

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNDOĞAN (ARDEŞEN-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ
YAMAÇ DURAYSIZLIĞININ ARAŞTIRILMASI

CEM DEMİRBAŞ

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. AYBERK KAYA
TEZ JÜRİLERİ
PROF. DR. ORHAN KARSLI
PROF. DR. AYKUT AKGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI




RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNDOĞAN (ARDEŞEN-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ
YAMAÇ DURAYSIZLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

Doç. Dr. Ayberk KAYA danışmanlığında, Cem DEMİRBAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 11/03/2019 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Doç. Dr. Ayberk KAYA	
Üye	: Prof. Dr. Orhan KARSLI	
Üye	: Prof. Dr. Aykut AKGÜN	



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 Prof. Dr. Aykut AKGÜN'e teşekkür ederim.

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

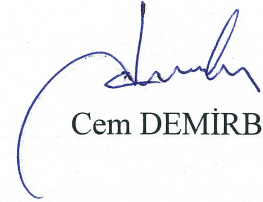
Bu çalışmanın yürütülmesinde desteğini gördüğümüz Rize Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne (AFAD) sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışma sırasında göstermiş oldukları ilgiden dolayı Gündoğan Köyü sakinlerine şükranlarımı sunarım.

Tez çalışması sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cem DEMİRBAŞ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan ‘‘Gündoğan (Ardeşen-Rize) Köyü Yerleşim Alanındaki Yamaç Duraysızlığının Araştırılması’’ 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.
11/03/2019


Cem DEMİRBAŞ

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

ÖZET

GÜNDOĞAN (ARDEŞEN-RİZE) KÖYÜ YERLEŞİM ALANINDAKİ YAMAÇ DURAYSIZLIĞININ ARAŞTIRILMASI

Cem DEMİRBAŞ

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

Bu çalışma kapsamında Gündoğan (Ardeşen-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu yamaçta meydana gelen ve yaklaşık olarak 2,24 hektarlık bir alanı kapsayan duraysızlık problemi jeoteknik açıdan incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sırasıyla arazi, laboratuvar ve şev duraylılık analizi çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür. Bu amaçla eğim yönünde 3 hat boyunca toplam 150 m. derinliğinde 6 adet sondaj kuyusu açılmış, 3 profilde jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve 2 sondaj kuyusunda inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda ana kayayı Geç Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu'na ait volkano-tortul kayaların oluşturduğu ve bu birimlerin üzerine kalınlığı 5,0-16,5 m arasında değişen yamaç molozunun geldiği belirlenmiştir. Yamaç molozunun fiziko-mekanik özelliklerini tespit etmek için araştırma sondajlarından örselenmemiş 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, Gündoğan Köyü yerleşim alanındaki yamaç molozunun duraysız olduğunu ve heyelan potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

2019, 63 sayfa

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

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SLOPE INSTABILITY IN THE GÜNDOĞAN (ARDEŞEN-RİZE) VILLAGE SETTLEMENT AREA

Cem DEMİRBAŞ

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 Gündoğan (Ardeşen-Rize) village settlement area covering approximately 2,24 hectares was investigated by means of geotechnical way. The studies were performed in three stages as field, laboratory works and slope stability analyses. For this purpose, along the three survey lines; six boreholes with a total of 150 meters in length were drilled, geophysical studies were performed along the three lines and inclinometer measurements were taken in two boreholes. At the end of the field work, it was determined that the talus whose thickness varies between 5,0 and 16,5 meters overlies the parent material that was formed by the Late Cretaceous-aged Çağlayan Formation consisting of volcano-sedimentary rocks. To determine the physico-mechanical properties of the talus, undisturbed samples were taken from boreholes. Limit equilibrium and the Finite Element based Shear Strength Reduction (FEM-SSR) methods were used to perform 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 Gündoğan village settlement area is unstable and has a landslide potential.

2019, 63 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.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
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
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
3. BULGULAR	16
3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi	16
3.1.1. Çağlayan Formasyonu	16
3.1.2. Yamaç Molozları	18
3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları	19
3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları	19
3.2.2. Jeofizik Çalışmaları	22
3.2.3. Heyelan İzleme Çalışmaları.....	23
3.2.4. Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları	26
3.2.5. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özelliklerin Belirlenmesi.....	27
3.3. Yamaç Duraylılık Analizleri	30
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	37

KAYNAKLAR	40
EKLER	45
ÖZGEÇMİŞ	63



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yerbulduru haritası	4
Şekil 2.	Gerilme çatlaklarının ve hasarlı evlerin hava fotoğrafındaki görünümü (Kırmızı renkler gerilme çatlaklarını, sarı kutucuklar hasarlı evleri, mavi kutucuk yıkılan evi, kahverengi çizgiler duraysız alanı göstermektedir)	5
Şekil 3.	Sondaj ve MASW lokasyonlarını, çekme gerilmesi çatlakları ve etüt hatlarının konumunu gösteren 1/1000 ölçekli hali hazır harita (Yapı hasarları 3, 6, 7 ve 8 ile gösterilen evlerde meydana gelmiştir, kırmızı çizgiler gerilme çatlaklarını mavi çizgiler ise dere ve kuru dereleri göstermektedir, HAT: etüt hattı, SK: sondaj kuyusu, MASW: çok kanallı yüzey dalgası etüt hattı).....	6
Şekil 4.	Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek)	17
Şekil 5.	Çağlayan Formasyonu'na ait oldukça kırıklı ve ayrıışmış bazaltların arazideki görünümü (Yer: Gündoğan Köyü'nün altından geçen toprak yol şevi).....	19
Şekil 6.	(a) Yamaç molozundaki yoğun bazalt çakılları içeren ve (b) siltli-killi seviyelerin arazideki görünümü (Yer: Gündoğan Köyü'nün altından geçen toprak yol şevi)	20
Şekil 7.	(a) SK-4 ve (b) SK-5 nolu kuyulara ait inklinometre okumalarında tespit edilmiş derinlik-hareket miktarları ilişkisi	25
Şekil 8.	(a) SK-4 ve (b) SK-5 nolu kuyulara ait inklinometre okumalarında tespit edilmiş derinlik-hareket miktarları ilişkisi	32
Şekil 9.	Etüt hatları için yapılan (a-c) limit denge analizi sonuçları	33
Şekil 10.	Etüt hatları için yapılan (a-c) sayısal analizi sonuçları	36

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışma alanında yapılan sondajlara ait teknik bilgiler	20
Tablo 2. Sismik kırılma yöntemine göre belirlenen dinamik özellikler	23
Tablo 3. Heyelan hızları ve olası zararlar (Varnes, 1978).....	25
Tablo 4. Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler	26
Tablo 5. Volkanik kayalara ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler.....	27



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Müdürlüğü
Assoc. Prof. Dr.	Associate Professor Doctor
ASTM	American Society for Testing and Materials
c	Kohezyon (kPa)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CL	Düşük Plastisiteli Kil
Doç. Dr.	Doçent Doktor
d	Yoğunluk (gr/cm^3)
E_d	Deformasyon Modülü (kg/cm^2)
E_i	Elastisite Modülü (GPa)
FEM-SSR	Kayma Dayanımı Azaltma Yaklaşımı
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
Gs	Güvenlik Sayısı
h	Tabaka Kalınlığı (m)
ISRM	International Society for Rock Mechanics
KD	Kuzeydoğu
LL	Likit Limit (%)
MASW	Çok Kanallı Yüzey Dalgası
MEUS	Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi
NACS	North American Commission on Stratigraphy
PI	Plastisite İndisi (%)
PL	Plastik Limit (%)
RABİS	Rize Afet Bilgi Sistemi Projesi
RQD	Kaya Kalite Göstergesi (%)
SINMAP	Stability Index Mapping
SK	Sondaj Kuyusu
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
σ_{ci}	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
ω	Su Muhtevası (%)
ϕ	İçsel Sürtünme Açısı (°)
γ_n	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
\emptyset	İnklinometre Borusu Çapı (mm)
$I_{s(50)}$	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (MPa)
ν	Poisson Oranı



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sismik aktiviteler, aşırı ve şiddetli yağışlar, volkanik aktiviteler ve insanlar tarafından doğaya müdahalelerin etkileri ya da bunların bir kısmının birleşik etkileri ile tetiklenen kütle hareketleri sonucunda her yıl binlerce insan hayatını kaybederken ülke ekonomileri maddi zarara uğramaktadır. Doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi, gerekli hassasiyette jeoteknik çalışmalar gerçekleştirilmeden yerleşime açılan yamaçlarda yapı inşasına yönelik çalışmalar ile farklı amaçlarla gerçekleştirilen kazı ve patlatma çalışmaları heyelanları tetiklemektedir. Bunların yanı sıra nüfus artışına paralel olarak yeni yerleşim ve yapı alanlarına ihtiyaç artmaktadır. Ülkemizde afetlerden kaynaklanan can ve mal kaybına yönelik değerlendirmelerde heyelanlar depremlerin ardından ikinci sırada yer almaktadır (Dağ, 2007; Kaya vd., 2018a).

Bölgesel olarak ele alındığında ise Karadeniz Bölgesi'nde heyelanlar en fazla can kaybı ve ekonomik zarara sebebiyet veren doğal kaynaklı afetler olarak dikkat çekmektedir. Bölgenin iklim koşulları, morfolojik yapısı ve jeolojik koşulları heyelanların meydana gelmesinde en önemli etken olarak göze çarpmaktadır. Diğer doğal kaynaklı afetlerde olduğu gibi heyelanların da meydana gelme zamanı önceden kesin olarak belirlenememektedir. Ancak bilimsel veriler ve teknolojik çalışmalar neticesinde ulaşılan bilgilerle heyelan olması muhtemel bölgelerin kestirimi ve bu sayede heyelanlardan kaynaklı can ve mal kayıplarının en düşük seviyelere indirilmesi mümkündür. Doğal kaynaklı afetlerden kaynaklanan zararların azaltılması ve canlı hayatın bu zararlardan en az seviyede etkilenmesi amacı ile heyelanlara yönelik olarak çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bilimsel gelişmelere paralel olarak heyelan kayıtlarının daha düzenli bir şekilde tutulması ve bölgesel düzeyde yapılan çalışmalar bu artışta etkili olmuştur (Dağ, 2007).

Heyelanlara yönelik çalışmaları iki grupta toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi bölgesel planlamalara yönelik olarak geniş alanları kapsayan bölgesel düzeyde yapılan çalışmalardır. Bu tür çalışmalar özellikle son çeyrek yüzyılda bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerden de yararlanarak üretilen ve heyelanların mekânsal

dağılımlarını belirlemeye yarayan heyelan duyarlılık haritalarını konu alan çalışmalardır. Çok sayıda araştırmacı bu konuda farklı yöntemler kullanarak çalışma bölgelerine özgü parametreleri değerlendirerek bilimsel çalışmalar gerçekleştirmiş ve heyelan oluşumuna duyarlı alanların belirlenmesi yönünde toplumsal katkılar sunmuştur (Gökçeoğlu ve Aksoy, 1996; Ercanoğlu ve Gökçeoğlu, 2002; Ayalew vd., 2004; Yeşilnacar ve Topal, 2005; Lee, 2005; Castellanos Abella ve Van Westen, 2007; Akgün ve Bulut, 2007; Nefeslioğlu vd., 2008; Kıncal vd., 2009; Pradhan vd., 2010; Sezer vd., 2011; Althuwaynee vd., 2012; Akgün vd., 2012; Ösna vd., 2014; Romer ve Ferentinou, 2016; Samia vd., 2017; Reichenbach vd., 2018). Heyelanlara yönelik ikinci grup çalışmalar ise yerel duraysızlık problemlerinin araştırılması ve bu problemlerin çözümüne yönelik gerçekleştirilen jeoteknik çalışmaları içermektedir. Bu tür çalışmalarda limit denge ve sayısal analiz yöntemleri ile şevlerin dengede olup olmadıkları araştırılmaktadır. Bu çalışmalar duyarlılık haritalarına yönelik çalışmalara oranla dar alanlarda gerçekleştirilmekte ve o alanda yer alan yerleşim alanı veya mühendislik yapı alanlarının heyelanlardan etkilenmemesi için şev duraylılığına yönelik çözüm önerileri geliştirmektedir (Gürocak vd., 2008; Kahadateniya vd., 2009; Liu ve Zhao, 2013; Avşar vd., 2014; Alemdağ vd., 2014; Alemdağ vd., 2015; Kaya vd., 2015; Kaya vd., 2016; Kaya vd., 2018b).

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

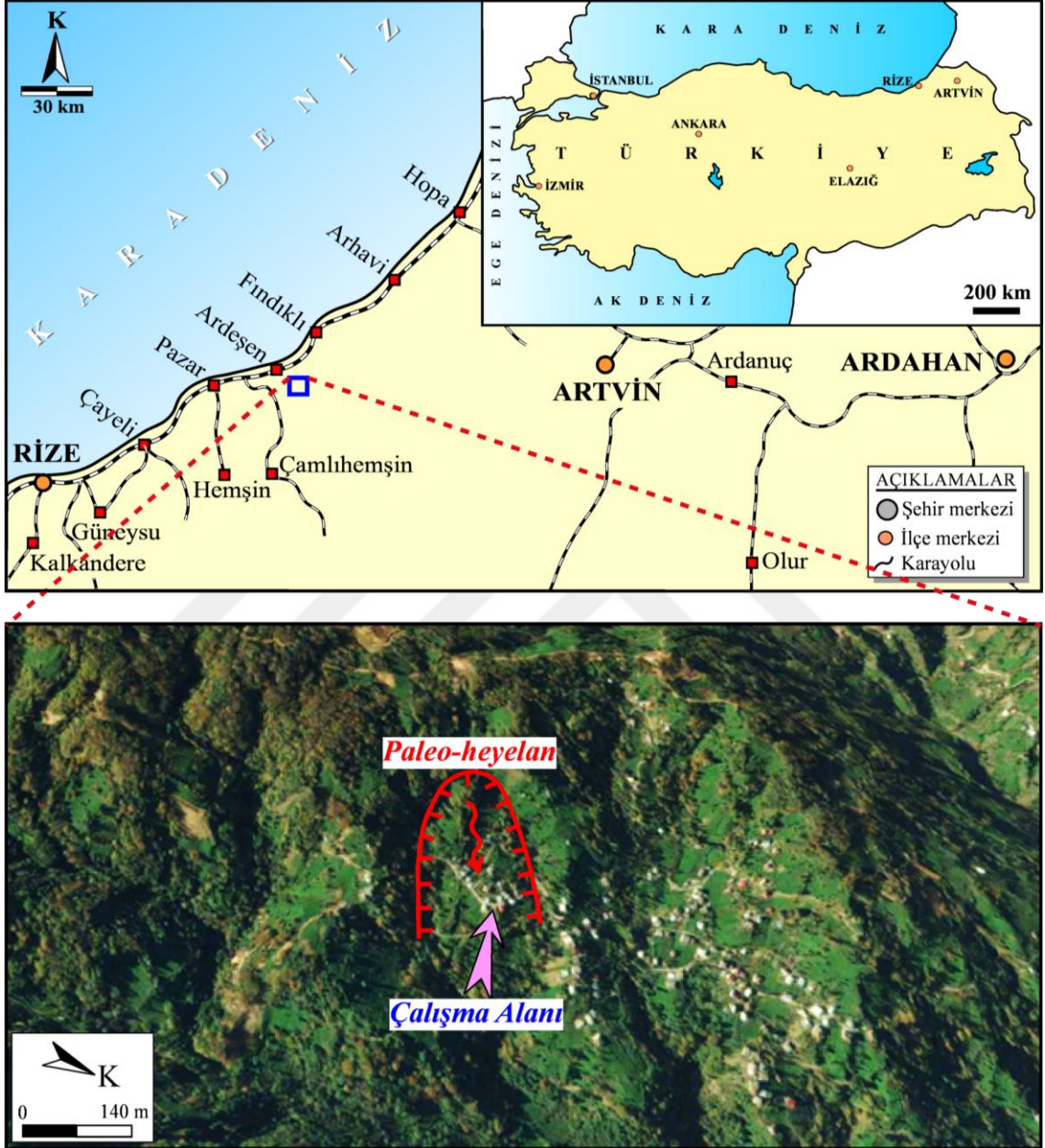
Bu çalışma kapsamında, Gündoğan (Ardeşen-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu ve mahalle yolunun da üzerinden geçtiği yamaçta meydana gelen duraysızlık sorunu mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Bu amaçla belirlenen uygun lokasyonlarda toplam 150 m. derinliğinde 6 adet araştırma sondajı açılmıştır. 2 adet sondaj kuyusundan inklinometre ölçümleri alınmıştır. 3 profilde çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi yardımıyla jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında araziden derlenen örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri üzerinde gerekli zemin mekaniği deneyleri gerçekleştirilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler yardımıyla limit denge analizi ve sayısal analiz (FEM-SSR) yöntemleri kullanılarak duraysızlık sorunu gözlenen yamaç için analizler yapılmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı Rize İli, Ardeşen İlçesi, Gündoğan Köyü mevkiinde (Şekil 1) yer almakta olup, çalışma alanına Karadeniz Sahil Yolu'nun hemen bitişiğindeki Ardeşen İlçe merkezinden itibaren yaklaşık 14 km. uzunluğundaki asfalt+beton bir yolla ulaşılmaktadır. 1/25000 ölçekli Artvin F46-d1 paftası içinde yer alan çalışma alanının doğusundan Gare Deresi'nin bir kolu geçmekte olup, 8,5 km. kuzeybatısında Ardeşen ilçe merkezi ve 5,6 km. kuzeyinde de Karadeniz bulunmaktadır. Çalışma alanı ve çevresi için yapılan üç boyutlu topoğrafik incelemede tipik bir paleo heyelan morfolojisi özelliği sunduğu görülmüştür. Bu paleo heyelan, KD yönüne doğru eğimi 20-30° arasında olan bir yamacın üzerindedir (Şekil 1). Bu paleo heyelanın ayna bölgesine doğru gidildikçe yamaç eğimi 50°'lere kadar çıkmaktadır. Yamacın üzerindeki ağaçların genelinde yavaş akmaya bağlı olarak düşeyden sapmalar görülmektedir (EK 1).

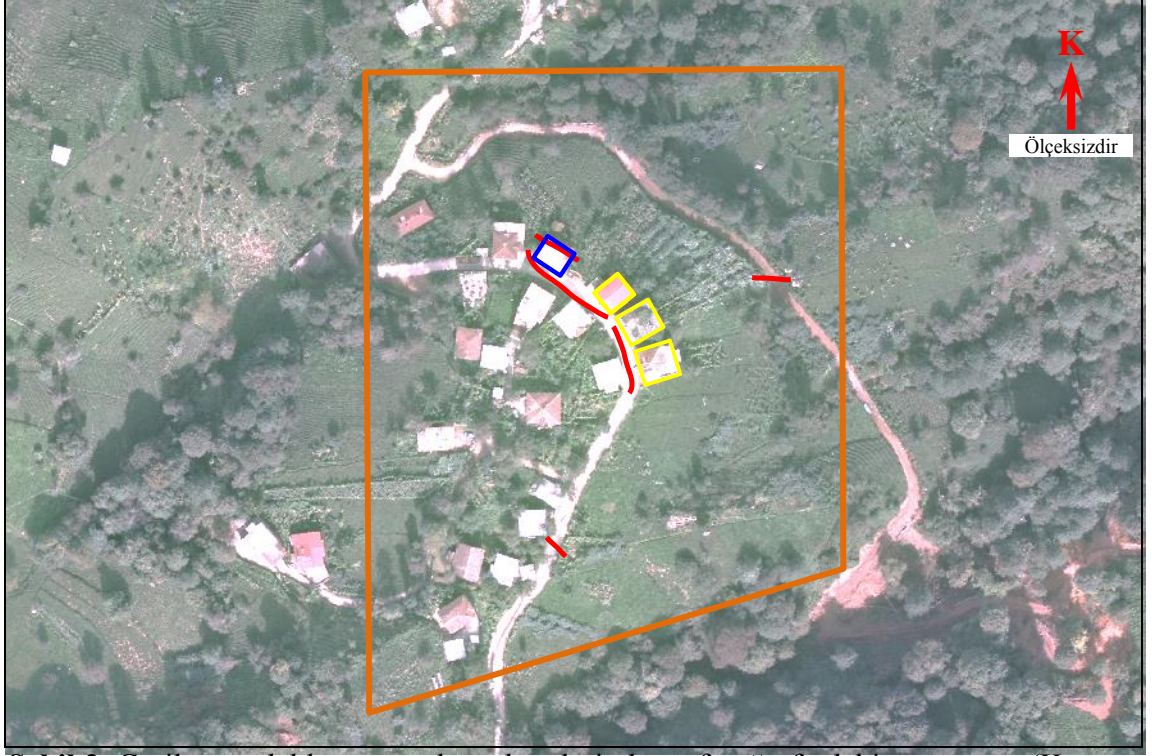
Çalışmanın konusunu oluşturan ve yenilme başlangıcının gözlemlendiği yamacın bulunduğu alanda Gündoğan Köyü'ne ait mahalle evleri bulunmaktadır (EK 1). Bu müstakil evlerinin ortasından yaklaşık 5 m. genişliğinde beton özellikteki mahalle yolu geçmektedir. Bu evlerden beş tanesi yolun sol sınırında bulunmaktadır. Geri kalan evler ise yolun sağ sınırındaki istinat duvarından itibaren konumlanmış durumdadır. 08 Şubat 2016 tarihindeki aşırı yağışların hemen sonrasında mahalle yolunun sağ sınırındaki duvardan itibaren beton yolda ve sol sınırındaki 5 adet evin 4'ünde çatlaklar meydana gelmiş ve deformasyonlar oluşmuştur. Bu evlerden en fazla hasara uğrayanı ise önlem amaçlı olarak mülkiyet sahibi tarafından yıkılmıştır (EK 1). Yolda meydana gelen oturma miktarı şuan için 40 cm,'ye kadar ulaşmış durumdadır. Sahada doğrusal hatlar boyunca sistematik şekilde oluşmuş üç adet ana çatlak gözlenmektedir. Yolun doğrultusu boyunca gelişmiş ve aralarında yaklaşık 5,5 m. mesafe olan ilk çatlağın boyu yaklaşık 24 m., ikinci çatlağın boyu ise 30 m. kadardır (EK 1). İkinci çatlaktan itibaren 63 m. uzaklıkta ise yolu verevine kesen üçüncü bir çatlak meydana gelmiştir (EK 1). Evlerde meydana gelen hasarlar ilk iki çatlağın gelişmesiyle oluşmuş, üçüncü çatlağın bulunduğu lokasyondaki evlerde ise şuan için herhangi bir yapı hasarı gelişmemiştir. Beton yolun üst tarafındaki arazide ve evlerde deformasyonlara bağlı hasarlar oluşmamıştır. Dolayısıyla bu yenilmenin taç kısmının mahalle yolunun geçtiği bölge olduğu söylenebilir. Ayrıca, beton yoldaki bu çatlakların haricinde alt kotlardan geçen

toprak yolun doğrultusuna hemen hemen dik bir adet çatlak daha gelişmiştir (EK 1). Etkilenen alanın boyutları yaklaşık olarak 160x140 m. civarındadır.

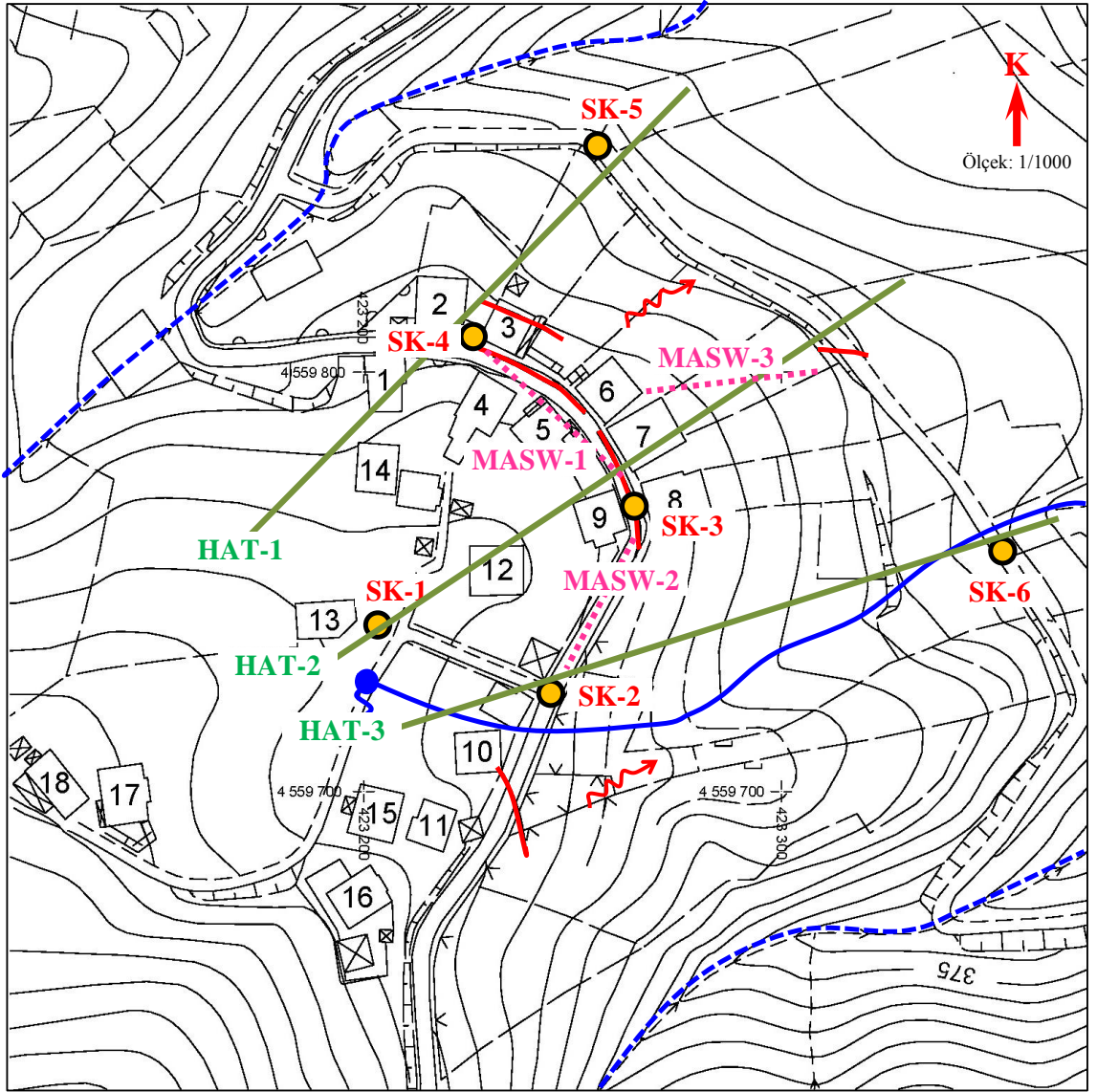


Şekil 1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası

Rize il sınırları için yakın zamanda çekilmiş 25 m. çözünürlüklü ortofoto görüntülerinden yararlanılarak çalışma alanını içine alan bölgenin kuşbakışı görünümü Şekil 2’de, 1/1000 ölçekli hali hazır haritadaki görünümü ise Şekil 3’te sunulmuştur.



Şekil 2. Gerilme çatlaklarının ve hasarlı evlerin hava fotoğrafındaki görünümü (Kırmızı renkler gerilme çatlaklarını, sarı kutucuklar hasarlı evleri, mavi kutucuk yıkılan evi, kahverengi çizgiler duraysız alanı göstermektedir)



Şekil 3. Sondaj ve MASW lokasyonlarını, çekme gerilmesi çatlakları ve etüt hatlarının konumunu gösteren 1/1000 ölçekli hali hazır harita (Yapı hasarları 3, 6, 7 ve 8 ile gösterilen evlerde meydana gelmiştir, kırmızı çizgiler gerilme çatlaklarını mavi çizgiler ise dere ve kuru dereleri göstermektedir, HAT: etüt hattı, SK: sondaj kuyusu, MASW: çok kanallı yüzey dalgası etüt hattı)

1.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Ardeşen İlçesi'nde Karadeniz iklimi hakimdir. Yaz ve kış mevsimlerinde bol yağış ve ılık hava egemendir. Ülkemizin en çok yağış alan bölgesinde bulunmaktadır. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 15°C'dir. Sıcaklık -6.9 ile 37.9 °C arasında seyrederek. Yazın nemli olan kuzey rüzgârları bol yağmur getirir. Senenin 140 günü yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 2500 mm. olup, Mayıs ayı yılın en kurak ayıdır. En fazla yağış, Aralık ayında görülmektedir.

Bitki örtüsünü ağaçlar ve fundalıklar teşkil etmektedir. Sarp ve engebeli arazi yapısının ve ikliminin de etkisiyle ilçenin bitki örtüsü, genelde 700–2300 metre yüksekliğindeki kısımları kaplayan ormanlar oluşturmaktadır. Tarıma elverişli arazinin az olması, ormanların tahribine neden olmuştur. Yöre ormanlarının çevre ve yurt ekonomisine katkısı büyüktür. Çay ve kivi bahçelerinin dışında geniş mandalina, armut, hurma ve elma ağaçları da vardır.

1.5. Sosyo-Ekonomik Bilgiler

Çalışma alanı ve çevresinde arazinin oldukça engebeli olması nedeniyle tarım faaliyetlerinin yürütüleceği araziler son derece kısıtlıdır. Bazı yerlerde 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 iştiğal etmektedir. Yöre, endüstri açısından fazla gelişmemiştir. Bölgedeki sanayi faaliyetlerinin ekonomideki payı oldukça düşük düzeydedir. Bölge ekonomisine, ihracata yönelik sanayileşme hakimdir.

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 Pleyistosen-Aktüel kıyı kuşağı ve bu iki ana ünite arasında yer alıp, akarsularca derince yarılmış plato ve tepelik alanlardır.

Üçüncü jeomorfolojik oluşum sınıfında yer alan çalışma alanı, vadiler ve sırtlar arasında yaklaşık 370-420 m. kotları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı, eski bir heyelanın kayan ve günümüzde dengede olan malzemesi üzerinde bulunmaktadır. KD yönüne doğru eğimi 20-30° arasında olan bir yamacın üzerindedir. Bu eski heyelanın ayna bölgesine doğru gidildikçe yamaç eğimi 50°'lere kadar çıkmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde sarp bir topografya hakim olup, yamaçların ortalama eğim açısı ise 40-60° arasında değişmektedir. Çalışma alanının yakın civarından geçen Gare Deresi, dar V şekilli bir vadinin tabanından akarak Karadeniz'e dökülmektedir.

1.7. Bölgesel Jeoloji

Ketin (1966), tektonik üniteleri Türkiye'nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Karadeniz Dağları, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Ayrıca, Karadeniz Dağlarını, "Doğu Karadeniz Dağları" ve "Batı Karadeniz Dağları" olmak üzere ikiye ayırmıştır. Doğu Karadeniz Dağları'ndaki Geç Kretase yaşlı kayalar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney ve kuzey bölümlere ayrılmıştır (Ketin, 1966).

Doğu Karadeniz Dağları'nda temel teşkil ettikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayalar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Dağları Güney Zonu'nda egemen olan bu kayalar, Doğu Karadeniz Dağları Kuzey Zonu'nda seyrek olarak görülürler. Temeli oluşturan metamorfik kayalar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayalar tarafından kesilmişlerdir. Liyas yaşlı volkano-tortul kayalar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır. Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizma "Alt Bazik Seri" olarak adlandırılmaktadır. Malm- Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşlı volkanik kayalar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Doğu Karadeniz Dağları Güney Zonu'nda sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zon'da mercerler ve olistrostromlar halinde bulunurlar. Plütonik kayalar Permo-Karbonifer'den Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granitlere kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayalardan oluşmuşlardır. Bu granitik

plütonlar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır. Bunlardan Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi, metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir. Jura-Kretase-Paleosen granitoyidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir. Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler. Doğu Karadeniz Dağları'nda, Geç Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Doğu Karadeniz Dağları Kuzey Zonu'nda magmatik kayaçlar egemen iken, Doğu Karadeniz Dağları Güney Zonu'nda volkanotortul kayaçlar yer alır. Geç Kretase'de kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zon'da tek bir seviye halinde ve Geç Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zon'da ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır. Doğu Karadeniz Dağları Kuzey Zonu'nda Geç Kretase'nin tabanı tartışmalıdır. Geç Kretase'nin üzerindeki bazik volkanikler kısmen Eosen'de de devam ederek "Üst Bazik Seri"yi oluşturmuşlardır. Doğu Karadeniz Dağları Güney Zonu'nda Geç Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volcano-tortul seriden oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Geç Kretase-Paleosen geçişi Doğu Karadeniz Dağları'nda yer yer gözlenmektedir. Geç Kretase yaşlı filişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir. Eosen, Karadeniz Dağları'nda genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastitleri ile filiş çökellerinden oluşan seriler üstlemektedir. Oligosen, Trabzon, Ünye ve Fatsa yörelerindeki sahil kesimlerinde görülmektedir. Neojene ait tortullar Trabzon-Akçaabat ve Rize-Pazar sahillerine yakın yerlerde mevcuttur. Kuvaterner yaşlı oluşuklar traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır.

1.8. Literatür Çalışmaları

Çalışma alanı ve çevresinde meydana gelen heyelanların incelenmesiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bölgede araştırmacılar tarafından yapılan ulusal ve uluslararası düzeydeki çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Tarhan (1991), “Doğu Karadeniz Heyelanlarına Genel Bir Bakış” isimli çalışmasında; değişik kökenli kayalarda 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.²’lik bir alanı kapsayan çalışma alanının heyelan sonrasına

ait isopleth haritasını hazırlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda heyelan risk zonlaması yapmada eşyükselti 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 Örneklemeye 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. (2018), 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.

Midilli (2018), Kalebaşı (Merkez-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu yamaçta meydana gelen 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.

1.9. İnceleme Alanında Yapılan Önceki Çalışmalar

08 Şubat 2016 tarihindeki aşırı yağışların hemen sonrasında Gündoğan Köyü yerleşim alanındaki yamaçlarda meydana gelen duraysızlık başlangıcı olayını takiben 01 Mart 2016 tarihinde Rize Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) tarafından tespit amaçlı olarak bir Jeolojik Etüt çalışması gerçekleştirilmiş ve hasarlı yapılar belirlenerek hareketlenmeden etkilenen alanın boyutları saptanmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda saha için Rize Valiliği'nce 01 Nisan 2016 tarih ve 394 sayılı "Genel Hayata Etkililik Oluru" kararı alınmış ve toplamda hasarlı 4 evin nakledilmesine karar verilmiştir.

Bu çalışmanın ardından heyelanlı bölge içinde gelişen yeni deformasyonları izleme amaçlı 17 Nisan 2017 tarihinde AFAD tarafından ikinci bir jeolojik etüt raporu düzenlenmiştir. Ayrıca, heyelandan etkilenen alan için ayrıntılı bir jeolojik-jeoteknik etüt çalışmasının yapılması gerektiği belirtilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Gündoğan (Ardeşen-Rize) Köyü yerleşim alanının üstünde bulunduğu yamaçta meydana gelen duraysızlık sorunu mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Çalışma alanının ve çevresinin jeolojisini tanımlamak amacıyla 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında bulunan kayalar, 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.

Sahadaki yamaçta çalışmanın amacına uygun 3 adet hat belirlenmiştir. Bu etüt hatları boyunca yüzeyleyen zeminle ilgili detaylı bilgiler elde etmek amacıyla Rotary D-500 sondaj makinası yardımıyla toplam 150 m. derinliğinde 6 adet araştırma sondajı yapılmıştır. Sondaj kuyularına gözlem boruları indirilerek yeraltı suyu ölçümleri alınmıştır. DigiPro2 marka inklinometre cihazıyla 2 adet kuyuda ölçümler alınarak kayma yüzeyinin derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, sondaj yapılamayan lokasyonlardaki zemin profilini ortaya çıkarmak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek amacıyla 3 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 "RS² v9.0" (Rocscience Inc., 2016) programlarında duraysızlık sorunu gözlenen yamaç modellenerek analizleri yapılmıştır.

3. BULGULAR

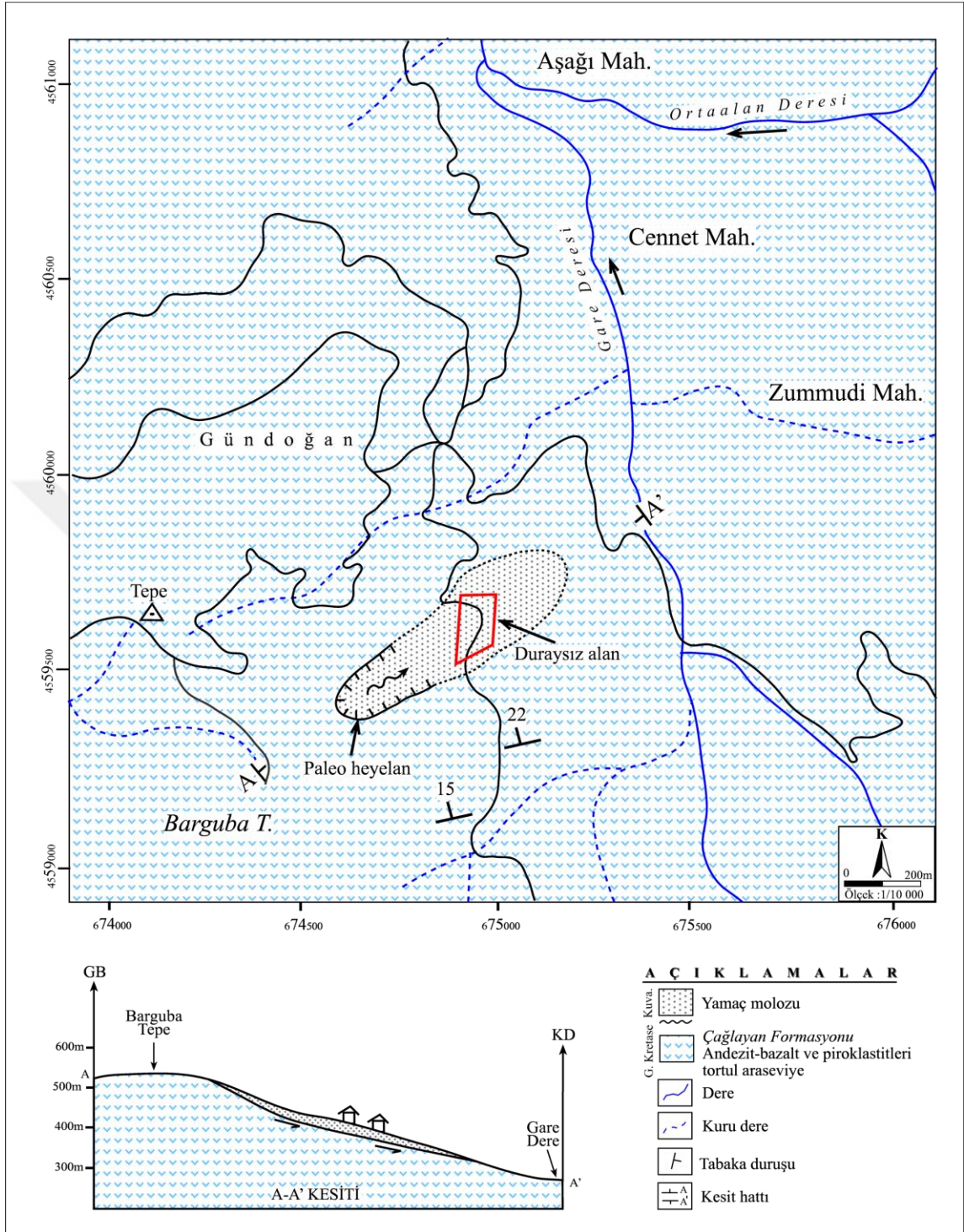
3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma alanı ve çevresinde yer alan birimler litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Geç Kretase yaşlı volkano-tortul kayaların ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozlarının yüzeyleme verdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesit Şekil 4'te sunulmuştur.

3.1.1. Çağlayan Formasyonu

Bu formasyon, volkano-tortul karakterli bir istif olup, ilk defa Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır. Andezit-bazalt ve piroklastitleri ile genellikle kırmızı-bordo renkli biyomikrit, kireçtaşı ve marn ara tabakalarından oluşur. Formasyon içinde iyi gelişmiş yastık debi yapıları izlenir. Lavların soğuması sırasında oluşan gaz boşlukları genellikle kalsit, klorit ve zeolit gibi minerallerle doldurulmuştur. Formasyonda gri-yeşil ve gri-morumsu bir renk tonu egemendir. Birimin yaşı, yapılan önceki çalışmalarda Geç Kretase (Kampaniyen-Maastrichtiyen) olarak belirlenmiştir (Güven, 1993). Bu birimin üzerine uyumlu olarak Geç Kretase yaşlı Bakırköy Formasyonu'na ait karbonat ve kırıntılı tortul kayalar gelmektedir.

Çalışma alanında yüzeyleme veren bazaltlar kırıklı-çatlaklı bir yapı sunmakta olup, gri-koyu gri renklidir. Bazaltlar sistematik olmayan gelişmiş güzel oluşmuş çatlaklar içermektedir. Çatlak yüzeyleri boyunca ayrışmalar gelişmiştir. Sahada açılan yol yarmalarında kaya mostralarına son derece kısıtlı olarak rastlanılmaktadır (Şekil 5). Ayrışma rengi ise koyu kahve-sarı arasındadır. Sahada yapılan SK-2 ve SK-6 nolu araştırma sondajlarında ara seviye olarak marn ve tüfit seviyeleri kesilmiştir. Çalışma alanının dışındaki yol yarmalarında tortul birimler yaklaşık olarak KB'ya doğru 10-25° eğimlidir.



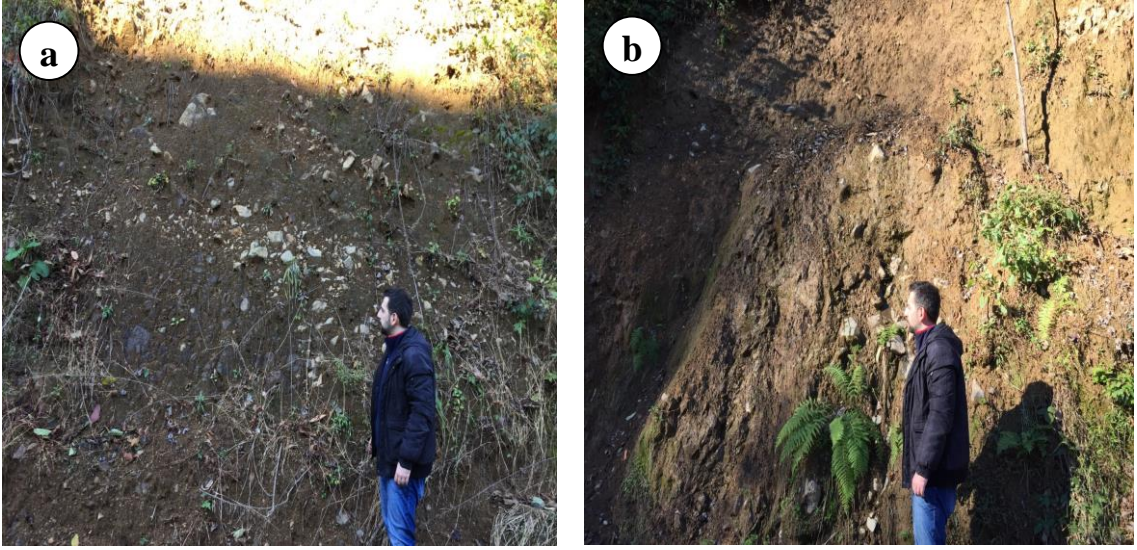
Şekil 4. Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesit (Güven, 1993'ten değiştirilerek)



Şekil 5. Çağlayan Formasyonu'na ait oldukça kırıklı ve ayrılmış bazaltların arazideki görünümü (Yer: Gündoğan Köyü'nün altından geçen toprak yol şevi)

3.1.2. Yamaç Molozu

Yamaç molozu olarak tanımlanan zemin malzemesi çalışma alanının üstünde bulunduğu yamaç eteklerinde yoğun bir biçimde gözlenmekte olup, bunlar yamacın bulunduğu alandaki kayaç türlerine göre köşeli, yassı ve bazıları küt köşeli, blok, çakıl, kum, silt ve killerden oluşmuşlardır (Şekil 6). Silt ve kil miktarı diğer elemanlara göre daha yüksektir. Bloklar Çağlayan Formasyonu'ndan türemiş bazalt karakterli köşeli volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında yüzeylenen heyelan kökenli yamaç molozlarında yapılan arazi, sondaj ve jeofizik çalışmaları neticesinde birimin üstten alta doğru bloklu ve killi-siltli olmak üzere iki seviyeden oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 6. (a) Yamaç molozundaki yoğun bazalt çakılları içeren ve (b) siltli-killi seviyelerin arazideki görünümü (Yer: Gündoğan Köyü'nün altından geçen toprak yol şevi)

3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları

Gündoğdu Köyü yerleşim alanının üzerinde bulunduğu yamaç boyunca çalışmanın amacına uygun 3 etüt hattı belirlenmiş ve bu hatlar boyunca yerüstü ve yeraltı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında yüzeylenen zeminin kalınlığındaki değişim aralıklarını net olarak tespit etmek, yeraltı suyu seviyesini belirlemek, inklinometre ölçümleri yapmak ve laboratuvar deneyleri için örnekleme yapmak amacı ile etüt hatları üzerindeki uygun lokasyonlarda 150 m. derinliğinde toplam 6 adet araştırma sondajı açılmıştır (Şekil 3, Tablo 1). Bu sondajlardan SK-2, SK-3 ve SK-4 ile gösterilenler çatlakların geliştiği beton yolda, SK-5 ve SK-6 alt kotlardaki toprak yolda, SK-1 ise beton yolun üst kısmındaki yamaç üstünde açılmıştır. Sondaj çalışmaları ana kayaya kadar incek şekilde yapılmıştır. 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 1. Çalışma alanında yapılan sondajlara ait teknik bilgiler

Kuyu No	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu Kotu (m)	YASS Derinliği (m)	Y (SAĞA)	X (YUKARI)
SK-1	25,00	418	Yok	423201	4559741
SK-2	25,00	411	11,00	423244	4559723
SK-3	25,00	405	Yok	423265	4559769
SK-4	25,00	403	Yok	423225	4559809
SK-5	25,00	390	Yok	423255	4559856
SK-6	25,00	380	Yok	423363	4559740

➤ **SK-1 Nolu Sondaj**

Gündoğan Köyü yerleşim alanındaki 13 nolu evin bitişiğinde ve 418 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondajın sonucunda zeminin 0,00-8,50 m. arası bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 8,50-11,50 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşan açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 11,50-25,00 m. arası ise koyu gri renkli oldukça parçalanmış bazalt olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrılmış olup, kil sıvaması ve hematit boyaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 20-30 arasında, RQD değerinin % 5-20 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

➤ **SK-2 Nolu Sondaj**

Gündoğan Köyü yerleşim alanındaki beton yoldan 13 nolu eve giden yol ayırımında ve 411 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda zeminin 0,00-10,50 m. arası çok az miktarda bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 11,50-13,50 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşan açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 13,50-25,00 m. arası ise üst seviyesi koyu gri renkli oldukça parçalanmış koyu gri renkli bazalt, geri kalanı bordo-gri renkli marn, açık yeşil renkli tüfit olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrılmış olup, kil sıvaması ve hematit boyaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 15-35 arasında, RQD değerinin % 5-15 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

➤ SK-3 Nolu Sondaj

Günderöan Köyü yerleşim alanındaki hasarlı 8 nolu evin önünde ve 411 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda zeminin 0,00-13,50 m. arası çok az miktarda bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşun açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 13,50-16,50 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşun açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 16,50 -25,00 m. arası ise oldukça parçalanmış koyu gri renkli bazalt olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrıışmış olup, kil sıvaması ve hematit boyaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 15-35 arasında, RQD değerinin % 5-15 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

➤ SK-4 Nolu Sondaj

Günderöan Köyü yerleşim alanındaki yıkılan 3 nolu evin bitişiginde ve 403 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda zeminin 0,00-5,00 m. arası çok az miktarda bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşun açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 5,00-7,00 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşun açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 7,00-25,00 m. arası ise az kırıklı koyu gri renkli bazalt olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrıışmış olup, kil sıvaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 15-40 arasında, RQD değerinin % 5-20 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

➤ SK-5 Nolu Sondaj

Günderöan Köyü yerleşim alanının alt kotundaki toprak yolda ve 390 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda zeminin 0,00-3,00 m. arası çok az miktarda bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşun açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 3,00-5,00 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşun açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 5,00-25,00 m. arası ise bol çatlaklı gri-koyu gri renkli bazalt olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrıışmış olup, kil sıvaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 10-30 arasında, RQD değerinin % 5-15 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

➤ SK-6 Nolu Sondaj

Gündoğan Köyü yerleşim alanının alt kotundaki toprak yolda ve 380 m. kotunda olup, derinliği 25 metredir. Sondaj sonucunda zeminin 0,00-3,00 m. arası çok az miktarda bazalt çakılları içerikli kil ve siltten oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu, 3,00-5,00 m. arası düşük plastisiteli kilden oluşan açık-koyu kahve renkli kil seviyesi, 5,00-25,00 m. arası ise gri renkli marn ve ince taneli açık yeşil renkli tüfit olduğu tespit edilmiştir. Ana kayada gözlenen çatlakların yüzeyleri orta-az derecede ayrılmış olup, çok az kil sıvaması ile kaplıdır. Karot yüzdesinin % 15-30 arasında, RQD değerinin % 5-15 arasında, çatlak sıklığının 10-20 arasında olduğu tespit edilmiştir (EK-2, EK-3).

3.2.2. Jeofizik Çalışmaları

İnceleme alanı içerisinde belirlenen 3 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 2 üzerinde kesikli pembe 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 sırasıyla sondajlarla da uyumlu olarak bloklu ve ince daneli malzemeden oluşmuş iki seviye halindeki yamaç molozu ve ana kaya oluşturmaktadır. Jeofizik çalışmalar sonucunda etüt hatlarındaki zemin seviyesi kalınlığının 8,00-9,30 m. arasında arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 2).

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 2’de sunulmuştur.

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

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

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

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

Tablo 2. Sismik kırılma yöntemine göre belirlenen dinamik özellikler

Etüt hattı	Tabaka no	V_p (m/s)	V_s (m/s)	h (m)	d (gr/cm^3)	E_d (kg/cm^2)	ν
1	1	400	200	4,20	1,39	1479	0,33
	2	760	340	8,30	1,63	5174	0,38
	3	1100	500	-	1,79	12227	0,37
2	1	315	155	7,90	1,31	841	0,34
	2	770	330	8,00	1,63	4935	0,39
	3	1180	490	-	1,82	12178	0,40
3	1	280	105	3,20	1,27	397	0,42
	2	600	270	9,30	1,53	3071	0,37
	3	830	470	-	1,66	9292	0,26

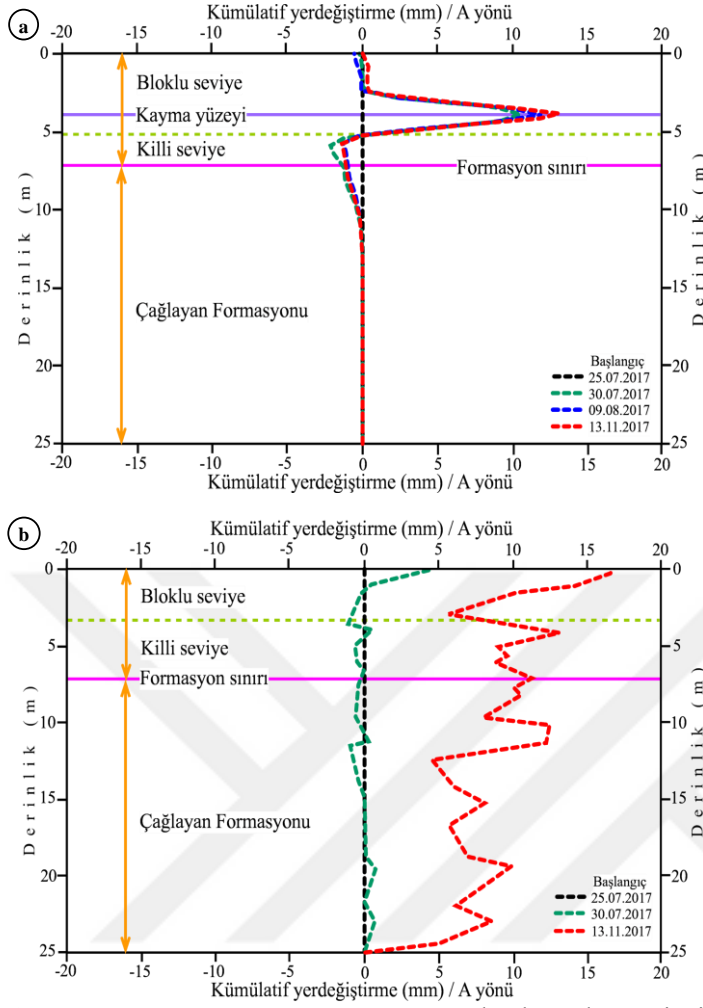
V_p : elastik dalganın boyuna yayılma hızı, V_s : elastik dalganın enine yayılma hızı, h : tabaka kalınlığı, d : yoğunluk, E_d : deformasyon modülü, ν : Poisson oranı

3.2.3. Heyelan İzleme Çalışmaları

İnceleme alanında açılan SK-4 ve SK-5 nolu temel sondaj kuyularına inklinometre borusu (\varnothing : 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 kontrollü sağlanmıştır. Okumalar SK-4 için 25 Temmuz, 9 Ağustos, 13 Kasım 2017 tarihlerinde toplamda 3 adet; SK-5 için ise 25 Temmuz, 13 Kasım 2017 tarihlerinde 2 adet olmak üzere 142 günlük süreyi kapsamaktadır.

SK-4 nolu sondaj kuyusunda yapılan A okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 6 m. derinlikte (A+) yönünde yaklaşık 2,5 mm.'lik yamaç aşağı KD yönüne doğru hareket, bu harekete bağlı olarak 4 m. derinlikte ise (A-) yönünde yaklaşık 13 mm.'lik GB yönüne doğru geriye yaslanma hareketinin geliştiği saptanmıştır. B okumasına göre ilk okuma tarihinden itibaren yüzeyden 4 m. derinlikte (B-) yönünde yaklaşık 18 mm.'lik yamaç aşağı KB yönüne doğru kayma hareketinin geliştiği belirlenmiştir (Şekil 7). SK-5 nolu sondaj kuyusunda yapılan A ve B okumalarında ise anlamlı herhangi bir hareketlilik saptanmamıştır (Şekil 7). Sahadaki en büyük deformasyon 08 Şubat 2016 tarihindeki aşırı yağışların hemen sonrasında meydana gelmiştir. Ancak, sonrasında yapılan inklinometre ölçümlerinde ise küçük deformasyonlar saptanarak kaymanın yavaşladığı belirlenmiştir.

SK-4 nolu kuyuda yapılan inklinometre ölçümlerinde gözlenen hareketlerin genel olarak yüzeyden 4 m derinlikte yamaç molozu içindeki bloklu ve killi seviye dokanağına yakın bir yerde geliştiği tespit edilmiştir. Okuma aralıkları ve kaymanın yönü dikkate alındığında, yenilmenin 0,09 mm/gün hızında KD yönüne doğru ve Varnes (1978) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre “Son derece yavaş hızlı heyelan” sınıfında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Bu veriler ışığında yenilmenin taç kısmının beton yol olduğu, topuk kısmının ise 1 ve 3 nolu Etüt hatlarındaki güzergâhta alt kottaki toprak yola kadar ulaşmayıp üstündeki çay bahçelerinin bulunduğu yamaçta kaldığı söylenebilir. Ancak, 2 nolu Etüt hattının geçtiği toprak yolda gerilme çatlağının olması topuğun bu alandaki daha alt kotlarda olabileceğini göstermektedir. Bu durumu kanıtlayıcı veriler arazi çalışmaları esnasında tam olarak tespit edilememiştir.



Şekil 7. (a) SK-4 ve (b) SK-5 nolu kuyulara ait inclinometre okumalarında tespit edilmiş derinlik-hareket miktarları ilişkisi

Tablo 3. 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 % 44,50, plastik limitin % 21,70, su muhtevasının % 36,10 ve doğal birim hacim ağırlığının $17,07 \text{ kN/m}^3$ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki zeminin düşük plastisiteli kil (CL) sınıfında olduğu saptanmıştır. İndeks ve fiziksel özellikleri belirlemeye yönelik yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5’de özet olarak verilmiştir.

Sondajlardan derlenen örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde drenajsız kesme kutusu deneyleri yapılarak tepe ve artık kayma dayanımı parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) belirlenmiştir (ASTM, 2017). Deney sonuçlarına göre ortalama doruk parametreler $c_p = 20,93 \text{ kPa}$ ve $\phi_p = 14,50^\circ$ olarak, artık parametreler ise $c_r = 17,35 \text{ kPa}$ ve $\phi_r = 10,70^\circ$ olarak belirlenmiştir. Bu verilerden gerekli olanlar duraylılık analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler

Kuyu No	Örnek Derinliği (m)	Elek analizi		USCS zemin sınıfı	ω (%)	γ_n (kN/m^3)	Kıvam Limitleri (%)			Kesme kutusu			
		#10 kalan (%)	#200 Geçen (%)				LL	PL	PI	Tepe		Artık	
										c_p (kPa)	ϕ_p ($^\circ$)	c_r (kPa)	ϕ_r ($^\circ$)
SK-2	4,50	5,3	50,9	CL	39,8	17,17	45,2	21,8	23,4	18,55	15,6	-	-
SK-2	5,50	17,2	57,6	CL	38,9	16,87	44,0	22,9	21,1	22,80	16,4	18,36	12,6
SK-3	2,50	14,5	73,7	CL	40,1	16,78	47,5	22,7	24,8	21,44	10,7	16,67	7,6
SK-3	7,00	1,5	57,9	CL	30,5	17,27	43,2	20,2	23,0	15,04	15,3	13,78	10,8
SK-6	2,50	35,1	59,0	CL	31,0	17,07	42,5	21,1	21,4	26,83	14,3	20,59	11,6
Ort.	-	-	-	-	36,1	17,07	44,5	21,7	22,8	20,93	14,5	17,35	10,7

ω : su muhtevası, γ_n : doğal birim hacim ağırlık, c: kohezyon, ϕ : içsel sürtünme açısı, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI: plastisite indisi

Çalışma alanındaki zemin seviyesinin altındaki volkanik kayalara ait fiziko-mekanik ve elastik özellikleri belirlemek için dolaylı yöntemlerden ve ampirik yaklaşımlardan faydalanılmıştır. Laboratuvar deneyleri ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Kayaların dayanımını belirlemek için tek eksenli

basınç deneylerinden yararlanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda tek eksenli basınç dayanımı değerinin 41,00-79,30 MPa arasında, doğal birim hacim ağırlık değerinin ise 23,64-26,49 kN/m³ arasında olduğu saptanmıştır. Nokta yükü dayanım indeksi değeri hesaplanırken güvenli tarafta kalmak amacıyla tek eksenli basınç dayanımınının 20 kat küçüğü alınmıştır. Elastisite modülü ise Sönmez vd. (2006) tarafından önerilen abakta tek eksenli basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık değerleri karşılaştırılarak tahmin edilmiştir.

Volkanik kayalara ait birim hacim ağırlık (γ_n), nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$), tek eksenli basınç dayanımı (σ_{ci}) ve elastisite modülü (E_i) Tablo 5’de özet olarak verilmiştir.

Tablo 5. Volkanik kayalara ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler

Kuyu No	Örnek Derinliği (m)	σ_{ci} (MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	γ_n (kN/m ³)	E_i (GPa)
SK-1	20,00	45,74	2,29	25,80	29,1
SK-2	22,50	41,00	2,05	24,72	22,5
SK-4	17,00	64,72	3,24	26,29	28,2
SK-4	21,00	77,57	3,89	26,49	32,3
SK-6	11,00	79,30	3,97	25,41	34,1
SK-6	21,00	62,96	3,15	23,64	18,7
Ort,	-	61,88	3,10	25,41	27,48

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

3.2.5. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özellikler

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz iklim özelliklerinin gözlendiği 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.

Açılan 25 m. derinliğindeki araştırma sondaj kuyularından yalnızca SK-2 nolu kuyuda yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Alınan YASS ölçümlerine göre yeraltı su tablasının SK-2 nolu kuyuda yüzeyden 11,00 m derinlikte olduğu belirlenmiştir. Bunun haricinde 13 nolu evin bitişiğindeki bina inşaatının önünde sürekli akış halinde olan bir

su kaynağı çıkışı mevcuttur. Şuan için mevsimsel koşullar dikkate alınlığında yeraltı su tablasının bu lokasyonda yüzeye yakın ve zeminin doymun olduğu söylenebilir.

Çalışma alanının kuzeyindeki çay alım merkezinin de bulunduğu vadiden düşük bir debiyle akan dere ve güney tarafında da aynı şekilde düşük bir debiyle akan ikinci bir dere mevcuttur. Ayrıca, 13 nolu evin bitişiğindeki bina inşaatının önündeki su kaynağı yüzeyi oyarak küçük bir vadi oluşturmuş ve buradan itibaren yüzeysel akışa dönüşmüştür. Çalışma alanı ve çevresindeki sırt ve tepeleri kesen ve yazın kurak durumda olan kuru dereler de mevcuttur. Tüm bu derelerden akan sular yamaç dibinde bulunan Gare Deresi'nin bir koluyla birleşerek buradan Karadeniz'e dökülmektedir.

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 "RS² v9,0" (Rocscience Inc., 2016) 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). Etüt hatları için analizler yapılırken kaymanın başladığı varsayımından kesme kutusu deneyleri ile elde edilen Tablo 5'de verilen ortalama artık

kayma dayanımı parametreleri kullanılmıştır. Bu nedenle, zeminin doğal durumu için statik koşullardaki kabul edilebilir güvenlik sayısı 1 olarak seçilmiştir.

Sahada yapılan araştırma sondajlarından ve sismik etütlerden elde edilen veriler kullanılarak 3 etüt hattı için jeolojik kesitler hazırlanmış (Şekil 8) ve bu profiller kullanılarak “Slide v9.0” programında analiz modelleri çizilmiştir. Analizlerde Mohr-Coulomb 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 eklenmiştir.

1 nolu etüt hattı için oluşturulan analiz modelinde kohezyon değeri 17,35 kPa ve içsel sürtünme açısı da $10,7^{\circ}$ olarak seçilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ise $17,07 \text{ kN/m}^3$ olarak alınmıştır. Yapılan limit denge analizleri sonucunda SK-4 nolu ölçüm kuyusundan tespit edilen yüzeyden 4 m. derindeki kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değerinin $G_s: 0,749$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 9a). Kayma yüzeyinin konumu incelendiğinde beton yolun sınırından başladığı tabana yakın bir yerden geçerek alt kottaki toprak yolun üstündeki çay bahçelerinin olduğu yamaçta sonlandığı görülmektedir. Elde edilen sonuçların inklinometre sonuçlarıyla birebir uyuşmakta olduğu ve seçilen kayma dayanımı parametrelerinin sahayı temsil ettiği saptanmıştır. Şekil 9a'daki model üzerinde gösterilen kayma yüzeyleri güvenlik sayısı 1'den küçük olanları temsil etmektedir ve bu yüzeyler beton yolun üst ve altındaki uzak mesafelere kadar yayılım göstermektedir. Bu sonuç desteksiz yamaçta duraysızlık sorununun ilerleyen ve gerileyen şekilde devam edeceğini ve yamacın dengede olmadığını göstermektedir. Yapılan YASS ölçümleri, yeraltı suyunun bu etüt hattında 25 m.'nin altında olduğunu göstermiştir. Yani, aşırı yağışlı sezonda dahi yeraltı su seviyesinin tespit edilen kayma yüzeyine kadar yükselmesi olası değildir. Dolayısıyla yeraltı suyunun, 08 Şubat 2016 tarihinde meydana gelen yenilmeyle doğrudan ilişkili olduğu söylenemeyebilir. Paleo-heyelanlı sahadaki ağaçların devam eden yavaş akmaya bağlı olarak düşeyden sapsmaları 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,

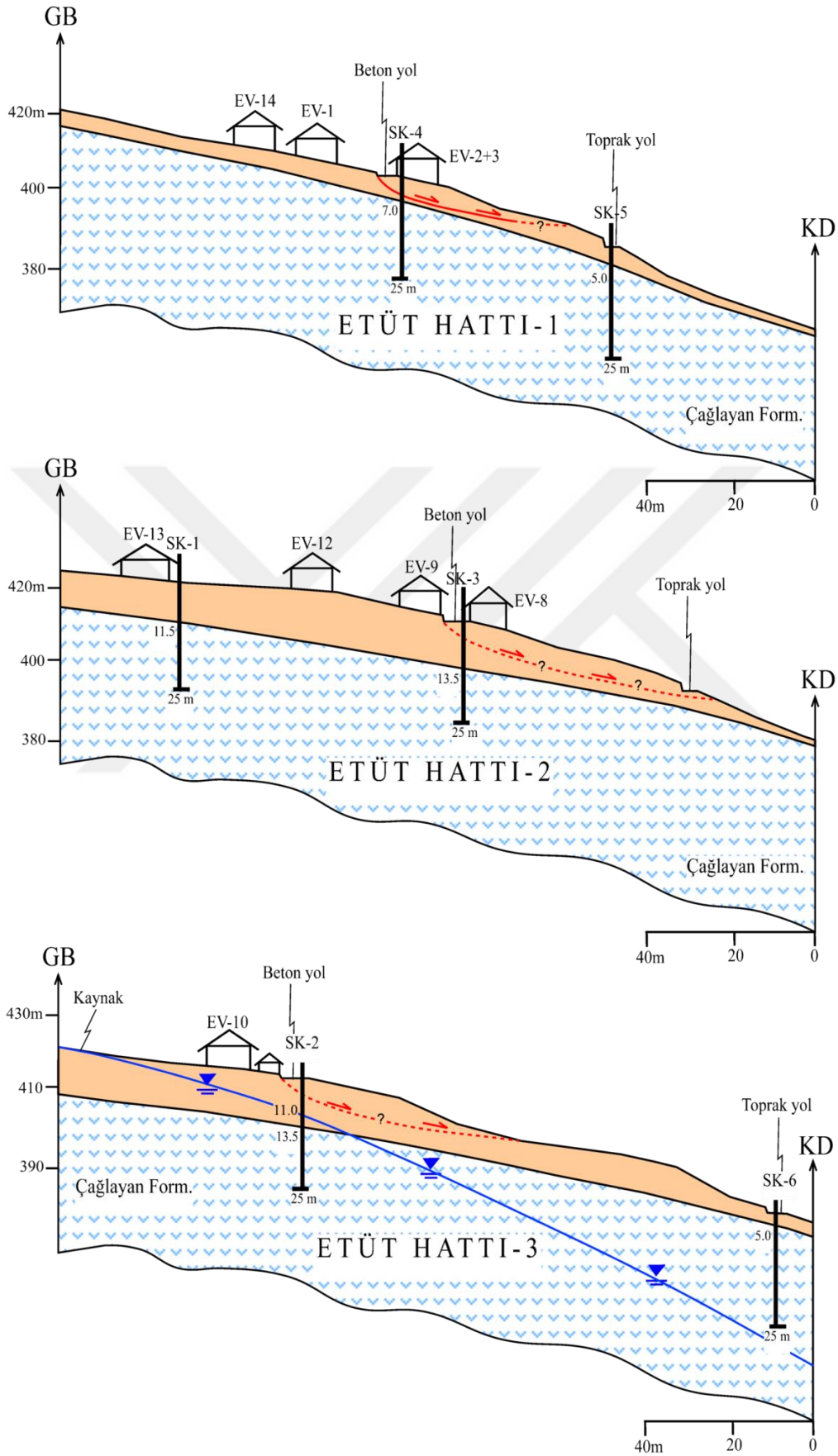
doğal bitki örtüsünün değiştirilmesi ve yamaç topuğuna yakın bir alanda desteksiz yol kazısının yapılmış olması yavaş akma sürecini hızlandırarak hızlı akmaya çevirmiş ve sonuç olarak mevcut yenilme başlangıcı meydana gelmiştir.

2 nolu etüt hattı için oluşturulan analiz modelinde kohezyon değeri kohezyon değeri 17,35 kPa ve içsel sürtünme açısı da 10,7° olarak seçilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ise 17,07 kN/m³ olarak alınmıştır. Yapılan limit denge analizleri sonucunda 8 nolu evi içine alan ve toprak yoldaki çatlakla uyumlu olacak şekilde daha alt kotlarda sonlanan iki adet kayma dairesi elde edilmiştir. Bu dairelere ait güvenlik sayısı değerinin sırasıyla Gs: 0,785 ve 0,984 olduğu belirlenmiştir (şekil 9b). Elde edilen bu sonuç, stabilite analizinin arazideki gerçek durumla birebir uyuduğunu ve seçilen kayma dayanımı parametrelerinin sahayı temsil ettiğini göstermektedir. şekil 9b'deki model üzerinde gösterilen kayma yüzeyleri güvenlik sayısı 1'den küçük olanları göstermekte olup, bu yüzeyler beton yolun üst ve altındaki uzak mesafelere kadar yayılım göstermektedir. Yani, 1 nolu etüt hattı için elde edilen sonuçla uyumlu olarak elde edilen veriler desteksiz yamaçta duraysızlık sorununun ilerleyen ve gerileyen şekilde devam edeceğini ve yamacın dengede olmadığını göstermektedir. Etüt hattı 1 ve 2 için yapılan limit denge analizlerindeki kayma mekanizmasının benzer olması aynı doğrultuda gelişmiş iki çatlak sisteminin birbiriyle bağlantı olduğunu ispatlamaktadır. 1 ve 2 nolu etüt hatlarında oluşan kayma yüzeyleri dairesel ve birleşik kayma şeklinindedir. Hatların geneli incelendiğinde yenilmenin dairesel yüzeylerle başlayıp tabana yakın yerden düzlemsel yüzeylerle devam ettiği ve tekrar dairesel yüzeylerle topukta sonlandığı görölmektedir. Sonuç olarak, sahadaki yenilme mekanizmasının birleşik kayma (daireysel+düzlemsel) modeline uyuduğu anlaşılmaktadır.

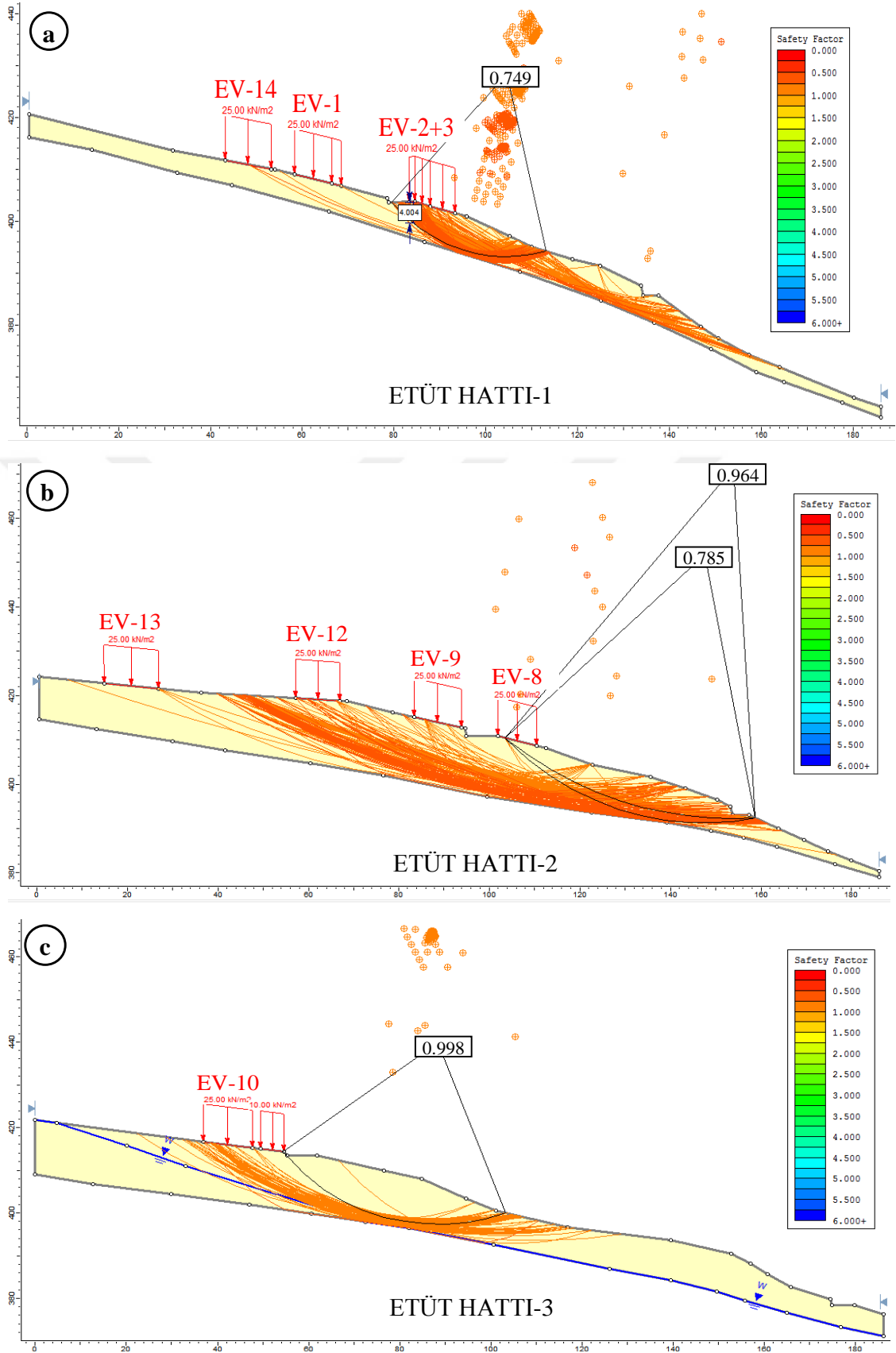
3 nolu etüt hattında gerçekleşen duraysızlık başlangıcı beton yolun daha üst kotlarında meydana gelmiştir. Bu duraysızlığın diğer iki etüt hattıyla bağlantılı olup olmadığı araştırmak amacıyla oluşturulan analiz modelinde kohezyon değeri kohezyon değeri 17,35 kPa ve içsel sürtünme açısı da 10,7° olarak seçilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ise 17,07 kN/m³ olarak alınmıştır. Ayrıca, bu modele YASS ölçümleriyle uyumlu olacak şekilde üst seviyelere yeraltı su tablası da eklenerek, boşluk suyu basıncının kaymaya olan etkisi dikkate alınmıştır. Yapılan limit denge analizleri sonucunda 10 nolu evin sınırındaki beton yoldan başlayıp arazideki mevcut durumla

uyumlu olacak şekilde alt kotlardaki toprak yola kadar ulaşmayan bir adet kayma dairesi elde edilmiştir. Bu kayma yüzeyine ait güvenlik sayısı değeri G_s : 0,998 olarak belirlenmiştir (Şekil 9c). Elde edilen bu sonuç duraylılık analizinin arazideki gerçek durumla birebir uyduğunu ve seçilen kayma dayanımı parametrelerinin sahayı temsil ettiğini göstermektedir. Şekil 9c'deki model üzerinde gösterilen kayma daireleri güvenlik sayısı 1'den küçük olan yüzeyleri göstermektedir. Elde edilen güvenlik sayılarının tamamı 0,9'den büyük yani limit denge durumuna yakındır. Bu sonuçlar, oluşan bu yenilmenin etüt hattı 1 ve 2'de gelişen duraysızlıkla ilişkili olmadığını ve bu alanın diğer etüt hatlarına kıyasla daha duraylı olduğunu göstermektedir. 3 nolu etüt hattındaki kaymanın oluşum mekanizması diğer iki etüt hatlarındaki kayma mekanizmasından farklı olarak daha çok dairesel kayma modeline uyumludur.

“Slide” bilgisayar programı yardımıyla yapılan limit denge analizlerinin sonuçlarını karşılaştırmak için sonlu elemanlar yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaçla, yamaca ait olası duraysızlık problemini belirlemek için FEM-SSR yöntemini uygulayan “Phase²” sonlu elemanlar programı kullanılarak güvenlik sayıları belirlenmiştir. Limit denge analizinde kullanılan model üzerinde sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Deformasyon modülü (E_d) ve Poisson oranı (ν) değerleri sismik çalışmalar yardımıyla elde edilerek modele tanımlanmıştır. Sayısal analizler Mohr-Coulomb yenilme kriterine göre yapılmış olup, limit denge analizlerinde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ve birim hacim ağırlığı değerleri dikkate alınmıştır.



Şekil 8. Etüt hatları boyunca zemin profilindeki değişimi gösteren jeolojik kesitler



Şekil 9. Etüt hatları için yapılan (a-c) limit denge analizi sonuçları

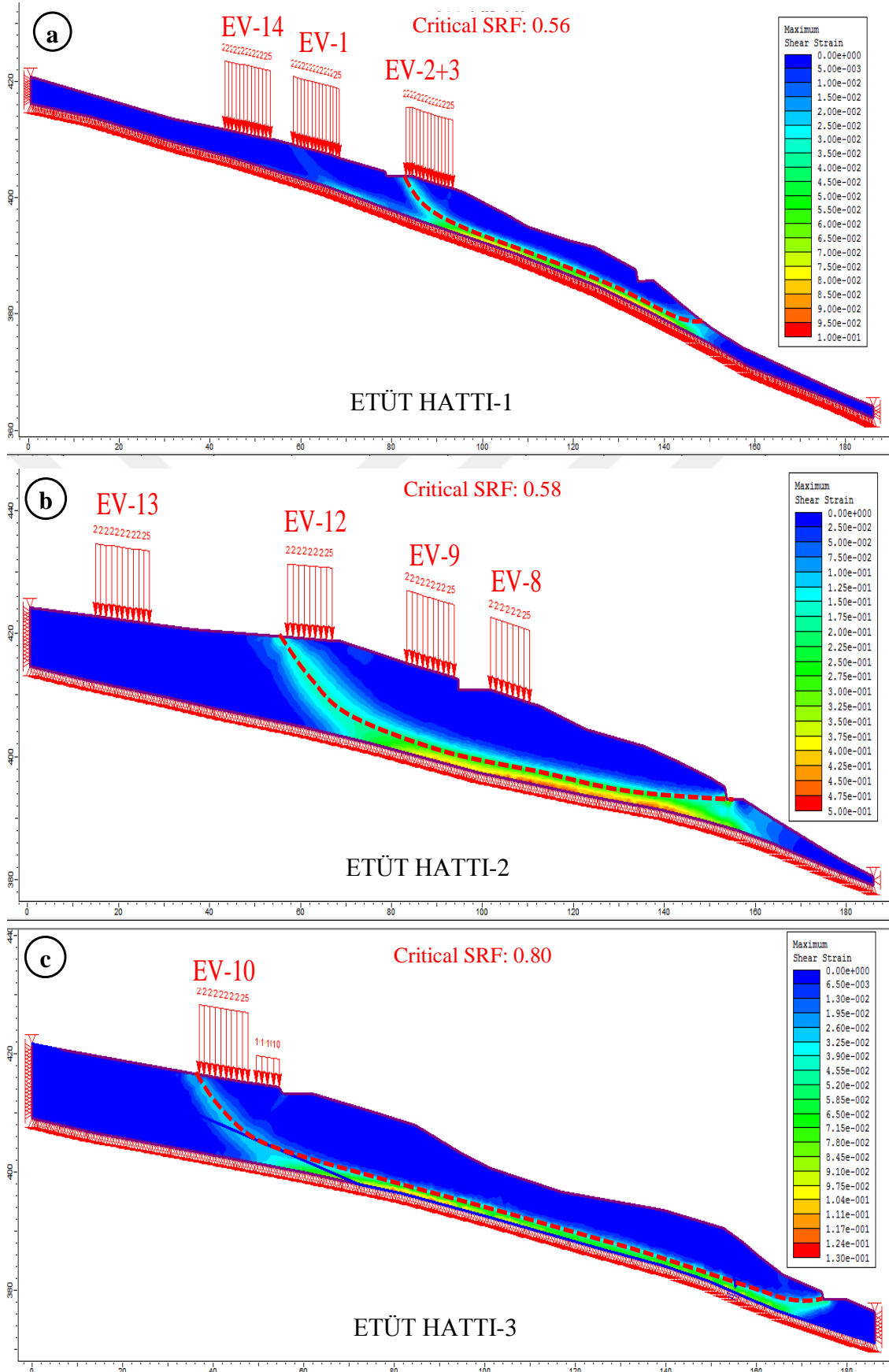
1 nolu etüt hattı için oluşturulan sayısal analiz modelinde deformasyon modülü 1479 kg/cm^2 ve Poisson oranı 0,33 olarak seçilmiştir. Yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin $G_s: 0,56$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 10a). Bu sonuç limit denge analiziyle de uyumlu olarak yamacın duraysız olduğunu göstermektedir. Limit denge analizleriyle belirlenen ve güvenlik sayısı 1'den küçük kayma yüzeylerinin dağılımı FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Yamacın duraysız olduğu kısımlar beton yol ile toprak yolun altında kalan alanları kapsamaktadır (Şekil 10a). Kayma yüzeyi, inklinometre ölçüleriyle tespit edilen sonuçlarla benzer şekilde beton yoldan yaklaşık 4 m. derindeki litolojik dokanak yüzeyine yakın bir yerden geçmektedir. Şekil 10a'daki yeşil ve sarı alanlar gerilmelerin yoğunlaştığı ve kayma potansiyelinin olduğu yüzeyi göstermektedir. Bu sonuç, limit denge analiziyle de benzer olarak sahadaki yenilme mekanizmasının birleşik kayma (daireysel+düzlemsel) modeline uyduğunu göstermektedir.

2 nolu etüt hattı için oluşturulan analiz modelinde deformasyon modülü 397 kg/cm^2 ve Poisson oranı 0,42 olarak seçilmiştir. Yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin $G_s: 0,58$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 10b). Bu sonuç limit denge analizi sonucuyla da benzer olarak yamacın duraysız olduğunu göstermektedir. Limit denge analizleriyle belirlenen ve güvenlik sayısı 1'den küçük kayma yüzeylerinin yayılımları FEM-SSR yöntemiyle belirlenen duraysız alanın içinde kalmaktadır. Yamacın duraysız olduğu kısımlar, 9 ve 12 nolu evleri de içine alan ve litolojik dokanağa yakın bir yerden geçerek alt kottaki toprak yolda sonlanan bir alanı kapsamaktadır (Şekil 10b). Şekil 10b'deki yeşil ve sarı alanlar gerilmelerin yoğunlaştığı ve kayma potansiyelinin olduğu yüzeyi temsil etmektedir. 1 nolu etüt hattı için yapılan analiz sonuçlarıyla benzer şekilde sahadaki yenilme mekanizmasının birleşik kayma (daireysel+düzlemsel) modeline uyduğunu göstermektedir.

Son olarak, 3 nolu etüt hattı için oluşturulan sayısal analiz modelinde deformasyon modülü 841 kg/cm^2 ve Poisson oranı 0,34 olarak seçilmiştir. Yamacın duraylılığı FEM-SSR yöntemiyle incelendiğinde güvenlik sayısı değerinin $G_s: 0,80$ olduğu saptanmıştır (Şekil 10c). FEM-SSR sonuçları, limit denge analiz yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre daha tutucu davranarak kayma riskli alanın boyutlarını alt kottadaki toprak yola kadar ilerletmiştir. Ancak, limit denge analiz yöntemiyle uyumlu

olacak şekilde kaymanın başlangıç kısmını 10 nolu evi de içine alacak şekilde sınırlandırmıştır (Şekil 10c). Şekil 10c'deki yeşil ve sarı alanlar gerilmelerin yoğunlaştığı ve kayma potansiyelinin olduğu yüzeyi temsil etmektedir. 1 ve 2 nolu etüt hatları için yapılan analiz sonuçlarıyla benzer şekilde sahadaki yenilme mekanizmasının birleşik kayma (daireesel+düzlemsel) modeline uyduğu tespit edilmiştir.

Yapılan limit denge ve sayısal duraylılık analizleri sonucunda gerekli önlemler alınmaması halinde yenilmenin gerileyen biçimde devam etme olasılığının olduğu; beton yolun üst kısmındaki 1, 4, 5, 9,10 ve 12 nolu evlerin yüksek derecede; 11, 13, 14, 15 ve 16 nolu evlerin ise orta derecede risk altında olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, yamaçta meydana gelen duraysızlık başlangıcının ileri boyutlara taşınmasını önlemek ve sahayı ıslah etmek için yamacın desteklemesi gereklidir. 1 ve 2 nolu etüt hatları incelendiğinde sahada olması muhtemel kaymaların iki ayrı bölümde gruplaştığı belirlenmiştir. İlk grup kayma daireleri beton yolda başlayıp yamaç yüzeyinde, ikinci grup kayma daireleri ise yamaçta başlayıp toprak yolun alt kısımlarında son bulmaktadır. Yani, bu alanda birbirinden bağımsız iki yenilmenin gerçekleşme olasılığı vardır. 3 nolu etüt hattında ise bu iki analizden farklı olarak tek bir alanda kayma daireleri yığışım yapmıştır.



Şekil 10. Etüt hatları için yapılan (a-c) sayısal analizi sonuçları

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

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

Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Geç Kretase yaşlı volkanotortul kayalar ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozları yüzeyleme vermektedir. Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltlar çalışma alanı içindeki genişçe bir alanda yayılım göstermektedir.

Çalışma alanı, KD yönüne doğru eğimi 20-30° arasında olan bir yamacın üzerindedir. Bu yamacı eski bir heyelanın kayan ve günümüzde dengede olan malzemesi oluşturmaktadır. Bu eski heyelanın ayna bölgesine doğru gidildikçe yamaç eğimi 50°'lere kadar çıkmaktadır.

Çalışma alanı içindeki duraysızlık probleminin gözlendiği ve boyutları şuan için yaklaşık olarak 160x140 m. civarında olana yamaçta eğim yönünde olacak şekilde 3 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 6 adet olmak üzere toplam 150 metrelik sondaj çalışması yapılmıştır. Bu sondajlardan SK-4 ve SK-5 ile gösterilen 1 nolu etüt hattında; SK-1 ve SK-3 ile gösterilenler 2 nolu etüt hattında; SK-2 ve SK-6 ile gösterilenler ise 3 nolu etüt hattında açılmıştır.

Sondaj yapılamayan lokasyonlardaki zemin profilini ortaya çıkarmak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek amacıyla 3 profilde çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi yardımıyla jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde yamaç molozu (çakıllı+killi seviye) kalınlığının 5,0-16,5 m. arasında değiştiği belirlenmiştir.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması'na (USCS) göre yamaç molozunun düşük plastisiteli kil (CL) sınıfında olduğu saptanmıştır.

Araştırma sondajları sırasında örselenmemiş ve örselenmiş zemin numuneleri alınarak çalışmanın amacına uygun olacak şekilde laboratuvarda dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, su muhtevası, birim hacim ağırlık ve kayma dayanımı özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır.

Yapılan kesme kutusu deneyleri sonucunda zemine ait ortalama c_p ve c_r değerleri sırasıyla 20,93 kPa ve 14,50 kPa olarak, ortalama ϕ_p ve ϕ_r değerleri ise sırasıyla $14,50^\circ$ ve $10,70^\circ$ olarak tespit edilmiştir. Ortalama likit limitin % 44,5, plastik limitin % 21,7, su muhtevasının % 36,1 ve doğal birim hacim ağırlığının $17,07 \text{ kN/m}^3$ olduğu belirlenmiştir.

Açılan 25 m. derinliğindeki araştırma sondajlarından yalnızca SK-2 nolu kuyuda yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Yapılan YASS ölçümlerine göre yeraltı su tablasının bu kuyuda yüzeyden 11,00 m. derinlikte olduğu belirlenmiştir.

Kaymanın yönünü ve hızını saptamak için açılan SK-4 ve SK-5 nolu temel sondaj kuyularına inklinometre borusu (\varnothing : 70 mm.) yerleştirilerek okumalar yapılmıştır. Yapılan inklinometre okumalarına göre kaymanın yüzeyden 4 m derinlikte ve ölçüm süresindeki kaymanın 0,09 mm/gün hızında KD yönüne doğru olduğu belirlenmiştir. Varnes (1978) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre "Son derece yavaş hızlı" heyelan sınıfında olduğu saptanmıştır.

Yerleşim alanındaki 3 etüt hattı boyunca yapılan 6 adet jeoteknik araştırma sondajı ve 3 adet jeofizik çalışması neticesinde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek durayılık analizlerinde kullanılacak 3 adet jeolojik model hazırlanmıştır.

Çalışma alanındaki yamaçların duraylılığını araştırmak için 3 etüt hattında Janbu yöntemi kullanılarak Limit Denge ve FEM-SSR yöntemi kullanılarak sayısal analizler yapılmıştır. Yapılan duraylılık analizlerinde artık kayma dayanımı parametreleri kullanıldığından kabul edilen güvenlik sayısı $G_s: 1$ olarak seçilmiş ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Yapılan duraylılık analizlerinde güvenlik sayısı değerlerinin limit denge durumu için kabul edilen $G_s: 1$ değerinden oldukça küçük olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçları, duraysızlık sorununun gerileyen şekilde devam etme riski taşıdığını ve yamacın dengede olmadığını göstermektedir.

Duraysızlığın oluşum mekanizması inklinometre ölçümlerine göre 2 nolu etüt hattı için dairesel kaymaya yakın türde olduğu, stabilite analizlerine göre ise bu hattaki tüm duraysız alanlar değerlendirildiğinde birleşik kayma modeline uygun olduğu görülmektedir. Benzer oluşum mekanizmasının birbirine yakın 1 ve 3 nolu etüt hatları için de geçerli olduğu söylenebilir.

08 Şubat 2016 tarihinde meydana gelen yenilmenin ana kaynağı fosil heyelanlı sahadaki yapılaşmaya bağlı zemine aktarılan ek yükler, yağış sularının yeraltına sızarak zeminin birim hacim ağırlığının artması ve kayma dayanımı parametrelerinin azalması, doğal bitki örtüsünün değiştirilmesi ve yamaç topuğuna yakın bir alanda desteksiz yol kazısının yapılmış olmasıdır. Tüm bu iç ve dış nedenler yavaş akma sürecini hızlandırarak hızlı akmaya çevirmiş ve sonuç olarak mevcut yenilme başlangıcı meydana gelmiştir.

Yamaçta meydana gelen duraysızlık sorunu şu an için yavaşlamış olsa da sonraki dönemlerde ileri boyutlara ulaşmaması için ıslah edilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Kazıklı destekleme yönteminin uygulanması durumunda kazıkların ana kaya içine incek şekilde soketlenmesi gerekmektedir. Demir donatılı kazıkların yeraltı suyunun akışını engellememesi için yamacın doğrultusu boyunca birer boşluk bırakarak imal edilmesi ve imalat sonrasında yanıl toprak basıncıyla deforme olmaması için başlık kirişi ile sabitlenmesi gereklidir. Sahada uygulanacak fore kazık tipinin seçimine, sayısının ve sıra adedinin belirlenmesine hazırlanacak fore kazık projesi ile karar verilmelidir.

KAYNAKLAR

- 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.
- Akgün, A., Sezer, E.A., Nefeslioğlu, H.A., Gökçeoğlu, C. and Pradhan, B., 2012.** An easy-to-use MATLAB program (MamLand) for the assessment of landslide susceptibility using a Mamdani fuzzy algorithm. *Computers and Geosciences*, 38, 1, 23-34.
- 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. and Bulut, F., 2007.** GIS-based landslide susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, North Turkey) Region. *Environmental Geology*, 51, 1377-1387.
- Alemdağ, S., Kaya, A., Karadağ, M., Gürocak, Z. and Bulut, F., 2015.** Utilization of the limit equilibrium and finite element methods for the stability analysis of the slope debris: an example of the Kalebasi district (NE Turkey). *Journal of African Earth Science*, 106, 134-146.
- Alemdağ, S., Akgün, A., Kaya, A. and Gökçeoğlu C., 2014.** A large and rapid planar failure: causes, mechanism and consequences (Mordut, Gumushane, Turkey). *Arabian Journal of Geoscience*, 7, 3, 1205-1221.
- Althuwaynee, O.F., Pradhan, B. and Lee S., 2012.** Application of an evidential belief function model in landslide susceptibility mapping. *Computers and Geosciences*, 44, 120-135.
- ASTM, 2017.** Standard test method for consolidated undrained direct simple shear testing of fine grain soils. American Society for Testing and Materials International, ASTM D6528-17, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2009.** Standard test methods for laboratory determination of density (unit weight) of soil specimens. American Society for Testing and Materials International, ASTM D7263-09, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2007.** Standard test method for particle-size analysis of soils. American Society for Testing and Materials International, ASTM D422, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2006.** Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). American Society for Testing and Materials International, ASTM D2487, West Conshohocken, USA.

- ASTM, 2005.** Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. American Society for Testing and Materials International, ASTM D4318, West Conshohocken, USA.
- Avşar, O., Akgun, H. and Kockar, M.K., 2014.** Investigation of the failure mechanism and stabilization of a landslide in weathered tuffite, Giresun, northeastern Turkey. *Environmental Earth Science*, 72, 3723-3740.
- Ayalew, L., Yamagishi, H. and Ugawa, N., 2004.** Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano river, Niigata prefecture, Japan. *Landslides*, 1, 73-81.
- 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. and Ataoğlu, E., 2000.** Reliability of landslide isopleth maps. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 2, 95-98.
- 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.
- Castellanos, Abella, E.A. and Van Westen C.J., 2007.** Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. *Landslides*, 4, 311-325.
- 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.
- Dağ, S., 2007.** Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 227 s.
- Demir, G., 2004.** Heyelanlar ve Rize Yöresine Ait Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 125 s.
- Ercanoğlu, M. and Gökçeoğlu, C., 2002.** Assessment of landslide susceptibility for a landslide-prone area (North of Yenice, NW Turkey) by fuzzy approach. *Environmental Geology*, 41, 720-730.
- Gürocak, Z., Alemdağ, S. and Zaman, M., 2008.** Rock slope stability and excavatability assessment of rocks at the Kapıkaya dam site eastern Turkey. *Engineering Geology*, 96, 1-2, 17-27.

- Gökçeoğlu, C. and Aksoy, H., 1996.** Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques. *Engineering Geology*, 44, 147-161.
- Güven, İ.H., 1993.** Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu. MTA, Ankara.
- 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.
- Kahatadeniya, K.S., Nanakorn, P. and Neaupane, K.M., 2009.** Determination of the critical failure surface for slope stability analysis using antcolony optimization. *Engineering Geology*, 108, 133-141.
- 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 Coğrafî 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.
- Kaya, A., Akgün, A., Karaman, K. and Bulut, F., 2015.** Understanding the mechanism of a slope failure on nearby a highway tunnel route by different slope stability analysis methods: a case from NE Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 3, 945-958.
- 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.
- Kıncal, C., Akgün, A. and Koca, M.Y., 2009.** Landslide susceptibility assessment in the Izmir (West Anatolia, Turkey) city center and its near vicinity by the logistic regression method. *Environmental Earth Sciences*, 59, 745-756.

- Lee, S., 2005.** Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 7, 1477-1491.
- Liu, F. and Zhao, J., 2013.** Limit analysis of slope stability by rigid finite element method and linear programming considering rotational failure. *International Journal of Geomechanics*, 13, 6, 827-839.
- 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.
- Midilli, Ü.M., 2018.** Köprülü (Merkez-Rize) Köyü Yerleşim Alanındaki Yamaç Duraysızlığının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 97 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. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 1/500.00 Ölçekli Trabzon Paftası.
- NACS, 1983.** The American association of petroleum geologists bulletin. North American Commission on Stratigraphy, 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.
- Nefeslioğlu, H.A., Gökçeoğlu, C. and Sönmez, H., 2008.** An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. *Engineering Geology*, 97, 171-191.
- Ösna, T., Sezer, E.A. and Akgün, A., 2014.** GEOFIS: an integrated tool for the assessment of landslide susceptibility. *Computers and Geosciences*, 66, 20-30.
- Pradhan, B., Sezer, E.A., Gökçeoğlu, C. and Buchroithner, M.F., 2010.** Landslide susceptibility mapping by neuro-fuzzy approach in a landslide prone area (Cameron Highland, Malaysia). *IEEE Transactions on Geosciences Remote Sensing*, 48, 12, 4164-4177.

- Reichenbacha, P., Rossia, M., Malamudb, B.D., Mihirb, M. and Guzzettia, F., 2018.** A review of statistically-based landslide susceptibility models. *Earth-Science Reviews*, 180, 60-91.
- Rocscience Inc., 2017.** Slide v9.0, 2D limit equilibrium slope stability analysis, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience Inc., 2016.** RS² v9.0 finite element analysis for excavations and slopes. Toronto, Ontario, Canada.
- Romer, C. and Ferentinou, M., 2016.** Shallow landslide susceptibility assessment in a semiarid environment—A Quaternary catchment of KwaZulu-Natal, South Africa. *Engineering Geology*, 201, 29-44.
- Samia, J., Temme, A., Bregt, A., Wallinga, J., Guzzetti, F., Ardizzone, F. and Rossi M., 2017.** Characterization and quantification of path dependency in landslide susceptibility. *Geomorphology*, 292, 16-24.
- Sezer, E.A., Pradhan, B. and Gökçeoğlu C., 2011.** Manifestation of an adaptive neuro-fuzzy model on landslide susceptibility mapping: Klang valley, Malaysia. *Expert Systems and Applications*, 38, 7, 8208-8219.
- 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.
- Yeşilnacar, E. and Topal, T., 2005.** Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey). *Engineering Geology*, 79, 251-266.
- Yılmaz, B.S., 1995.** Doğu Karadeniz Bölgesi heyelanlarının genel özellikleri, nedenleri ve önlenme yolları. MTA. Raporu, Ankara.

EKLER

EK-1. Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a, b, c) Beton yolda gelişmiş çatlaklar ve yıkılan 3 nolu ev



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a, b, c) Beton yolda gelişmiş çatlaklar ve hasarlı evler



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a) Hasarlı 8 nolu ev ve (b) 4 nolu evin altındaki taş duvarda gelişen çatlak



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a, b) Beton yolda gelişmiş çatlaklar, oturmalar ve hasarlı evler



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a) Beton yolda meydana gelmiş çatlaklar ve (b) 5 nolu evin merdiven duvarında oluşmuş ayrılmalar



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

Beton yolun eğim yukarısında gelişmiş küçük ölçekli çatlaklar



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

Beton yolun eğim yukarısında gelişmiş çatlak boyunca makaslanma



EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

Alt kotlardaki toprak yolda verevine gelişmiş çatlak

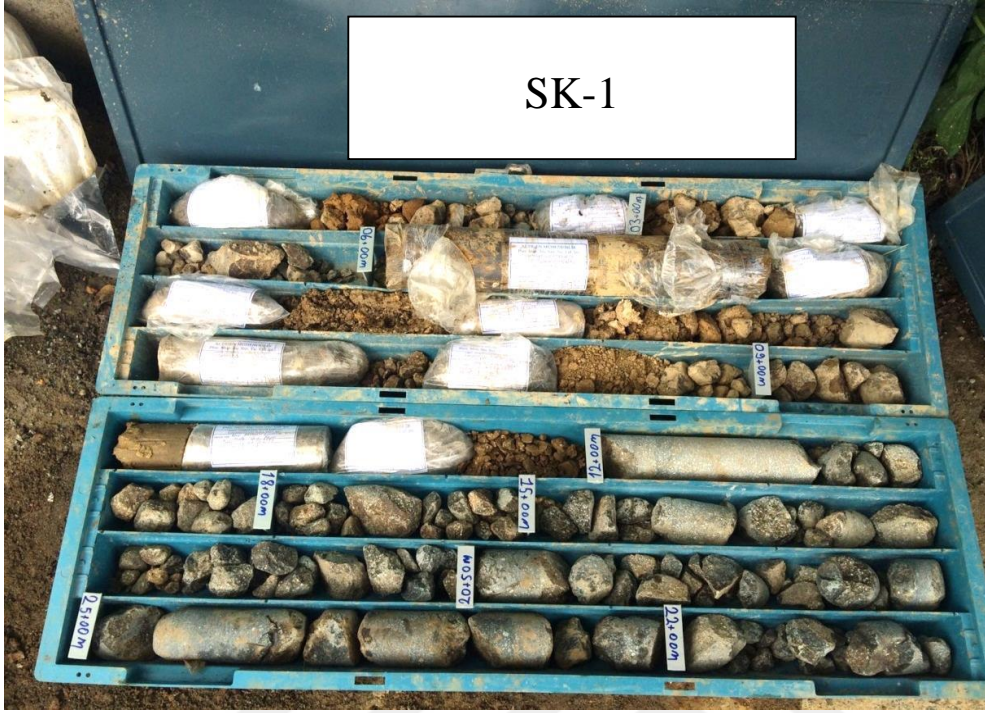


EK-1 (Devam). Yapılarda meydana gelen deformasyonlar

(a, b) Paleo heyelanlı yamaçtaki düşeyden sapmış ağaçlar



EK-2. Karot sandığı fotoğrafları



EK-2 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-2 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-3. Sondaj loğları

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1															
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LİD. ŞTİ. Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786				Sondör	Murat Meral															
				Sondaj No	SK-1															
PROJE ADI		GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ																		
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y	423201															
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4559741															
SONDAJ KOTU		418.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	15.6.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	18.6.2017															
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		NUMUNE	U	UD	SPT	KN												
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		Rotary D-500		TOPLAM (Adet)																
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER											JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	RQD %
				SPT DENEYİ																
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ					Pr. VST Per m.							
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		30 cm için	10	20	30	40		50						
1				2	3	2	5													
2				2	3	1	4													
3				6	6	2	8													
4				13	5	4	9													
5				3	4	3	7													
6				10	12	19	31													
7				12	15	21	36													
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
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																

EK-3 (Devam). Sondaj loğları

ALTIGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1														
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamemetoğlu Plaza No:6/6 RİZE Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786				Sondör	Murat Meral														
				Sondaj No	SK-2														
PROJE ADI				GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYELAN ÖNLEME PROJESİ															
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y		423244													
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X		4559723													
SONDAJ KOTU		411.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		19.6.2017													
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ		21.6.2017													
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 GRAFİĞİ					Pr. VST Per m							
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20		30	40	50										
1			3	2	2	4								Yamaç Molozu (Çakıllı-bloklu seviye)					
2			2	1	2	3													
3			2	1	2	3													
4			4	3	5	8													
5			4	3	5	8													
6			5	8	8	16													
7			6	9	7	16													
8			6	9	7	16													
9			3	2	3	5													
10			3	2	3	5													
11	YSS		5	4	5	9								Yamaç Molozu (Killi-siltli seviye)					
12			4	7	2	9													
13																			
14														Ayrılmış bol kırıklı çatlaklı bazalt, araseviye bordo renkli mam ve yeşilimsi tüfit					
15																W3	10-20	15	5
16																W3	10-20	20	10
17																W2	10-20	30	15
18																W2	10-20	35	215
19																W2	10-20	35	215
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													


EK-3 (Devam). Sondaj loğları

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1																
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786				Sondör	Murat Meral																
				Sondaj No	SK-3																
PROJE ADI		GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYLEN ÖNLEME PROJESİ																			
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y	423265																
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4559769																
SONDAJ KOTU		405.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	22.6.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	25.6.2017																
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	10	20	30	40								50
				DARBE SAYISI		N	30 cm için														
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																			
1				2	1	1	2														
2				2	2	2	4														
3				3	1	2	3														
4				4	3	4	7														
5				5	6	5	11														
6				18	34	50/9	*														
7				15	19	26	45														
8				18	15	21	36														
9				13	7	5	12														
10																					
11																					
12																					
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															

EK-3 (Devam). Sondaj loğları

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.				Sondaj No	SK-4																
Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE																					
Tel: 0 464 2147409		Fax: 0 464 2172786																			
PROJE ADI				GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYELEN ÖNLEME PROJESİ																	
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y	423225																
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4559809																
SONDAJ KOTU		403.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	26.6.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	30.6.2017																
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					N	SPT GRAFİĞİ											
				DARBE SAYISI						10	20	30	40								50
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için																		
1																					
2				2	2	2	4														
3				3	2	1	3														
4				1	1	2	3														
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
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															

EK-3 (Devam). Sondaj loğları

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1															
		PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ÖRG. SAN. ve TİC. LİD. Şİİ. Yeniköy Mah. Tefvik İleri Cad. Karamehmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786		Sondör	Murat Meral															
				Sondaj No	SK-5															
PROJE ADI		GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYLEN ÖNLEME PROJESİ																		
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y	423255															
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4559856															
SONDAJ KOTU		390.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	1.7.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BİTİŞ TARİHİ	4.7.2017															
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 kırık	10	20	30	40		50							
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SIKLIK / (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														

EK-3 (Devam). Sondaj loğları

ALTİGEN SONDAJ		SONDAJ LOGU		Sayfa	1														
PLAN. MÜH. MİM İNŞ. TAN. ORG. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. Yeniköy Mah. Tevfik İleri Cad. Karamahmetoğlu Plaza No:6/6 RİZE Tel: 0 464 2147409 Fax: 0 464 2172786				Sondör	Murat Meral														
				Sondaj No	SK-6														
PROJE ADI		GÜNDOĞAN KÖYÜ HEYELEN ÖNLEME PROJESİ																	
SONDAJ YERİ		Gündoğan Köyü Ardeşen/RİZE		KOORDİNAT Y	423363														
SONDAJ DERİNLİĞİ		25.00 m		KOORDİNAT X	4559740														
SONDAJ KOTU		380.00 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ	5.7.2017														
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		25.00 m		BITİŞ TARİHİ	8.7.2017														
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 GRAFİĞİ					Pr. VST Per m.								
0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10		20	30	40	50										
1														Yamaç Molozu (Çakıllı-bloklu seviye)					
2			2	1	1	2								Yamaç Molozu (Killi siltli seviye)					
3			1	2	3	5													
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
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															

ÖZGEÇMİŞ

Cem DEMİRBAŞ, 16/06/1989 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlköğrenimine 2001 yılına kadar Giresun Kanuni İlköğretim Okulu'nda devam edip 2003 yılında Trabzon Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Ortaöğrenimini 2006 yılında Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 01/09/2008 yılında başladığı lisans öncesi İngilizce hazırlık programını ve lisans eğitimini 27/06/2014 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 17/08/2016 tarihinde başladığı Avrasya Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 27/06/2018 tarihinde mezun oldu. 26/08/2014 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.