



## Boru Hatlarında Meydana Gelen Heyelan Olaylarında Jeoteknik Etütler ve Mühendislik Jeolojisi Yaklaşımları

### Geotechnical Investigations and Geological Engineering Approaches in Landsliding on Pipelines

Mustafa Can CANOĞLU\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Osmaniye Köyü, Nasuhbaşoğlu Mevkii,  
57000, Sinop, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 01/08/2017

Kabul/Accepted: 30/01/2018

Son Versiyon/Final Version: 29/01/2018

#### Öz

Türkiye jeopolitik konumundan dolayı birçok enerji nakil hatlarına ve değişik amaçlı boru hattı ağına sahiptir. Özellikle son yıllarda Avrupa'daki enerji arzı sebebiyle Türkiye'den geçen birçok doğalgaz boru hattı projelendirilmekte ve inşa edilmektedir. Ancak, projelendirme aşamasında öngörülemeyen bazı sorunlar inşa aşaması tamamlandıktan sonra ortaya çıkabilmekte, bazı durumlarda can ve mal güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir. Bu nedenle, inşa aşaması tamamlanan boru hattı projelerinde rutin kontrollerin gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, bir doğalgaz boru hattı üzerinde meydana gelmiş olan bir heyelan incelenmiş ve mühendislik çözümleri önerilmiştir. Bu bağlamda, arazi çalışmaları, ofis çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında, sondaj kuyuları ve araştırma çukurları açılmıştır. Sondaj kuyularından alınan sondaj karotları ve açılan araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler laboratuvar çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, ofis çalışmaları ile değerlendirilmiş ve konuyla ilgili mühendislik yaklaşımları ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda, boru hattı üzerinde meydana gelen heyelanın gelen aşırı yağışlarla tetiklendiği, heyelanın gerçekleştiği rezidüel malzeme kalınlığının çok az olduğu ve proje ile ilgili can ve mal güvenliğini tehlikeye düşürecek herhangi bir durumun bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“Doğalgaz boru hattı; heyelan; Jeoteknik etüt; Mühendislik jeolojisi”

#### Abstract

Turkey has many powerlines and various pipeline network due to its geopolitical position. Especially in recent years, many natural gas pipelines are projected and constructed in Turkey because of the rising need of energy supply in Europe. However, some problems which cannot be predicted during projecting stage can be occurred after the completion of construction stage and can jeopardize the safety of life and property. For this reason, rutin technical checking are crucial for the completed pipeline projects. In this study, a landslide occurred on a natural gas pipeline is investigated and engineering solutions are suggested. In this regard, field studies, office studies and laboratory studies are performed. Within the context of field studies, boreholes are drilled and test pits are excavated. Core samples obtained from the boreholes and soil samples handled from the test pits are subjected to laboratory tests. The results of laboratory tests are evaluated with the office studies and engineering approaches are fulfilled. With this study it is deduced that, the landsliding is triggered with excessive rainfall, the thickness of residual material is very shallow, and it does not exist any risk of jeopardize the safety of life and property about the project.

#### Key Words

“Natural gas pipeline; Landslide, Geotechnical investigations; engineering geology”

\* [mccanoglu@sinop.edu.tr](mailto:mccanoglu@sinop.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden geçen doğu- batı ve kuzey-güney eksenli birçok boru hattı bulunmaktadır. Bu boru hatları genel olarak içme suyu, tarımsal sulama suyu, ham petrol ve doğalgaz gibi kritik akışkanların daha kolay ve daha ucuza taşınabilmesi amacıyla inşa edilmektedir. Karadoğan (2010)'a göre tüm bu farklı tipteki boru hatlarına ek olarak hidroelektrik tesislerin basınçlı boruları ve cevher taşımakta kullanılan hatlarla proses hatlarının da eklenmesi önem arz etmektedir. Tüm bu boru hatlarının etkin kullanımı başta planlama ve projelendirme olmak üzere, inşa, üretim ve işletme aşamalarını kapsayan mühendislik süreçlerinden oluşmaktadır.

Bir akışkanın boru hattı ile taşınmasının en önemli avantajı ekonomik olması ve taşıma maliyetlerinin akaryakıt maliyetlerinden bağımsız ve sabit olması olarak değerlendirilebilir. Bunun dışında, otomatize boru hatlarıyla akışkan taşınması işletme kolaylığını da beraberinde getirmektedir. Ayrıca, son yıllarda mühendislik tasarımlarında önemle dikkate alınan bir diğer konu da terör eylemleri ve sabotajlara karşı alınan güvenlik önlemleridir. Özellikle yanıcı ve parlayıcı akışkanların taşınmasında gömülü hatlar sabotajlara karşı daha güvenli bir taşıma yöntemidir ve günlük yaşamı aksatacak negatif etkileri barındırmaz ve de çevreyi rahatsız etmez. Boru hatlarının transportasyon mühendisliğindeki önemli avantajlarından birisi de mevcut trafik yüküne ek yük bindirmemesidir. Ayrıca, tankerlerin boşaltımdan sonra tekrar yüklenmesi için dolmuş tesisine giderken gerçekleştirdiği boş seyahatinde oluşan israf boru hatlarında olmaz. Tüm bunlarla beraber, "kaza/ton x km" oranının az olması kaza riskinin az olmasına işaret etmekte olup, bu durum, boru hatlarıyla taşınmanın en önemli üstünlüğünü oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bir akışkanın bir tonunun boru hattıyla 1km taşınmasındaki kaza oranı konvansiyonel taşımaya göre %90 daha az olduğu gerçekleştirilen istatistiksel çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Tandoğan, 2003). Takala (2002)'nin çalışmasına göre rekabetçi iş gücünün artması ölümlü iş kazalarını da arttırmaktadır. Bu bağlamda Avşaroğlu (2011), çalışmasında boru hatlarındaki iş güvenliği riskini analiz etmiş ve boru hattıyla taşınmanın konvansiyonel yöntemlere oranla daha güvenli olduğunu teyit etmiştir.

Boru hattıyla akışkan taşınmasının en önemli dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin çok yüksek olması ve az miktarda taşınacak akışkanlar için rantabilite sağlanamamasıdır. Bunların dışında, boş hattın dolumu, yer yer gözlenen tıkanma sorunlar, kayıp kaçak problemleri de boru hatlarının tercih edilmemesine etken olabilmektedir. Bunların dışında, boru hattı inşası sırasında özellikle dere ve ormanlık alan geçişlerinde çevreye verilen zararlar birçok endemik türü riske atmaktadır. Ayrıca, kazı çalışmaları ve çıkan rezidüel malzemenin uygun bir şekilde serilip kompakte edilmemesi şev destabilizasyonuna ve heyelanlara neden olabilmektedir.

Şev stabilitesi ve heyelan çalışmaları son yıllarda bir çok araştırmacı tarafından detaylı bir şekilde ele alınmıştır (ör: Hutchinson, 1995; Leroi, 1996; Van Westen et al., 1997; Aleotti and Chowdhury, 1999; Guzzetti et al., 2000; Carrara et al., 2003, Ercanoğlu, 2005; Ray et al., 2010; Süzen and Kaya, 2012; Yılmaz et al., 2012; Canoğlu, 2015; Canoğlu 2017). Bazı araştırmacılar heyelanların su etkilerinin ve toprağın doygunluk karakteristiklerinin yanısıra tektonik bileşenlerin ve yapısal jeoloji unsurlarının da heyelan oluşumunda etkili olabileceğini vurgulamışlardır (ör: Koçyiğit ve Canoğlu, 2017; Canoğlu, 2017). Bazı çalışmalarda ise su yapıları gibi suyla çalışan sistemlerde, duraylı bir şevin yapının inşasından sonra duraysız hale gelebileceği belirtilmiştir. (Canoğlu ve Kurtuluş, 2017a; Canoğlu ve Kurtuluş, 2017b). Ayrıca, Canoğlu ve Kurtuluş (2016)'nın çalışmasında çeşitli inşaatlarda doğru kullanılmayan doğal yapı malzemelerinin duraysız hale gelebileceği belirtilmiştir.

Bu çalışma, tamamlanmış ve faaliyette olan uluslararası bir doğalgaz boru hattı üzerinde gerçekleşmiş olan bir heyelanın jeolojik ve jeoteknik koşullarının incelenmesini kapsamaktadır. Çalışma için öncelikle, inceleme alanı ve çevresinde DSİ ve MTA gibi devlet kurumları tarafından daha önce yapılmış jeolojik etüt ve araştırmalar incelenerek çalışma alanının jeolojik durumu hakkında ön bilgi edinilmiştir. Proje alanı ile ilgili jeolojik makaleler incelenmiş, inceleme alanı ve çevresinde yer alan formasyonlar izlenerek dokanakları mevcut haritalar yardımıyla belirlenmiştir. Arazi gözlemleri ile elde edilen bilgiler ile önceki çalışmaların bilgileri birleştirilerek proje alanı ve çevresinin jeolojik durumu belirlenmiştir. Daha sonra, çalışma kapsamında arazi çalışmaları, ofis çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında, sondaj kuyuları ve araştırma çukurları açılmıştır. Sondaj kuyularından alınan sondaj karotları ve açılan araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler laboratuvar çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, ofis çalışmaları ile değerlendirilmiş ve konuyla ilgili mühendislik yaklaşımları ortaya koyulmuştur.

## 2. PROJE ALANININ YERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden geçen doğu- batı ve kuzey-güney eksenli birçok boru hattı bulunmaktadır. Bu boru hatları genel olarak içme suyu, tarımsal sulama suyu, ham petrol ve doğalgaz gibi kritik akışkanların daha kolay ve daha ucuza taşınabilmesi amacıyla inşa edilmektedir. Karadoğan (2010)'a göre tüm bu farklı tipteki boru hatlarına ek olarak hidroelektrik tesislerin basınçlı boruları ve cevher taşımakta kullanılan hatlarla proses hatlarının da eklenmesi önem arz etmektedir. Tüm bu boru hatlarının etkin kullanımı başta planlama ve projelendirme olmak üzere, inşa, üretim ve işletme aşamalarını kapsayan mühendislik süreçlerinden oluşmaktadır.

Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi'nde, Ordu ili, Merkez ilçe sınırları içerisinde yer almakta olup Bayadı Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı Ordu İli şehir merkezine uzaklığı asfalt yol ile yaklaşık 12 km'dir.





Şekil 3. Heyelanın topuk bölgesi yakınlarında gerçekleştirilen sondaj çalışması

### 3. PROJE ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Çalışma alanı ve çevresinin genel jeolojik bilgileri ve jeoteknik özellikleri, birimlerin birbiriyle ilişkilerinin açıklanmasında bölgede daha önce yapılmış çalışmalar baz alınmış ve bu bilgiler ile arazi etütleri bütünleştirilerek inceleme alanı ve çevresinin stratigrafik jeolojisi, yapısal jeolojisi ve deprem durumu aydınlatılmıştır.

Karadeniz Bölgesi'nde Ordu'nun güneyinde yer alan proje alanı ve çevresinde Mesozoyik ve Senozoyik üst sistemlerindeki jeolojik birimler yer almaktadır.

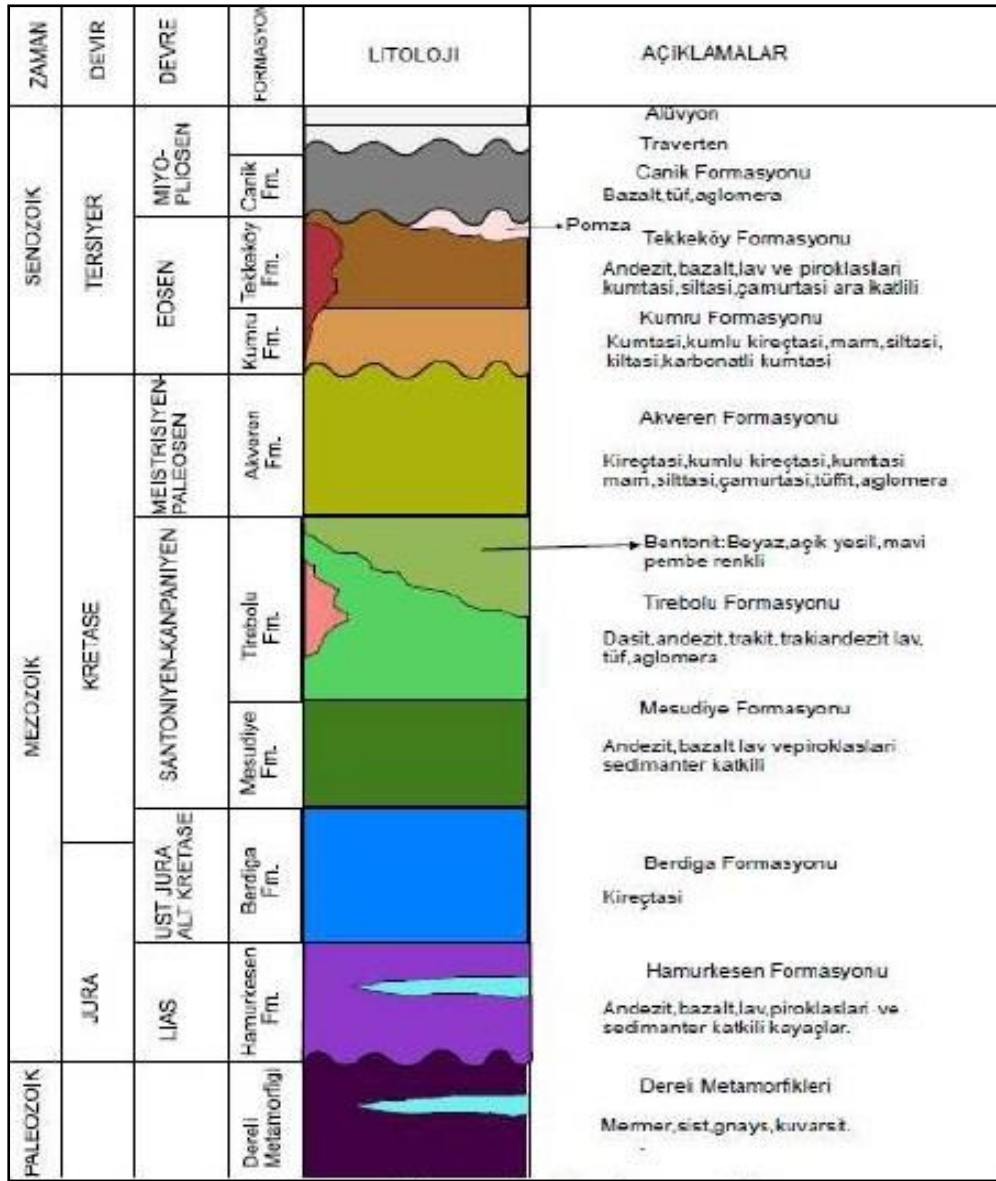
Çalışma alanının bulunduğu Karadeniz Bölgesi Pontid Dağ Oluşumu Kuşağı ile şekillenmiştir. Buna karşılık Doğu Pontitler, yaşları Jura-Eosen arasında değişen volkaniklerden oluşmuşlardır. Bu birimler, Karadeniz'de çökelen sedimanter birimleri oluşturur. Karadeniz'in apik araziye sahip olması coğrafi olarak çok yağış almasına ve nehirlerin Karadeniz'e sediman taşımalarını sağlamaktadır.

Bu kıvrıntılar kanyonlar yoluyla derin kesimlere; kıyı boyu akıntıları ile de kıyıya paralel olarak uzanırlar (Çağatay et al., 1987). Bölge stratigrafik olarak Üst Kretase Volkanik Seri ile kısmen de Üst Kretase Sedimanter Serisi ile temsil edilir. Üst Kretase Volkanikleri; andezit, bazalt, tüfit ve aglomera oluşumludur.

Sedimanter seri ise; az tabakalı masif kireçtaşı ve yer yer türbidit sekanslarından oluşan, filiş fasiyesi görünümündedir. Filişler, çoğunlukla kıltaşı-kumtaşı-konglomera ardalanmalıdır. Alüvyon şeridi Kuvaterner yaşlı, az çakıllı, siltli denizel kum niteliğindedir. Bunlar, Karadeniz kıyı şeridi boyunca uzanır. İnceleme alanı Doğu Pontit tektonik birliği içerisinde yer alır. Bu bölgede yüzeylenen volkanik ve tortul birimler, Alt-Orta Alpin Orojenik fazlarının etkisinde kalmış ve bugünkü yapısal

konumlarını kazanmışlardır. Magmatik faaliyetler, diskordansla, kıvrımlar, fay ve çatlaklar bu orojenik fazlara bağlı olarak oluşmuşlardır.

Çalışma alanı ve çevresinde yer alan kaya birimleri Kretase'den Eosen'e kadar olan zaman aralığındadır (şekil 4). İnceleme alanı ve çevresinde altta, Kretase yaşlı Tirebolu Formasyonu'na ait volkanik birimler bulunmaktadır. Bu birimlerin üzerinde ise yer yer Kuvaterner birimleri Alüvyon (Qal) ve Yamaç Molozu (Qym) uyumsuz olarak yer almaktadır.



Şekil 4. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz)

### 3.1. Tirebolu Formasyonu (Kt)

Çalışma alanında ve çevresinde yüzeylenen tipik litoloji Tirebolu Formasyonu'dur. İnceleme alanında bulunan birimler düzenli ve ince- orta tabakalı, bej- grimsi yeşil, orta sert, çoğunlukla masif tabakalardan oluşmaktadır. Dasit tabakaların etkin olduğu yerlerde topoğrafyayı dik yamaçlar oluşturmaktadır.

Tirebolu Formasyonu Kampaniyen yaşlı ve geniş bir alana yayılmış vaziyettedir. Formasyon içerisinde andezit, trakit, trakiandezit, aglomera, tüf birimleri yer almaktadır. Kuzeydeki alçak kısımlarında aglomera birimi yer almaktadır. (Keskin vd., 1998) Tirebolu Formasyonu altında Mesudiye Formasyonunun bazaltik andezit, lav ve proklastları ile kumtaşı, mikritik kireçtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, tüf, tüfit tabakaları bulunmaktadır.

Trakiandezit, andezit, riyodasit, dasit-riyodasitik tüf-breş, bentonitleşmiş dasitik tüf, bentonitlerden oluşan birime Tirebolu Formasyonu adı verilmiştir. (Keskin vd. 1998).

### 3.2. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanına konu olan yamacın hemen topuğundan itibaren Melet Irmağı'na ait alüvyon birimler bulunmaktadır. Nehir yatağında eğime bağlı olarak birikmiş olan çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzeme biriktiği gözlenmiştir. Saha gözlemleri sırasında gerçekleştirilen çalışmalarda ve Planson İmar Planlama Sondajcılık Enerji Jeoteknik İnşaat Taahhüt Mühendislik Mimarlık Ltd. Şti. tarafından gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında bu malzemenin 1.5 – 2 m kalınlığa kadar ulaştığı belirlenmiştir (şekil 5).



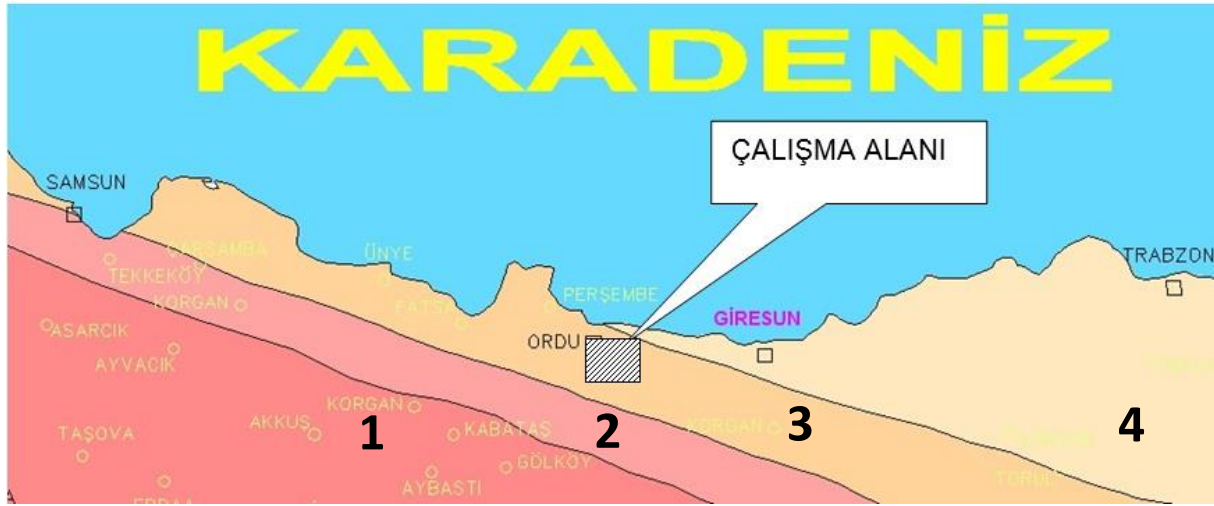
Şekil 5. Gerçekleştirilen sondaj çalışmalarının karot fotoğrafı

### 3.3. Yamaç molozu (Qym)

Yamaç eteklerinde ana kayanın ayrışması sonucu oluşmuş ağırlıklı olarak çakıl ve kil boyutunda malzemenin oluştuğu yamaç molozunun çalışma alanının yakın çevresinde bulunduğu söylenebilir. Bu malzemenin 0.5 -1.5 metre kalınlığa sahip olabileceği gerçekleştirilen saha çalışmalarında gözlenmiştir. Ancak çalışma alanının yakın çevresinde bulunan yamaç molozunun çalışmaya konu olan şev stabilitesi ile hiçbir ilgisi bulunmamaktadır.

### 3.4. Deprem durumu

Proje alanı ve çevresi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca 1996 yılında yayınlanmış olan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na" göre 3. Derecede deprem bölgesi içinde kalmakta olup bölgedeki fayların yıkıcı deprem üretme potansiyeli çok yüksek değildir (şekil 6). Ayrıca, inceleme alanında gerçekleşen heyelanın oluşum tarihinde herhangi bir sismik kayıt bulunamamıştır. Bu nedenle, çalışmaya konu olan şev duraysızlığının oluşum ve tetiklenme mekanizmasında depremlerin oluşturduğu dinamik yüklerin hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varmak mümkündür.



Şekil 6. Çalışma alanı ve çevresinin deprem bölgeleri haritası

### 3.5. Çalışma alanının hidrojeolojisi

Çalışma alanına konu olan yamacın hemen altında Melet Irmağı akmaktadır. 4 mevsim akış halinde olan ırmağın taşkın debisi çok yüksek olup etrafta iri blok boyutunda malzemeler gözlenmiştir. Ancak çalışmaya konu olan yamaçta Melet Irmağının topuk aşındırması gibi bir etkisinin olabilmesi imkansızdır. Çalışma alanındaki apik topoğrafya sebebiyle Melet Irmağı'na ait alüvyonlar dışındaki yerlerde ve yamaçlarda yeraltı su seviyesinin saha gözlemlerine göre oldukça düşük olması beklenmektedir. Çalışma alanında temel kayayı oluşturan Tirebolu Formasyonu'nunda (Kt) gerçekleştirilen yüzeysel gözlemler sonucunda akifer özelliği olmadığı belirlenmiştir. Ancak, çalışma alanının dışında kalan yamaçlarda yer yer yağışa bağlı küçük ölçekli boşalıklar gözlenebilmektedir.

### 4. PROJE ALANININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmaya konu olan uluslararası boru hattı üzerinde meydana gelen heyelanın detaylı Jeoteknik değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen sondaj ve araştırma çukurlarından alınan numunelerin jeolojik deskripsiyonları tablo 1'de Jeoteknik ve taşıma gücü parametreleri tablo 2 ve tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 1. Sondajdan alınan karot numunelerin jeolojik deskripsiyonları

DERİNLİK (m)		BİRİMLERİN JEOLJİK DESKRİPSİYONLARI
0.0	1.4	Sarımsı kahverengi, tamamen ayrılmış, çok düşük dayanımlı Tüf
1.4	10.0	Yeşilimsi gri renkli, az ayrılmış, orta derecede dayanımlı Andezit

Tablo 2. Sondajdan alınan karot numunelerin Jeoteknik parametreleri

JEOLJİK BİRİM	GSİ	BİRİM HACİM AĞIRLIK (KN/m <sup>3</sup> )	KOHEZYON (kPa)	İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI (°)
Tamamen Ayrılmış Tüf	40	20.37	162	21
Andezit	50	25.26	2082	25

Tablo 3. Sondajdan alınan karot numunenin ve araştırma çukurundan alınan numunenin Jeoteknik ve taşıma gücü parametreleri

NUMUNELER	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK (kN/m <sup>3</sup> )	TEK EKSENLİ BASINÇ DENEYİ (MPa)	NOKTA YÜKLEME DENEYİ (MPa)
Araştırma Çukuru Numunesi	20.37		0.35
Sondaj Karot Numunesi	25.26	52.4	

Çalışmaya konu olan heyelanın gerçekleştiği yamaçta ana kayaya ait mostralara mevcut olup söz konusu rezidüel malzeme kalınlığı gözlemsel olarak 0.5 ila 1.5m arasında değişmektedir. Bununla beraber, heyelanın topuk bölgesinin yakınında gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında ayrılmamış ana kaya derinliği 2 m olarak saptanmıştır (şekil 5). Gerçekleştirilen Jeoteknik incelemeler sonucunda, yamaçta boru hattının geçtiği yerin hemen alt kotlarına doğru boru hattını üzerleyen rezidüel toprağın boşluk suyu basıncı aşırı yağışın da etkisiyle artmış ve yamaç duraylılığını yitirmiş olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yamacın taç kısmında ve kanatlarında herhangi bir tansiyon çatlağına rastlanmamıştır. Yamaç boyunca ana kayaya ait mostraların gözlenmesi ve rezidüel malzeme kalınlığının herhangi bir yamaç duraysızlığına yol açabilecek kadar fazla olmadığı söylenebilir. Bu nedenle, ileride, bu yamaçta herhangi bir stabilite sorunu oluşmayacağı sonucuna varmak mümkündür.

Aşırı yağış durumunda yamaç üzerine üst kotlardan gelen yüzey suları yamacın hemen üst kısmında bulunan tarihi yaya yolunun etkisiyle yan vadiye drene olmaktadır. Ancak, yağış esnasında boru hattının üzerine serilmiş ve iyi sıkıştırılmamış olan rezidüel zemine infiltre olan sular, boşluk suyu basıncını arttırarak zeminin kayma direncini azaltmıştır. Bu nedenle, doğalgaz boru hattının altına düşenecek bir drenaj borusu boşluk suyu basıncını azaltacak ve yamacı duraylı hale getireceği öngörülmektedir. Söz konusu drenaj borusunun heyelandan sonra döşendiği bilgisi alınmıştır. Drenaj borusunun doğru yere döşendiği ve drenaj sisteminin düzgün bir şekilde çalıştığı yerinde gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen sondaj ve araştırma çukuru çalışmaları yamaç dışında gerçekleştirildiğinden dolayı yamaç duraylılığı hakkında bir Jeoteknik bilgi vermemesine rağmen, sondaj lokasyonundaki ana kaya derinliği 2 m civarındadır (şekil 5 ve tablo 1). Sondajın yamaç dışında ve düzlükte gerçekleştirilmesine rağmen ana kayanın çok yüzeyde olmasından dolayı ve yamaç boyunca ana kayaya ait mostraların gözlenmesi bu yamacın şev duraylılığı açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyeceğini göstermektedir. Ayrıca, söz konusu şev duraysızlığıyla ilgili herhangi ekstra bir sondaj, in-situ deney ve araştırma çukuru çalışmasına gerek olmadığı sonucuna varmak mümkündür.

Çalışma alanının Güneybatısına gidildikçe Kretase yaşlı Tirebolu Formasyonu'na ait bozunmuş birimlerde birçok heyelan gözlenmektedir. Bu heyelanların aşırı yağış sonucunda doğal süreçlerle gerçekleştiği sonucuna varmak mümkündür. Heyelan gözlenen alanlarda ana kayaya ait mostra gözlenmemiş olup ana kaya derinliğinin 7-8 metreden fazla olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu heyelanların oluşum mekanizması açısından çalışma alanındaki heyelanla hiçbir ilgisi bulunmamakta ve hiçbir etkisinin olmayacağı öngörülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uluslararası bir doğalgaz boru hattı üzerinde meydana gelen küçük çaplı bir heyelan üzerinde gerçekleştirilen bu Jeoteknik etüt incelemesinde, arazi çalışmaları, ofis çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde heyelanlı alanın boru hattına etkileri ve heyelanın tekrürü değerlendirilmiştir. Mühendislik jeolojisi ve Jeoteknik incelemelerin gerçekleştirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varmak mümkündür;

- Çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan kaya birimleri Kretase'den Eosen'e kadar olan zaman aralığındadır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde stratigrafik temeli Kretase yaşlı Tirebolu Formasyonu (Kt) oluşturur. Çalışma alanında Tirebolu Formasyonuna ait bozunmuş birimlere de rastlanmaktadır. Bu birimlerin üzerinde ise yer yer Kuvaterner birimleri Alüvyon (Qal) ve Yamaç Molozu (Qym) uyumsuz olarak yer almaktadır.
- Proje alanı ve çevresi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca 1996 yılında yayınlanmış olan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na" göre 3. derecede deprem bölgesi içinde kalmaktadır. Çalışmaya konu olan şev duraysızlığının oluşum ve tetiklenme mekanizmasında depremlerin oluşturduğu dinamik yüklerin hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Çalışma alanına konu olan yamacın hemen altında Melet Irmağı akmaktadır. 4 mevsim akış halinde olan ırmağın taşkın debisi çok yüksektir. Fakat, çalışmaya konu olan yamaçta Melet Irmağının topuk aşındırması gibi bir etkisinin olabilmesi imkansızdır. Çalışma alanındaki apik topoğrafya sebebiyle Melet Irmağı'na ait alüvyonlar dışındaki yerlerde ve yamaçlarda yeraltı su seviyesinin saha gözlemlerine göre oldukça düşük olması beklenmektedir. Dolayısıyla söz konusu heyelanın doğal yeraltı suyu akımlarının etkisi altında gerçekleşmeyeceği sonucu ortaya çıkmaktadır.
- Söz konusu yamaçta boru hattının geçtiği yerin hemen alt kotlarına doğru boru hattını üzerleyen rezidüel toprağın boşluk suyu basıncı aşırı yağışın da etkisiyle arttığı ve incelenen yamacın duraylılığını yitirdiği gözlenmiştir. Sonrasında ise yamaç dengeye ulaşmıştır. Bununla beraber, yamaçta ana kayaya ait mostralara mevcut olup söz konusu rezidüel malzeme kalınlığı gözlemsel olarak 0.5 ila 1.5m arasında değişmektedir. Ayrıca, heyelanın topuk bölgesinin yakınında gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında ayrılmamış ana kaya derinliği 2 m olarak saptanmıştır. Topuğun hemen yakınında melet ırmağı alüvyonları üzerinde gerçekleştirilen sondaj çalışmasından ayrılmamış ana kaya derinliğinin 2 olması yamaçtaki ana kaya derinliğinin çok daha yüzeye yakın olduğunun önemli bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Ayrıca, yamacın taç kısmında ve kanatlarında herhangi bir tansiyon çatlağına rastlanmamıştır. Yamaç boyunca ana kayaya ait mostraların gözlenmesi ve rezidüel malzeme kalınlığının herhangi bir yamaç duraysızlığına yol açabilecek kadar fazla değildir. Bu nedenle, ileride, bu yamaçta herhangi bir stabilite sorunu oluşmayacağı sonucuna varmak mümkündür.



- Aşırı yağış durumunda yamaç üzerine üst kotlardan gelen yüzey suları yamacın hemen üst kısmında bulunan tarihi yaya yolunun etkisiyle yan vadiye drene olmaktadır. Ancak, yağış esnasında boru hattının üzerine serilmiş ve iyi sıkıştırılmamış olan rezidüel zemine infiltre olan sular, boşluk suyu basıncını arttırarak zeminin kayma direncini azaltmıştır. Bu nedenle, doğalgaz boru hattının altına dönecek bir drenaj borusu boşluk suyu basıncını azaltacak ve yamacı duraylı hale getirecektir.

Drenaj borusunun daha önce döşenmiş olduğu bilgisi alınmıştır. Söz konusu drenaj borusunun doğru yere döşendiği ve drenaj sisteminin düzgün bir şekilde çalıştığı yerinde gözlemlenmiştir.

- Gerçekleştirilen sondaj ve araştırma çukuru çalışmaları yamaç dışında gerçekleştirildiğinden dolayı yamaç duraylılığı hakkında bir Jeoteknik bilgi vermemesine rağmen, sondaj lokasyonundaki ana kaya derinliği 2 m civarındadır. Sondajın yamaç dışında ve düzlükte gerçekleştirilmesine rağmen ana kayanın çok yüzeyde olmasından dolayı ve yamaç boyunca ana kayaya ait mostralara gözlenmesi bu yamacın şev duraylılığı açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyeceğini göstermektedir. Ayrıca, söz konusu şev duraysızlığıyla ilgili herhangi başka bir sondaj, in-situ deney ve araştırma çukuru çalışmasına gerek olmadığı sonucuna varmak mümkündür.
- Çalışma alanının Güneybatısına gidildikçe Kretase yaşlı Tirebolu Formasyonu'na ait bozunmuş birimlerde birçok heyelan gözlenmektedir. Bu heyelanların aşırı yağış sonucunda doğal süreçlerle gerçekleştiği sonucuna varmak mümkündür. Heyelan gözlenen alanlarda ana kayaya ait mostra gözlenmemiş olup ana kaya derinliğinin 7-8 metreden fazla olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu heyelanların oluşum mekanizması açısından çalışma alanındaki heyelanla hiçbir ilgisi bulunmamakta ve hiçbir etkisinin olmayacağı öngörülmektedir.

## BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, Sinop Üniversitesi Döner Sermaye İşletme Müdürlüğü ve Sinop Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi'nin "Ordu Giresun Dgbh Faz-2 Projesi Kp:49+310 Km Şev Stabilitesi İle İlgili Jeoloji ve Jeoteknik Danışmanlık Mühendislik Hizmetleri" kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazar bu çalışmada emeği geçen tüm Sinop Üniversitesi ailesine teşekkür eder. Yazar, sondaj, laboratuvar ve saha çalışmaları ile ilgili finansman sağlayan, bilimsel destekleri ile mühendislik tecrübelerini ve konu ile ilgili arşivlerini paylaşan Jeofizik Yüksek Mühendisi Sn. Gökhan Baştuğ'a ve ekibine ayrıca teşekkür eder.

## REFERANSLAR

Aleotti, P., & Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 21-44.

Avşaroğlu, A. (2011). Boru hatlarındaki kaynaklı imalat çalışmalarında iş güvenliği risk analizi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana 89s.

Canoğlu, M.C. (2015). An investigation on the surface water effect in landslide susceptibility mapping: an example from Yenice (Karabük) basin. *Institute of Science of Hacettepe University*, PhD thesis, 140p.

Canoğlu, M.C. (2017). Deterministic landslide susceptibility assessment with the use of a new index (Factor of Safety Index) under dynamic soil saturation: an example from Demirciköy watershed (Sinop / Turkey). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Science*, 12 (2), 423 – 436.

Canoğlu, M.C., & Kurtuluş, B. (2016). Su Yapılarında Gövde Tipi Optimizasyonu ve Doğal Yapı Malzemelerinin Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi: Kışlademirli Göleti Örneği (Kütahya). *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(2), 250-264.

Canoğlu, M.C., & Kurtuluş, B. (2017a). Permeability of Savcıbey Dam (Bilecik) axis location and design of grout curtain. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 154, 157-168.

Canoğlu, M.C., & Kurtuluş, B. (2017b). Determination of the dam axis permeability for the design and the optimization of grout curtain: an example from Orhanlar Dam (Kütahya-Pazarlar). *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(1), 37-43.

Carrara, A., Crosta, G., & Fratini, P. (2003). Geomorphological and historical data in assessing landslide hazard. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 1125– 1142.

Çağatay, N., Saltoğlu, T., & Gedik, A. (1987). Karadeniz'in güncel çökellerinin jeokimyası. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31, 47-64.

- Ercanoğlu, M. (2005). Landslide Susceptibility Assessment of SE Bartın (West Black Sea region, Turkey) by artificial neural networks. *Natural Hazards and Earth System Science*, 5, 979 - 992.
- Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., & Carrara, A. (2000). Comparing landslides maps: a case study in the Upper Tiberbasin, Central Italy. *Journal of Environmental Management*, 25(3), 247–263.
- Hutchinson, J.N. (1995). Landslide hazard assessment. In: Proc. 6th Symposium on Landslides, Christchurch, vol. 1, pp. 1805–1842.
- Karadoğan, H. (2010). Boru hatları tasarımı. *Makine Mühendisleri Odası Dergisi*, 14, 5-10.
- Keskin, İ., Yergök, A. F., Kara, H., Dönmez, M. ve Mert, A., 1998. Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu ili) dolayının jeolojisi. *MTA Dergisi*, No:10182.
- Koçyiğit, A., & Canoğlu, M.C. (2017). Neotectonics and seismicity of Erzurum pull-apart basin, East Turkey. *Russian Geology and Geophysics*, 58, 99-122.
- Leroi, E. (1996). Landslide hazard-risk maps at different scales: objectives, tools and developments. In: Proc. 7. Int. Symp. Landslides, Trondheim, vol 1, pp. 35– 52.
- Ray, R.L., Jacobs, J.M., & Pedro de Alba (2010). Impacts of unsaturated zone soil moisture and groundwater table on slope instability. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136, 1448 – 1458.
- Süzen, M.L., & Kaya, B.K. (2012). Evaluation of environmental parameters in logistic regression models for landslide susceptibility mapping. *International Journal of Digital Earth*, 5 (4), 338 - 355.
- Takala, J. (2002). Introductory Report: Decent work – Safe work.16. world congress on safety and health at work, Viyana, Avusturya.
- Tandoğan, B.P. (2003). Boruhattıyla gaz ve akaryakıt taşımacılığında kusursuz sorumluluk halleri. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Medeni Hukuk Anabilim Dalı, Ankara 145s.
- Van Westen, C.J., Rengers, N., & Terlien, M.T.J. (1997). Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS based hazard zonation. *International Journal of Earth Science*, 86, 404– 414.