda yayılım göstermektedir.

Çalışma alanı, fosil bir heyelanın günümüzde dengede olan malzemesinin oluşturduğu ve 4 ana sırttan oluşan KD ile GD yönlerine doğru yaklaşık 20-40° eğimli çanak şeklindeki bir vadinin üzerinde konumlanmış durumdadır. Bu fosil heyelanın ayna bölgesini KD-GB doğrultulu olan düşey atımlı bir fayın tavan bloğundaki aynası oluşturmaktadır.

Yenilmeden etkilenen sahanın boyutları şuan için yaklaşık olarak 700x300 m. civarındadır. Yay şeklindeki taç kısmının uzunluğu ise 900 metre civarındadır.

Çalışma alanı içindeki duraysızlık probleminin gözlendiği dört yamaçta eğim yönünde olacak şekilde 230 m. uzunluğunda 5 profil belirlenmiş ve bu etüt hatları boyunca yerüstü ve yeraltı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yamaç molozunun kalınlığındaki değişim aralıklarını net olarak tespit etmek ve yeraltı suyu seviyesini belirlemek amacı ile 12 adet olmak üzere toplam 300 metrelik sondaj çalışması yapılmıştır. Bu sondajlardan SK-4 ile gösterilen 1 nolu etüt hattında; SK-1 ve SK-12 ile gösterilenler 2 nolu etüt hattında; SK-2, SK-5 ve SK-6 ile gösterilenler 3 nolu etüt hattında; SK-7, SK-8 ve SK-9 ile gösterilenler 4 nolu etüt hattında; SK-3, SK-10 ve SK-11 ile gösterilenler 5 nolu etüt hattında açılmıştır.

Sondaj yapılamayan lokasyonlardaki zemin profilini ortaya çıkarmak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek amacıyla 10 profilde çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi yardımıyla jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde yamaç molozu kalınlığının 6,0-25,0 m. arasında değiştiği belirlenmiştir.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması'na (USCS) göre yamaç molozunun düşük plastisiteli kil (CL), yüksek plastisiteli kil (CH), siltli kum (SM) ve killi çakıl (GC) sınıfında olduğu saptanmıştır.

Araştırma sondajları sırasında örselenmemiş ve örselenmiş zemin numuneleri alınarak çalışmanın amacına uygun olacak şekilde laboratuvarında dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, su muhtevası, birim hacim ağırlık ve kayma dayanımı özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. İleri derecede bozunmuş aglomeralardan alınabilen karot örnekleri üzerinde ise tek eksenli basınç ve birim hacim ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan kesme kutusu ve üç eksenli sıkışma deneyleri sonucunda zemine ait ortalama tepe kohezyon değerinin sırasıyla 20,42 kPa ve 33,05 kPa, ortalama tepe içsel sürtünme açısının ise 15,05° ve 8,50° olduğu saptanmıştır. Ortalama likit limitin % 46,14, plastik limitin % 20,69, su muhtevasının % 36,77 ve doğal birim hacim ağırlığının 18,84 kN/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir.

İleri derecede bozunmuş aglomeraların ortalama tek eksenli basınç dayanımının 21,14 MPa, nokta yükü dayanım indeksinin 1,06 MPa, elastisite modülünün 11,3 GPa ve doğal birim hacim ağırlığının 22,56 kN/m<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir.

Açılan 25 m. derinliğindeki araştırma sondajlarından yalnızca SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 nolu kuyularda yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Yapılan YASS ölçümlerine göre yeraltı su tablasının bu kuyularda sırasıyla yüzeyden 9,50, 10,50, 11,00, 9,00 ve 20,50 m. derinlikte olduğu belirlenmiştir.

Kaymanın yönünü ve hızını saptamak için açılan SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 nolu temel sondaj kuyularına inklinometre borusu ( $\varnothing$ : 70 mm.) yerleştirilerek okumalar yapılmıştır. 1 nolu etüt hattındaki tahmini kayma yüzeyi derinliği 28 m. civarındadır; 2 nolu etüt hattında bu değer 25 metreden daha derindir; 3 nolu etüt hattında 22 m. civarındadır; 4 nolu etüt hattındaki olası derinlik 12 m. kadardır; 5 nolu etüt hattında ise 25-44 metre arasındadır.

İnklinometre okuma aralıkları ve kaymanın yönü dikkate alındığında SK-1, SK-2, SK-3, SK-11 ve SK-12 kuyulardaki yenilmenin sırasıyla 0.21, 0.12, 0.05, 1.8 ve 1.4 mm/gün hızında GD ve GB yönlerine doğru olduğu ve Varnes (1978) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre “Son derece yavaş hızlı” ve “Çok yavaş hızlı” heyelan sınıfında olduğu saptanmıştır.

Yerleşim alanındaki 5 etüt hattı boyunca yapılan 12 adet jeoteknik araştırma sondajı ve 10 adet jeofizik çalışması neticesinde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek duraylılık analizlerinde kullanılacak 5 adet jeolojik model hazırlanmıştır.

Çalışma alanındaki yamaçların duraylılığını araştırmak için 5 etüt hattında Janbu yöntemi kullanılarak Limit Denge ve FEM-SSR yöntemi kullanılarak sayısal analizler yapılmıştır. Yapılan duraylılık analizlerinde tepe kayma dayanımı parametreleri kullanıldığından kabul edilen güvenlik sayısı  $G_s$ : 1,5 olarak seçilmiş ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Yapılan duraylılık analizleri sonucunda yamaçlardaki duraysızlık sorununun ilerleyen şekilde devam edeceği ve yamaçların dengede olmadığı belirlenmiştir.

Duraysızlığın oluşum mekanizması inklinometre ölçümleri ve duraylılık analizlerine göre 1, 2 ve 5 nolu etüt hatları için dairesel, 3 ve 4 nolu etüt hatları için birleşik kayma modeline uyduğu saptanmıştır.

15 Ekim 2015 tarihinde ve sonrasında devam eden yenilmeleri tetikleyen en önemli faktör 2, 3 ve 4 nolu etüt hatları için yeraltı suyunun ileri derecede bozunmuş aglomeraların bağlayıcı malzemesi olan tüflerin kaymaya karşı gösterdiği direnci zayıflatarak kayma dayanımı parametrelerini düşürmesidir. Yeraltı suyunun haricinde

artan nüfus ve yapılaşmaya bağlı olarak zemine aktarılan ek yükler, yağış ve atık sularının yeraltına sızarak zeminin birim hacim ağırlığını artırması ve doğal bitki örtüsünün değiştirilmesi yenilmeleri tetikleyen diğer önemli faktörlerdir. Tüm bu iç ve dış nedenler yavaş akma sürecini hızlandırarak hızlı akmaya çevirmiş ve sonuç olarak mevcut yenilme başlangıcı meydana gelmiştir.

Sahadaki çay bahçelerinin ve konutların yoğun şekilde bulunması, heyelanın boyutunun oldukça büyük olması, topografik zorluklar, yenilmenin derin olması, kazık adetinin fazla olmasına bağlı yüksek imalat maliyeti gibi nedenlerden dolayı fore kazık uygulaması anlamsız kalmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanının afete maruz bölge kapsamına alınarak buradaki konutların afet riski taşımayan bir yere nakillerinin yapılması mühendislik jeolojisi, can güvenliği ve ekonomiklik açısından uygun olacaktır. Bu alan içinde hiçbir şekilde yapılaşmaya gidilmemelidir. Ayrıca, ana köy yolundaki deformasyonların artması durumunda bu yolun kullanıma kapatılarak ulaşımın alternatif servis yollarından verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akgün, A., Dağ, S. and Bulut, F., 2008.** Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Fındıklı, NE of Turkey) by likelihood-frequency ratio and weighted linear combination models. *Environmental Geology*, 54, 1127-1143.
- Akgün, A., Bulut, F. ve Ersoy, H., 2016.** Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridi heyelanlarının genel özellikleri. Jeoloji mühendisliği bölümünün 50. kuruluş yılı etkinlikler, konferanslar ve Doğu Karadeniz bölgesinin jeolojisi, KTÜ basımevi, Trabzon, ISBN: 978-975-69-83-86-7, 240 s., Korkmaz, S. (Ed.), 191-195.
- ASTM, 2005.** Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. ASTM International, ASTM D4318, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2006.** Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, ASTM D2487, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2007.** Standard test method for particle-size analysis of soils. ASTM International, ASTM D422, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2009.** Standard test methods for laboratory determination of density (unit weight) of soil specimens. ASTM International, ASTM D7263-09, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2011.** Standard Test Method for Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. ASTM International, ASTM D4767-11, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2017.** Standard test method for consolidated undrained direct simple shear testing of fine grain soils. ASTM International, ASTM D6528-17, West Conshohocken, USA.
- Baltacı, H., 2009.** Doğu Karadeniz Bölgesi (Rize, Trabzon, Giresun) Heyelan-Yağış İlişkisinin İncelenmesi ve Minimum Eşik Değerlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 89 s.
- Bulut, F., Boynukalın, S., Tarhan, F. ve Ataoğlu, E., 1995.** Fındıklı İlçesi (Rize) doğu yöresindeki heyelanların nedenleri. II. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Adapazarı, 25-26 Ekim, 143-152.
- Bulut, F., Boynukalın, S., Tarhan, F. and Ataoğlu, E., 2000.** Reliability of landslide isopleth maps. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 2, 95-98.

- Dağ, S., 2007,** Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duraylılık Analizi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 227 s.
- Dağ, S. ve Bulut, F., 2012.** Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına bir örnek: Çayeli (Rize, KD Türkiye). Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 36, 1, 35-62.
- Demir, G., 2004.** Heyelanlar ve Rize Yöresine Ait Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 125 s.
- EPOCH (European Community Programme), 1993.** Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community. Volume 3, Flageollet, J.C. (Ed.), Contract No: 90 0025,
- Güven, İ.H., 1993.** Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu. MTA, Ankara.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B., 2002.** Hoek-Brown failure criterion. 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference, Toronto, 7-10 July, 267-273.
- Hoek, E., Carter, T.G. and Diederichs, M.S., 2013.** Quantification of the Geological Strength Index chart. 47th US Rock Mechanics and Geomechanics Symposium, San Francisco, 23-26 June, 1-9.
- Hutchinson, J.N., 1988.** General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. 5th International Symposium on Landslides, Rotterdam, Volume 1, Bonnard, C. (Ed.), 3-35.
- ISRM, 2007.** The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006 (Editors: Ulusay and Hudson). International Society for Rock Mechanics, Kozan Ofset, Ankara, 628 p.
- Kaya, A., Demirbaş, C. ve Dağ, S., 2018a.** Gündoğan (Ardeşen-Rize) köyü yerleşim alanındaki yamaç duraysızlığının jeoteknik açıdan incelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4, 2, 221-235.
- Kaya, A., Akgün, A., Alemdağ, S., Dağ, S. ve Bostancı, H.T., 2018b.** Rize merkez ilçesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı orta ölçekli heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Proje No: 2014.109.01.01, 68 s.
- Kaya, A., 2016.** Çıtlakkale (Giresun) mahallesindeki yamaç duraysızlığının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Ankara, 27-29 Nisan, 267-278.
- Kaynak, G., 2007.** Uzunkaya (Rize) Heyelanının Geoteknik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 97 s.

- Keleş, F., 2018.** Kararlı Hidrolojik Koşulların ve Sonsuz Şev Modelinin Esas Alındığı Heyelan Duyarlılık Analizleri (Güneysu Su Toplama Havzası, Rize). Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, Türkiye, 133 s.
- Ketin, İ., 1966.** Tectonic units of Anatolia. Journal of General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), 66, 23-34.
- Menteşe, E.Y., 2009.** CBS Ortamında Gerçeğe Yakın Zamanlı Heyelan Tahmini-Rize Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 129 s.
- Mines Branch Canada, 1972.** Tentative design guide for mine waste embankments in Canada. Department of Energy, Mines and Resources, Canada.
- MTA, 2007.** Türkiye Heyelan Envanteri Projesi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 1/500.00 Ölçekli Trabzon Paftası.
- NACS (North American Commission on Stratigraphy), 1983.** The American association of petroleum geologists bulletin. 67, 5, 841-875.
- Nefeslioğlu, H. and Gökçeoğlu C., 2011.** Probabilistic risk assessment in medium scale for rainfall-induced earthflows: Çataklı catchment area (Çayeli, Rize, Turkey). Mathematical Problems in Engineering, 2011, 1-21.
- Nefeslioğlu, H., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. and Görüm, T., 2011.** Medium-scale hazard mapping for shallow landslide initiation: The Büyükköy Catchment Area (Çayeli, Rize, Turkey). Landslides, 8, 459-483.
- Pervanlar, E.A., 2016.** Heyelan duyarlılık, tehlike ve risk çalışmaları kapsamı. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Ankara, 27-29 Nisan, 75-84.
- Rocscience Inc., 2016a.** RS<sup>2</sup> v9.0 finite element analysis for excavations and slopes. Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience Inc., 2016b.** RocData v5.0 rock, soil and discontinuity strength analysis. Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience Inc., 2017.** Slide v9.0, 2D limit equilibrium slope stability analysis, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Sakarya, A.T. ve İleri, H.N., 2016.** Çankaya-Mamak heyelanı. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Ankara, 27-29 Nisan, 407-418.
- Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H.A. and Kayabaşı, A., 2006.** Estimation of rock modulus: for intact rocks with an artificial neural network and for rock masses with a new empirical equation. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 43, 224-235.

- Tarhan, F., Bulut, F., Akgün, A. ve Ersoy, H., 2015.** Doğu Karadeniz kıyı şeridi potansiyel heyelan alanlarının çağdaş değerlendirme yöntemleriyle incelenmesi. Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Trabzon, 3-5 Eylül, 82-89.
- Tarhan, F., 1991.** Doğu Karadeniz heyelanlarına genel bir bakış. Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Trabzon, 27-29 Kasım, 38-63.
- Tarı, E., Balcı U., Örmeci C., Karaca M. ve Tüysüz O., 2007.** Rize il genelinde afet bilgi ve meteorolojik erken uyarı sistemi kurulması (RABİS), TÜBİTAK Projesi, Proje No: 106G029.
- Varnes, D.J., 1978.** Slope movement types and processes. Landslides: Analysis and Control, National Research Council, National Academy Press, Special Report 176, Schuster, R.L. and Krizek, R.J. (Eds.), 11-33.
- Yılmaz, B.S., 1995.** Doğu Karadeniz Bölgesi heyelanlarının genel özellikleri, nedenleri ve önlenme yolları. MTA. Raporu, Ankara.



## EKLER

EK-1. Etüt hatlarındaki yapılarda meydana gelen deformasyonlar

### 1 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR

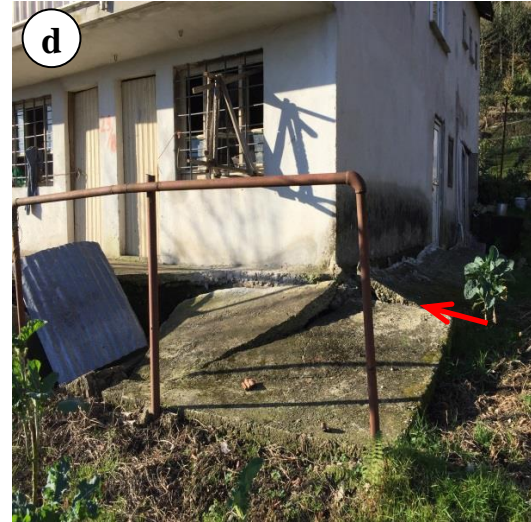


Devam ediyor

**1 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR**



## 2 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



Devam ediyor

## 2 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



### 3 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



Devam ediyor

### 3 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



Devam ediyor

### 3 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



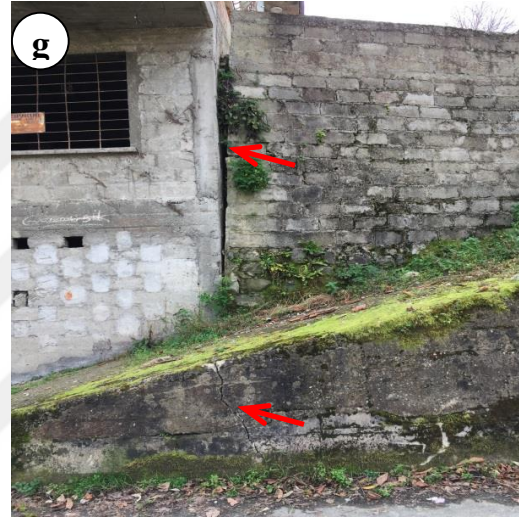
## 4 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



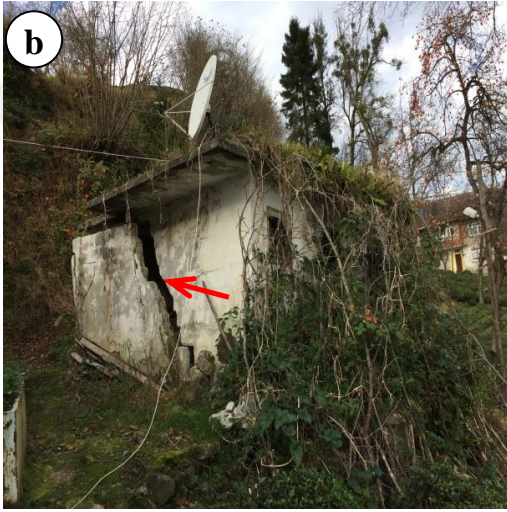
Devam ediyor



4 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



5 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR

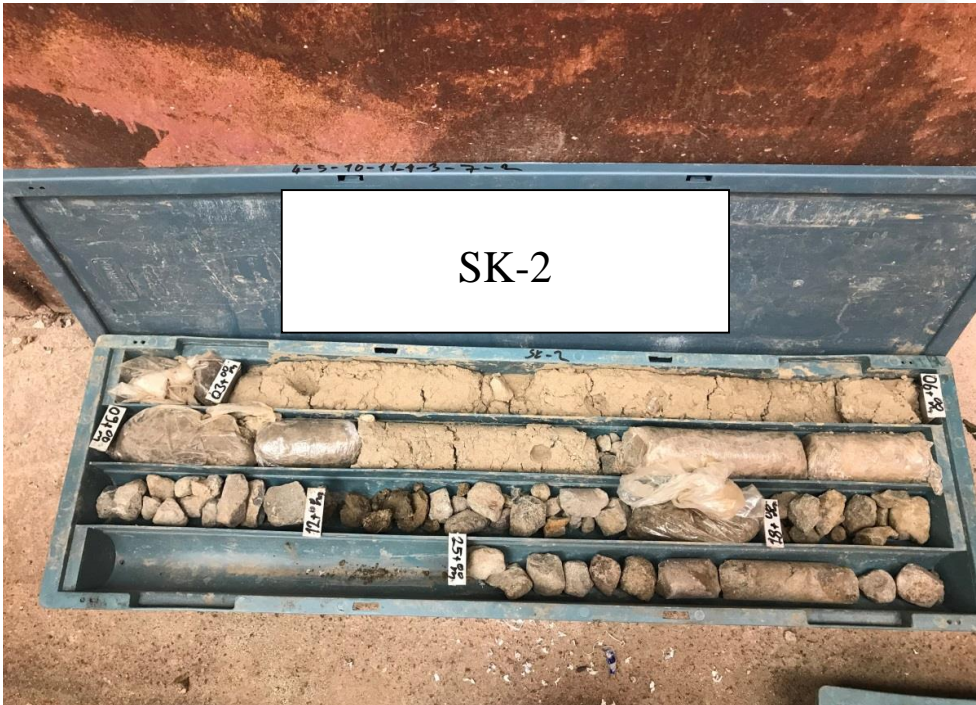


Devam ediyor

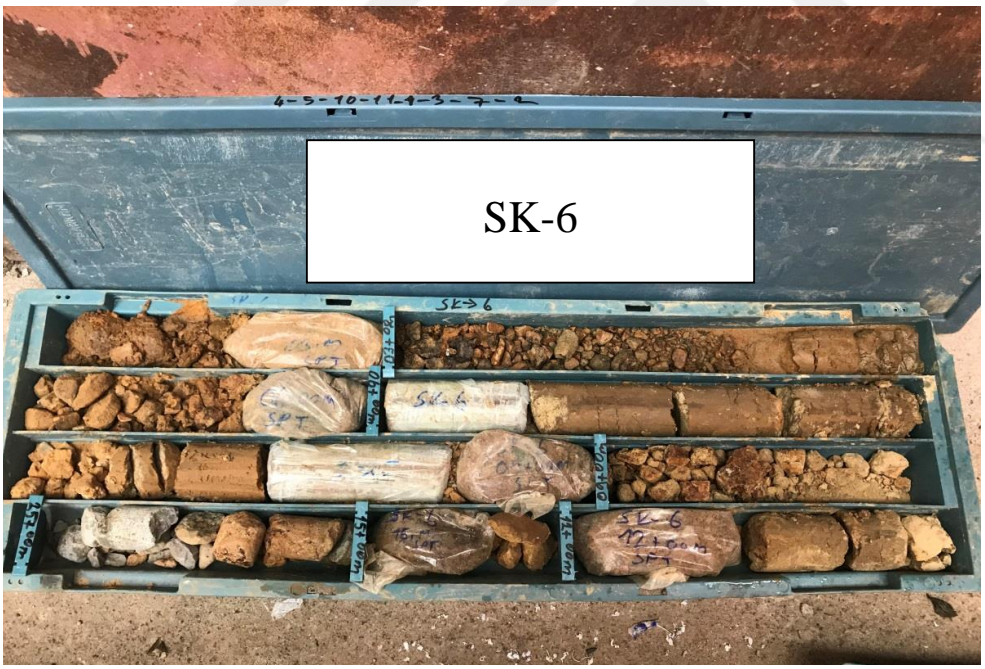
## 5 NOLU ETÜT HATTINDA GÖZLENEN DEFORMASYONLAR



EK-2. Karot sandığı fotoğrafları













SK-11



SK-12



### EK-3. Sondaj logları

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1														
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.				Sondör	Murat Meral														
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-1														
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786																	
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																	
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE	KOORDİNAT Y	375858															
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m	KOORDİNAT X	4539751															
SONDAJ KOTU		215.00 m	BAŞLANGIÇ TARİHİ	4.9.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m	BİTİŞ TARİHİ	6.9.2017															
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500	NUMUNE	U	UD SPT KN														
			TOPLAM (Adet)																
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER										JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %	
			SPT DENEYİ																
			DARBE SAYISI				N	SPT GRAFIĞI											Pr. VST Per m
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm kırın	10	20	30	40	50											
1																			
2																			
3					36	39	23	62											
4																			
5																			
6					11	13	13	26											
7																			
8																			
9					21	28	31	59											
10	Y.S.S.																		
11																			
12					19	28	39	67											
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR													
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD:Örselenmemiş Numune													
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune													
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi													
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi													
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi													
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi													
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD													
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ													
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ													
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA													
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ													
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ													
LOGU YAPAN/KONTROL		ONAY		TARİH															
Osman Sekçuk		Yaşar Özdoğan		01/11/2017															

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1												
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞTİ.				Sondör	Murat Meral												
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad.				Sondaj No	SK-2												
Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE																	
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786															
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ															
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		KOORDİNAT Y		375728											
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X		4539598											
SONDAJ KOTU		260.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		7.6.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ		9.9.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE		U	UD	SPT	KN								
				TOPLAM (Adet)													
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %	
			SPT DENEYİ														
			DARBE SAYISI			N	SPT GRAFIĞI										
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50						
1																	
2																	
3			3	3	2	5											
4																	
5																	
6			2	2	2	4											
7																	
8																	
9			6	6	12	18											
10																	
11	Y.S.S.																
12			17	24	25	49											
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR											
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5> Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune							
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10-20 Az		D : Örselenmiş Numune							
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20-35 Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi							
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35> Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi							
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı				KN : Karot Numunesi							
N > 30		Sert								VST : Veyn Deneyi							
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD											
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ									
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50		KÖTÜ									
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75		ORTA									
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90		İYİ									
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ									
LOGU YAPAN/KONTROL		ONAY		TARİH													
Osman Sekçuk		Yaşar Özdoğan		01/11/2017													

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1														
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral														
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-3														
Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786																			
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																	
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		COORDİNAT Y	375745														
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		COORDİNAT X	4539412														
SONDAJ KOTU		235.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	10.9.2017														
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	12.9.2017														
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U UD SPT KN														
				TOPLAM (Adet)															
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER										Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
			SPT DENEYİ					SPT GRAFİĞİ											
			DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ												
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50								
1																			
2																			
3			5	5	6	11													
4																			
5																			
6			2	2	2	4													
7																			
8																			
9			3	3	2	5													
10	Y.S.S.																		
11																			
12			6	6	22	28													
13																			
14			7	6	8	14													
15																			
16																			
17																			
18			9	7	5	12													
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR													
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune													
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune													
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi													
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi													
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi													
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi													
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD													
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ											
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50		KÖTÜ											
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75		ORTA											
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90		İYİ											
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ											
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH													
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017													

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1											
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral											
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-4											
Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786																
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ														
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		COORDİNAT Y	376042											
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		COORDİNAT X	4539864											
SONDAJ KOTU		195.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	13.9.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	15.9.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U UD SPT KN											
				TOPLAM (Adet)												
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
			SPT DENEYİ					SPT GRAFİĞİ								
			DARBE SAYISI			N	30 cm için									
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm			10	20		30	40	50						
1																
2																
3				2	3	3	6									
4																
5																
6				2	3	3	6									
7																
8																
9				2	2	3	5									
10																
11																
12				14	12	9	21									
13																
14																
15				11	7	7	14									
16																
17																
18				50/7	*	*	*									
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR										
N = 0 - 2 Çok yumuşak		N = 0 - 4 Çok gevşek		% 5> Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune										
N = 3 - 4 Yumuşak		N = 5 - 10 Gevşek		% 10-20 Az		D : Örselenmiş Numune										
N = 5 - 8 Orta katı		N = 11 - 30 Orta sıkı		% 20-35 Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi										
N = 9 - 15 Katı		N = 31 - 50 Sıkı		% 35> Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi										
N = 16 - 30 Çok katı		N > 50 Çok sıkı				KN : Karot Numunesi										
N > 30 Sert						VST : Veyn Deneyi										
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD										
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ								
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50		KÖTÜ								
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75		ORTA								
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90		İYİ								
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ								
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH										
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017										

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1												
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral												
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-5												
Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786																	
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ															
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		KOORDİNAT Y	375686												
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4539590												
SONDAJ KOTU		290.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	16.9.2017												
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	18.9.2017												
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD SPT KN											
				TOPLAM (Adet)													
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ													
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ									
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50					
1																	
2																	
3				21	35	37	72										
4																	
5																	
6				39	50/12	*	*										
7																	
8																	
9				15	25	30	55										
10																	
11																	
12				13	26	40	66										
13																	
14																	
15				25	45	50/0	*										
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR											
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune											
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune											
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi											
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi											
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi											
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi											
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD											
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ											
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ											
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA											
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ											
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ											
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH											
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017											

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1											
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral											
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-6											
Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786																
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ														
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		KOORDİNAT Y	375613											
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4539608											
SONDAJ KOTU		310.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	17.9.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	19.9.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD SPT KN										
				TOPLAM (Adet)												
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
			SPT DENEYİ													
			DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ									
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50					
1																
2																
3				2	3	3	6									
4																
5																
6				4	9	5	14									
7																
8																
9				9	9	13	22									
10																
11																
12				10	14	20	34									
13																
14																
15				5	7	9	16									
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)			SIKILIK / (İri daneli)				ORANLAR		AÇIKLAMALAR							
N = 0 - 2 Çok yumuşak			N = 0 - 4 Çok gevşek				% 5> Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune							
N = 3 - 4 Yumuşak			N = 5 - 10 Gevşek				% 10-20 Az		D : Örselenmiş Numune							
N = 5 - 8 Orta katı			N = 11 - 30 Orta sıkı				% 20-35 Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi							
N = 9 - 15 Katı			N = 31 - 50 Sıkı				% 35> Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi							
N = 16 - 30 Çok katı			N > 50 Çok sıkı						KN : Karot Numunesi							
N > 30 Sert									VST : Veyn Deneyi							
AYRIŞMA			DAYANIMLILIK				KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD							
W1 TAZE			I ÇOK ZAYIF				<1 SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ					
W2 AZ AYRIŞMIŞ			II ZAYIF				1-2 ORTA		% 25 -50		KÖTÜ					
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ			III ORTA ZAYIF				2-10 SIK		% 50-75		ORTA					
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ			IV ORTA DAYANIMLI				10-20 ÇOK SIK		% 75-90		İYİ					
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ			V DAYANIMLI				>20 PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ					
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH								
Osman Sekçuk				Yaşar Özdoğan				01/11/2017								

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1															
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞTİ.				Sondör	Murat Meral															
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad.				Sondaj No	SK-7															
Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE																				
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786																		
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																		
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE	KOORDİNAT Y	375727																
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m	KOORDİNAT X	4539514																
SONDAJ KOTU		210.00 m	BAŞLANGIÇ TARİHİ	20.9.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m	BITİŞ TARİHİ	22.9.2017																
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500	NUMUNE	U	UD SPT KN															
			TOPLAM (Adet)																	
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										Pr. VST Per m	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ					SPT GRAFİĞİ											
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFİĞİ													
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50								
1																				
2																				
3				3	4	3	7													
4																				
5				5	10	10	20													
6																				
7																				
8																				
9				7	11	13	24													
10																				
11																				
12				13	17	19	36													
13																				
14																				
15				12	20	18	38													
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKİLİK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR														
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune														
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune														
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi														
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi														
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi														
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi														
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD														
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ												
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50		KÖTÜ												
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75		ORTA												
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90		İYİ												
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ												
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH														
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017														



ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1															
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİT.				Sondör	Murat Meral															
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-8															
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786																		
PROJE ADI				KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		COORDİNAT Y	375714															
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		COORDİNAT X	4539452															
SONDAJ KOTU		230.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	23.9.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	26.9.2017															
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD SPT KN														
				TOPLAM (Adet)																
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										Pr. VST Per m	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ																
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ												
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50								
1																				
2																				
3				2	2	1	3													
4																				
5																				
6				2	5	4	9													
7																				
8																				
9				2	1	2	3													
10																				
11																				
12				2	1	3	4													
13																				
14																				
15				3	4	5	9													
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR														
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune														
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune														
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi														
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi														
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi														
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi														
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD														
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ														
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ														
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA														
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ														
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ														
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH														
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017														

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1															
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞTİ.				Sondör	Murat Meral															
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-9															
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786																		
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																		
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE	KOORDİNAT Y	375657																
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m	KOORDİNAT X	4539382																
SONDAJ KOTU		250.00 m	BAŞLANGIÇ TARİHİ	27.9.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m	BITİŞ TARİHİ	30.9.2017																
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500	NUMUNE	U	UD SPT KN															
			TOPLAM (Adet)																	
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										Pr. VST Per m	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ					SPT GRAFİĞİ											
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFİĞİ													
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50								
1																				
2																				
3				2	2	2	4													
4																				
5																				
6				4	5	4	9													
7																				
8																				
9				6	6	6	12													
10																				
11																				
12				7	5	13	18													
13																				
14																				
15				9	10	10	20													
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR														
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune														
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune														
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi														
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi														
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi														
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi														
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD														
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ														
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ														
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA														
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ														
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ														
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH														
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017														

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1												
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral												
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-10												
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786															
PROJE ADI				KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ													
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		KOORDİNAT Y		375771											
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X		4539366											
SONDAJ KOTU		230.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		1.10.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ		4.10.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE		U UD SPT KN											
				TOPLAM (Adet)													
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ													
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ									
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50					
1																	
2																	
3				2	2	1	3										
4																	
5																	
6				2	3	2	5										
7																	
8																	
9				4	2	3	5										
10																	
11																	
12				5	6	6	12										
13																	
14																	
15				6	7	6	13										
16																	
17																	
18				7	9	12	21										
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)				SIKILIK / (İri daneli)				ORANLAR				AÇIKLAMALAR					
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5 >		Pek Az		UD: Örselenmemiş Numune					
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10-20		Az		D : Örselenmiş Numune					
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20-35		Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi					
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35 >		Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi					
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı						KN : Karot Numunesi					
N > 30		Sert										VST : Veyn Deneyi					
AYRIŞMA				DAYANIMLILIK				KIRIKLAR / 30 cm				KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					
W1 TAZE				I ÇOK ZAYIF				<1 SEYREK				% 0-25 ÇOK KÖTÜ					
W2 AZ AYRIŞMIŞ				II ZAYIF				1-2 ORTA				% 25 -50 KÖTÜ					
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ				III ORTA ZAYIF				2-10 SIK				% 50-75 ORTA					
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ				IV ORTA DAYANIMLI				10-20 ÇOK SIK				% 75-90 İYİ					
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ				V DAYANIMLI				>20 PARÇALI				% 90-100 ÇOK İYİ					
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH									
Osman Sekçuk				Yaşar Özdoğan				01/11/2017									

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1											
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞİTİ.				Sondör	Murat Meral											
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-11											
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786														
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ														
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		KOORDİNAT Y	375818											
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4539377											
SONDAJ KOTU		220.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	5.10.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	8.10.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD SPT KN										
				TOPLAM (Adet)												
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
			SPT DENEYİ													
			DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ									
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50					
1																
2																
3			2	2	1	3										
4																
5																
6			3	3	2	5										
7																
8																
9	Y.S.S.		2	1	1	2										
10																
11																
12			3	3	2	5										
13																
14																
15			4	3	3	6										
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR										
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune										
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune										
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi										
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi										
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi										
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi										
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD										
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ										
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ										
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA										
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ										
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ										
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH										
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017										

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1												
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. Şİİ.				Sondör	Murat Meral												
Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE				Sondaj No	SK-12												
Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786																	
PROJE ADI		KÖPRÜLÜ KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ															
SONDAJ YERİ		Köprülü Köyü Merkez/RİZE		COORDİNAT Y	375753												
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		COORDİNAT X	4539716												
SONDAJ KOTU		240.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	9.10.2017												
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	11.10.2017												
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD SPT KN											
				TOPLAM (Adet)													
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER							Pr. VST Per m.	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ													
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ									
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50					
1																	
2																	
3				15	35	50/9	*										
4																	
5																	
6				15	28	40	68										
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21	Y.S.S.																
22																	
23																	
24																	
25																	
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKILIK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR											
N = 0 - 2	Çok yumuşak	N = 0 - 4	Çok gevşek	% 5 >	Pek Az	UD: Örselenmemiş Numune											
N = 3 - 4	Yumuşak	N = 5 - 10	Gevşek	% 10-20	Az	D : Örselenmiş Numune											
N = 5 - 8	Orta katı	N = 11 - 30	Orta sıkı	% 20-35	Çok	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi											
N = 9 - 15	Katı	N = 31 - 50	Sıkı	% 35 >	Ve	Pr. : Presiyometre Deneyi											
N = 16 - 30	Çok katı	N > 50	Çok sıkı			KN : Karot Numunesi											
N > 30	Sert					VST : Veyn Deneyi											
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD											
W1 TAZE		I ÇOK ZAYIF		<1 SEYREK		% 0-25 ÇOK KÖTÜ											
W2 AZ AYRIŞMIŞ		II ZAYIF		1-2 ORTA		% 25 -50 KÖTÜ											
W3 ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III ORTA ZAYIF		2-10 SIK		% 50-75 ORTA											
W4 ÇOK AYRIŞMIŞ		IV ORTA DAYANIMLI		10-20 ÇOK SIK		% 75-90 İYİ											
W5 TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V DAYANIMLI		>20 PARÇALI		% 90-100 ÇOK İYİ											
LOGU YAPAN/KONTROL			ONAY			TARİH											
Osman Sekçuk			Yaşar Özdoğan			01/11/2017											

## ÖZGEÇMİŞ

Ümit Murat MİDİLLİ, 07/01/1988 tarihinde Rize’de doğdu. İlköğrenimini 2001 yılında Rize Merkez TOBB İlköğretim Okulu’nda ve ortaöğrenimini 2005 yılında Rize Merkez Anadolu Öğretmen Lisesi’nde tamamladı. 02/10/2006 yılında başladığı lisans öncesi İngilizce hazırlık programını ve lisans eğitimini 09/02/2012 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir. C sınıfı İş Sağlığı ve İş Güvenliği Uzmanlığı sertifikasına sahiptir. İyi derecede İngilizce bilen Ümit Murat MİDİLLİ, evli ve bir çocuk babasıdır.