

# 8 Aralık 2024 Güngören, Arhavi (Artvin) Moloz Çığının Oluşum Dinamiği ve Alanın Heyelan Tehlike ve Risk Bakımından Değerlendirmesi

10.5281/zenodo.14625940



# **8 Aralık 2024 Güngören, Arhavi (Artvin) Moloz Çığının Oluşum Dinamiği ve Alanın Heyelan Tehlike ve Risk Bakımından Değerlendirmesi**

Tolga Görüm<sup>1</sup>, Abdüssamet Yılmaz<sup>1</sup>, Hakan Tanyaş<sup>2</sup>, Aykut Akgün<sup>3,8</sup>, Abdullah Akbaş<sup>4</sup>, Furkan Karabacak<sup>1</sup>, Suat Çoşkun<sup>5</sup>, Tuğçe Uçar<sup>1</sup>, Seçkin Fidan<sup>1,6</sup>, Hakan Kılıcaslan<sup>7</sup>, Orhan Tatar<sup>8</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Enschede, Netherlands

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

<sup>4</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Bursa, Türkiye

<sup>5</sup>Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Bilecik İl Müdürlüğü, Bilecik, Türkiye

<sup>6</sup>Ankara Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>7</sup>İçişleri Bakanlığı, Rize İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Rize, Türkiye

<sup>8</sup>AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

## Okuyucuya Not

Bu raporda kullanılan “Moloz Çığı” bir heyelan tipidir. Her ne kadar ülkemizde “heyelan” sözcüğü kayma tipindeki kütle hareketleri için terimsel olarak algılansa da, aslında tanımsal olarak “landslide” üst çatısı altında 1954 yılından itibaren bilimsel literatürde ve 1990 yılında “UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI)” tarafından küresel ortak bir standart olarak belirlenmiştir (Popescu, 1990). Konunun detaylarına ilişkin olarak USGS tarafından hazırlanan “[Heyelan El Kitabı: Heyelanları Anlama Kılavuzu](#)” Prof. Dr. Tolga Çan tarafından çevrilerek dilimize kazandırılmıştır (Çan, 2022).

## Önerilen alıntılama

Görüm, T., Yılmaz, A., Tanyaş, H., Akgün, A., Akbaş, A., Karabacak, F., Çoşkun, S., Uçar, T., Fidan, S., Kılıcaslan, H., & Tatar, O. (2025). *Aralık 2024 Güngören, Arhavi (Artvin) Moloz Çığının Oluşum Dinamiği ve Alanın Heyelan Tehlike ve Risk Bakımından Değerlendirmesi*. DOI: [10.5281/zenodo.14625940](https://doi.org/10.5281/zenodo.14625940)

## İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ .....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. HEYELANIN GERÇEKLEŞTİĞİ ALANIN VE YAKIN ÇEVRESİNİN İKLİMSEL, JEOLJİK VE JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ .....	4
2.1. İklim .....	4
2.2. Jeoloji .....	5
2.3. Jeomorfoloji .....	6
3. GÜNGÖREN MOLOZ ÇIĞININ JEOMORFOLOJİK KARAKTERİSTİĞİ VE MEKANİZMASI .....	7
3.1. Heyelanın kaynak alanı (I) .....	10
3.2. Transfer zonu (II) .....	11
3.3. Birikim alanı (III – a & b) .....	11
4. GÜNGÖREN MOLOZ ÇIĞININ DEFORMASYON GEÇMİŞİ, ÖNCEKİ HEYELANLAR VE GELECEK TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİ.....	12
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	18
REFERANSLAR .....	19



## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1:** 1991-2020 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşmiş (A) heyelan olay sayısı, (B) heyelana bağlı ölüm ve (C) yaralı sayısı ile bunların (D) yıl bazlı toplam ve kümülatif sayılarına ilişkin grafik (Görüm vd., 2025).. 2
- Şekil 2:** 08 Aralık 2024 tarihinde D010 (E70) Karadeniz Sahil Yolu’nda meydana gelen ve dört kişinin yaşamını yitirdiği Güngören, Arhavi (Artvin) moloz çığı. (A) Moloz çığının gerçekleştiği alanın yer bulduru haritası. Beyaz çizgiler ana otoyolları göstermektedir. (B) Moloz çığının ve kapattığı D010 yolunun görünümü. Sarı renkle belirtilen yıldız dört vatandaşımızın aracının bulunduğu noktayı göstermektedir..... 3
- Şekil 3:** Bölgenin genel iklim özellikleri: (A) Türkiye’nin Köppen-Geiger iklimine göre iklim tipleri ile (B) Arhavi çevresinin bu sistemdeki temsili (Beck vd. 2022) ve (C) Thornthwaite yöntemine göre Hopa istasyonunun su bütçesi (Harf kodları, B arid, C ılıman, D karasal ve E polar iklimi gösterirken alt harf sistemi ise varyantlarını ifade etmektedir)..... 4
- Şekil 4:** Moloz çığının gerçekleştiği alanın ve yakın çevresinin jeolojisi (Alan vd. 2019 ve MTA, 2008’den değiştirilerek uyarlanmıştır)..... 5
- Şekil 5:** Güngören moloz çığı sonrası elde edilen İHA temelli Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri kullanılarak üretilmiş Kırmızı Rölyef Görüntü Haritası. Bu harita, topoğrafik eğim ve yamaç eğriselliklerinin bileşimine ilişkin bilgileri içermektedir. .... 7
- Şekil 6:** Güngören moloz çığının genel topoğrafik ve jeolojik kesiti..... 8
- Şekil 7:** Güngören moloz çığının jeomorfoloji haritası. (A) Jeomorfolojik birimler, (B) heyelanın kısımları ve (C) gerilme çatlaklarının sınırlandığı duraysız kütlelerin (UM) görünümü. A’-A” (Şekil 6) Topoğrafik ve jeolojik kesitin yerini ifade eder. .... 9
- Şekil 8:** Güngören moloz çığı sonrası kaynak alan ve taç bölgesinde gelişmiş çatlak sistemleri. .... 10
- Şekil 9:** Güngören moloz çığının geliştiği alan ve yakın çevresinin çok zamanlı heyelan envanterinin oluşturulması için kullanılan uzaktan algılama verileri. .... 12
- Şekil 10:** Güngören moloz çığının geliştiği alan ve yakın çevresine ait çok zamanlı heyelan envanteri. .... 13
- Şekil 11:** Güngören moloz çığı öncesi uydu görüş hattı yönündeki ortalama yüzey deformasyonu. 1-3 numaralı noktalar deformasyon zaman serisi (Şekil 12a) lokasyonlarını belirtmektedir. Kırmızı çizgiler, 2020 MAXAR görüntüsü ile belirlenmiş çatlakları göstermektedir. .... 14
- Şekil 12:** InSAR sonuçlarının muhtemel tetikleyici faktörlerle bireşimi. (A) Deformasyonun zamana bağlı olarak değişimi ve (B) ERA5 günlük verilerinden elde edilmiş (CDS; 2025) günlük yağış, yağışın kümülatif (30 günlük) değişimi ve (C) toprağın 7-28 cm’lik kesimindeki hacimsel toprak suyu miktarının karşılaştırılması. Kırmızı renkle gösterilen yıldız, 15 Kasım 2024 Mw= 4,7 Pazar (Rize) depremini gösterir. .... 15
- Şekil 13:** Güngören moloz çığı ve yakın çevresinde belirlenen potansiyel duraysız kütleler. (A) Kırmızı Rölyef Görüntü Haritası ve Moloz Çığının sınırları. (B) Potansiyel duraysız kütleler ve çatlaklar. .... 16
- Şekil 14:** Güngören moloz çığının üç boyutlu gösterimi. (A) Moloz çığının kuzeyden İHA’dan elde edilen eğik görünümü ve Güngören Mahallesi’nin konumu, (B) 01.01.2022 ve 27.11.2024 tarihleri arasındaki Sentinel-1 uydu görüntülerden elde edilen InSAR deformasyon sonuçları ve (C) Potansiyel duraysız kütlelerin lokasyonları. .... 17

## 8 Aralık 2024 Güngören, Arhavi (Artvin) Moloz Çığının Oluşum Dinamiği ve Alanın Heyelan Tehlike ve Risk Bakımından Değerlendirmesi

Tolga Görüm<sup>1</sup>, Abdüssamet Yılmaz<sup>1</sup>, Hakan Tanyaş<sup>2</sup>, Aykut Akgün<sup>3</sup>, Abdullah Akbaş<sup>4</sup>, Furkan Karabacak<sup>1</sup>, Suat Çoşkun<sup>5</sup>, Tuğçe Uçar<sup>1</sup>, Seçkin Fidan<sup>1,6</sup>, Hakan Kılıcaslan<sup>7</sup>, Orhan Tatar<sup>8</sup>

### 1. GİRİŞ

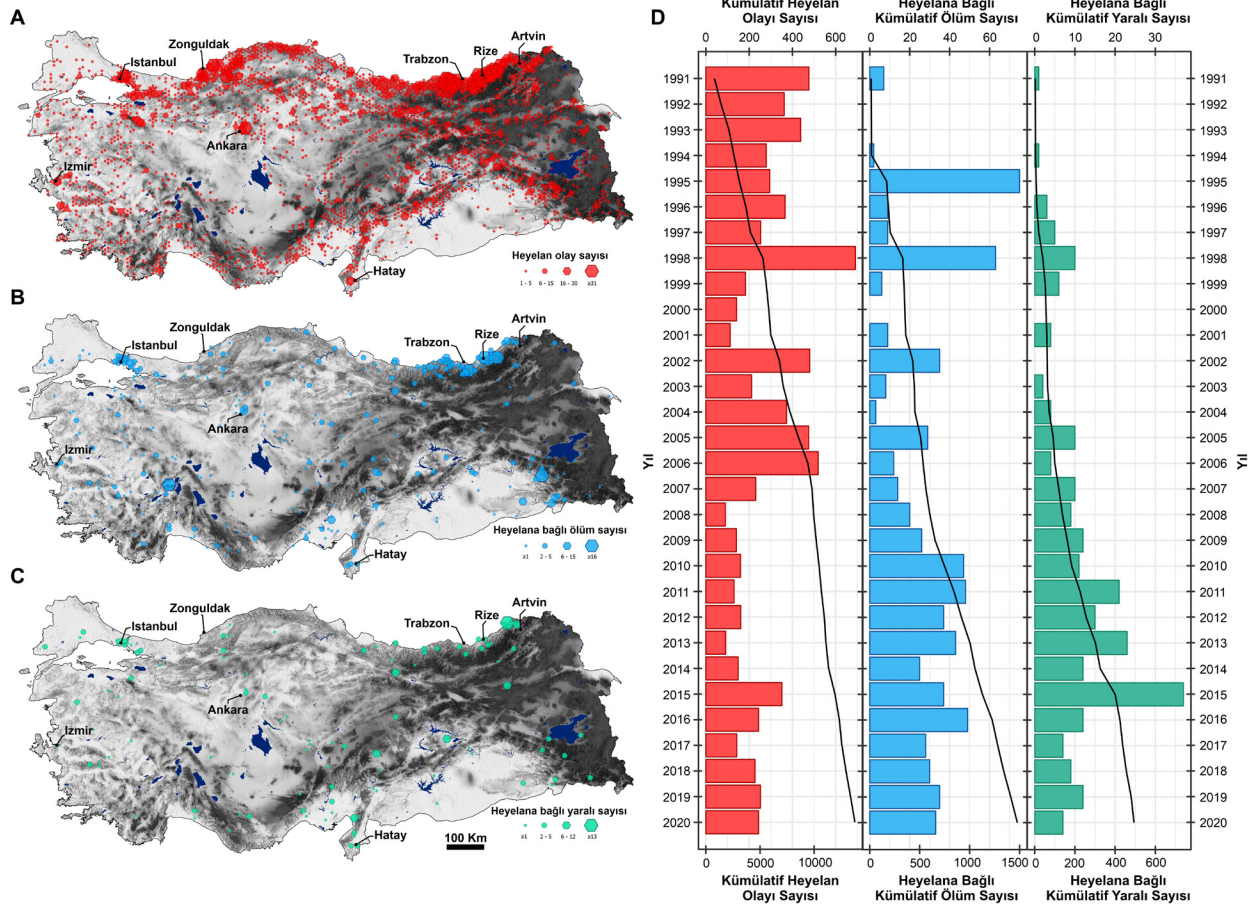
Heyelanlar, dünyanın birçok yerinde neden olduğu büyük yıkımlar ve yarattığı ciddi tehlikeler nedeniyle, meydana geldiği bölgelerde nüfusu tehdit etmekte, can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Kaya, toprak ve molozların veya bunların kombinasyonundan oluşan yamaç materyalinin belirli bir eğim boyunca hareket etmesi olarak tanımlanan heyelanlar (Varnes, 1978), ani veya uzun süreli aşırı yağış, deprem, volkanik aktivite, ani kar erimesi ve/veya insan kaynaklı (antropojenik) faaliyetler nedeniyle tetiklenebilmektedir (Varnes, 1978; Cruden ve Varnes, 1996; Guzzetti, 2006). Heyelanlar, dünya genelinde her yıl binlerce insanın ölümüne (Nadim vd., 2006; Petley, 2012; Froude ve Petley, 2016; Haque vd., 2019; Fidan vd., 2024) ve milyarlarca dolar ekonomik kayba yol açmaktadır (Dai vd., 2002; Klose vd., 2015).

Türkiye'de doğa kaynaklı afetlerin verdiği zararlar göz önüne alındığında, depremlerden sonra en önemli ikinci afet olan heyelanlar (Görüm ve Fidan, 2021), özellikle kentleşmenin hız kazandığı bölgelerde insanlar üzerinde doğrudan etkilere sahiptir. Kentsel alanlarda bulunan yapılar, şehir içi ve şehirlerarası ulaşım ağları ve yollar, kentsel altyapı, aşırı nüfuslanmış yerleşim yerleri heyelanların tehdidi altındadır. Bu nedenle heyelanlar, özellikle insan etkisinin yoğun olduğu bölgelerde arazi planlamasında dikkate alınması gereken bir doğal ve insan kaynaklı afet olarak karşımıza çıkmaktadır.

Heyelanların zamansal ve mekânsal dağılımı ile etkileri ve sonuçlarının ülkemizdeki dağılımının belirlenmesi amacıyla, İTÜ Geohazard Araştırma Grubunun 2018 yılında başlattığı Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı (FATALDOT) ve Türkiye Heyelan Veri Tabanı (LDOT) verilerine göre, ülkemizde her yıl ortalama 275 adet heyelan olayı gerçekleşirken bu heyelanlar sonucunda ortalama 14 vatandaşımız yaşamını yitirmektedir (**Şekil 1**). Ölümcül heyelanların mekânsal dağılımı, farklı jeolojik ve iklimsel özelliklerle karakterize olan farklı coğrafi alanlarda heterojen bir dağılım göstermektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar Doğu Karadeniz'de yoğunluk gösterirken, antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar ise Marmara Bölgesi'nde, İstanbul çevresinde yoğunluk göstermektedir. Bu alanlarda yoğunlaşan heyelan olayları ve ölümler, nüfus ile oranlandığında, başta Trabzon (Akçaabat, Ortahisar, Vakfıkebir, Araklı ve Of) ve Rize



(Merkez, Pazar, Fındıklı, Çayeli ve Çamlıhemşin) olmak üzere Artvin (Hopa ve Borçka) ve Giresun (Doğankent ve Yağlıdere) il ve ilçeleri heyelandan en fazla etkilenen alanları oluşturmaktadır.



**Şekil 1:** 1991-2020 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşmiş (A) heyelan olay sayısı, (B) heyelana bağlı ölüm ve (C) yaralı sayısı ile bunların (D) yıl bazlı toplam ve kümülatif sayılarına ilişkin grafik (Görüm vd., 2025).

08 Aralık 2024 tarihinde, yaklaşık olarak saat 03.05'te, Sakarya'nın Karasu ilçesinden başlayan D010 (E70) Karadeniz Sahil Yolunun 1.167. kilometresinde gerçekleşen moloz çığı (*ing.* debris avalanche) dört vatandaşımızın ölümüne neden olmuştur. Moloz çığı, Artvin ilinin Arhavi ilçesine bağlı Güngören Mahallesi'nin en batısında, 287 m yüksekliğindeki bir yamaçtan eğim yönünde hareket ederek alt kotlarda kıyı şeridini de içine alacak şekilde gelişmiştir (Şekil 2).

D010 (E70) yolunun her iki yönünü de trafiğe kapatan moloz çığı tipindeki kütle hareketi, yapılan arama çalışmaları sonrasında yaklaşık olarak 21.00'da kontrollü bir şekilde tek yönlü olarak trafiğe açılmıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ekiplerinin

koordinasyonu ile olayda yaşamını yitirmiş dört vatandaşımızın içinde bulunduğu araç, İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemine entegre manyetometre aracılığıyla tespit edilerek arama çalışmaları sonlandırılmıştır.

09-10 Aralık 2024 tarihleri arasında gerçekleştirdiğimiz saha çalışmaları sonrasında derlenen veriler, ölçümler ve arazi gözlemlerine dayalı olarak gerçekleştirdiğimiz bu değerlendirmede, moloz çığının oluşumu, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri, InSAR temelli mevcut ve önceki deformasyonların varlığı ve karakterizasyonu ile tetikleyici mekanizma ve olay sonrasındaki olası tehlike ve riskler ele alınmıştır.



**Şekil 2:** 08 Aralık 2024 tarihinde D010 (E70) Karadeniz Sahil Yolu'nda meydana gelen ve dört kişinin yaşamını yitirdiği Güngören, Arhavi (Artvin) moloz çığı. **(A)** Moloz çığının gerçekleştiği alanın yer bulduru haritası. Beyaz çizgiler ana otoyolları göstermektedir. **(B)** Moloz çığının ve kapattığı D010 yolunun görünümü. Sarı renkle belirtilen yıldız dört vatandaşımızın aracının bulunduğu noktayı göstermektedir.

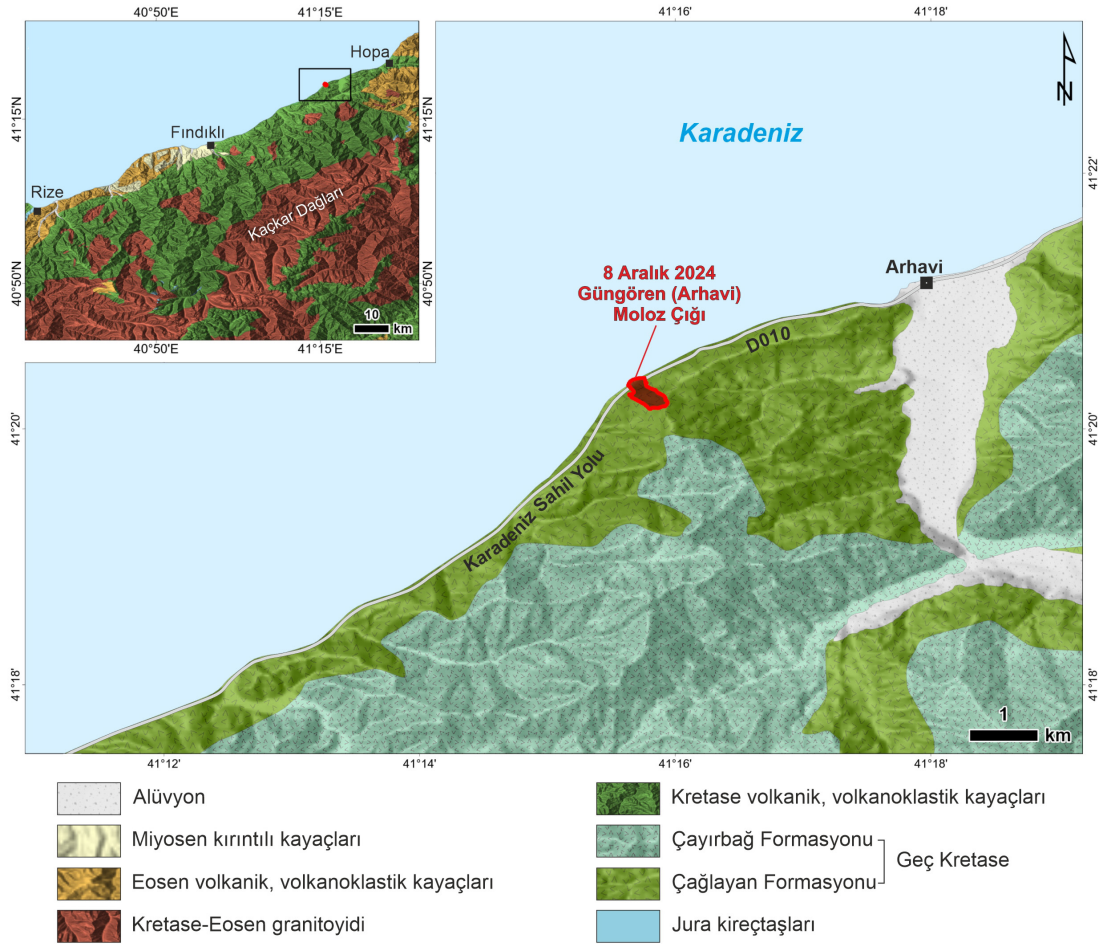




ayrılmaktadır. Kıyı bölgeleri, *Cfa* ve *Cfb* olarak gösterilen ılıman alt iklimleri yansıtmaktadır. Bu iklimlerin en önemli özelliği, mevsimler arası yağış değişkenliğinin olmaması ve yaz kuraklığının hiç yaşanmamış olmasıdır. Thornthwaite su bilançosu grafiği ise bu durumu birebir yansıtmaktadır (Thornthwaite, 1948). Arhavi'ye en yakın istasyon olan Hopa istasyonu seçilerek oluşturulan su bütçesi, yıl içerisinde buharlaşmanın yağıştan fazla olmadığını ve dolayısıyla toprakta daimî bir nem içeriği olduğunu göstermektedir (**Şekil 3C**).

## 2.2. Jeoloji

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzey kesimlerinde geç Kretase-Eosen yaşlı volkanik, volkanoklastik ve plutonik kayalar önemli ölçüde yüzlek vermektedir (Akın, 1979; Gedikoğlu, 1979; Güven, 1993; Okay & Şahintürk, 1997). Çalışma alanı, geç Kretase yaşlı volkano-tortul birimi olan Çağlayan Formasyonu içerisinde yer almaktadır (**Şekil 4**).



**Şekil 4:** Moloz çıkının gerçekleştiği alanın ve yakın çevresinin jeolojisi (Alan vd. 2019 ve MTA, 2008'den değiştirilerek uyarlanmıştır).



Birimin alt dokanağında uyumlu olarak üzerlediği Kızılkaya Formasyonu bulunmaktadır. Kızılkaya Formasyonu, Koniyasiyen–Santoniyen yaşlı riyodasitik-dasitik lav ile piroklastik kayalardan oluşmaktadır (Güven 1998a; Yılmaz vd., 2001; Kurt vd., 2006). Çağlayan Formasyonu'nun üst dokanağında yine uyumlu olarak Çayırbağ formasyonu tarafından; Çayırbağ Formasyonu'nun aşındığı alanlarda ise uyumsuz olarak Eosen yaşlı birimler ile üzerlenmektedir. Çayırbağ Formasyonu, geç Santoniyen-erken Kampaniyen yaşlı riyolit, riyodasit, dasit ve piroklastlardan oluşmakta olup pelajik kireçtaşı, çört, kumtaşı ve silttaşı seviyeleri içermektedir (Güven 1998a; Yılmaz vd., 2001; Kurt vd., 2006; Soycan & Hakyemez, 2018; Öz vd., 2018). Arhavi moloz çığının ilişkili olduğu litolojiler Çağlayan Formasyonu adıyla tanımlanmaktadır. Çağlayan Formasyonu, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeydoğu-güneybatı kıyı şeridine paralel olarak geniş alanlarda yayılım göstermekte ve kalınlığı 200-800 metre arasında değişmektedir (Güven 1998a; 1998b). Birimin yaşı, farklı yörelerden elde edilen paleontolojik bulgularla Koniyasiyen-Santoniyen ve Kampaniyen-Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Güven 1998a; Soycan & Hakyemez, 2018; Öz vd., 2018). Çağlayan Formasyonu, egemen olarak bazaltik-andezitik volkanik kayalar ve piroklastik kayalardan oluşmakta; kumtaşı, marn ve kırmızı pelajik killi kireçtaşı ara katkıları içermektedir. Birim içerisindeki piroklastik kayalar tuf ve aglomeradan oluşmaktadır. Birimin bazalt ve andezit seviyeleri yeşilimsi gri, morumsu mostra rengi sunmakta olup sert, kırıklı ve çatlaklı yapıdadır. Kalın tuf seviyeleri sarı, gri ve kahverengi tonlarda mostra vermektedir. Bu seviyeler, kireçtaşı ve bazalt parçaları da içermektedir. Boşluklu ve oldukça gevşek yapı sunmaktadır. Birim, düşük dayanıma sahip ileri derece ayrılmış bir yapıya sahiptir (Güven 1998a; Aksu, 2019). Bölgenin ılıman ikliminin etkisiyle beraber yer yer kolayca ayrışabilen birimin üzerinde kalın (~28 m) bir ayrışma zonu gözlemlenmektedir. Moloz çığının geliştiği alanın üst kesiminde de tamamen ayrılmış birimlerin zemin örtülü bir yamaç özelliği sergilediği kesimden daha alt kotlara doğru, ayrışma derecesinin azaldığı kaynak-transfer zonu geçişinde, tabakaların kuzeye eğimli olduğu gözlenmektedir.

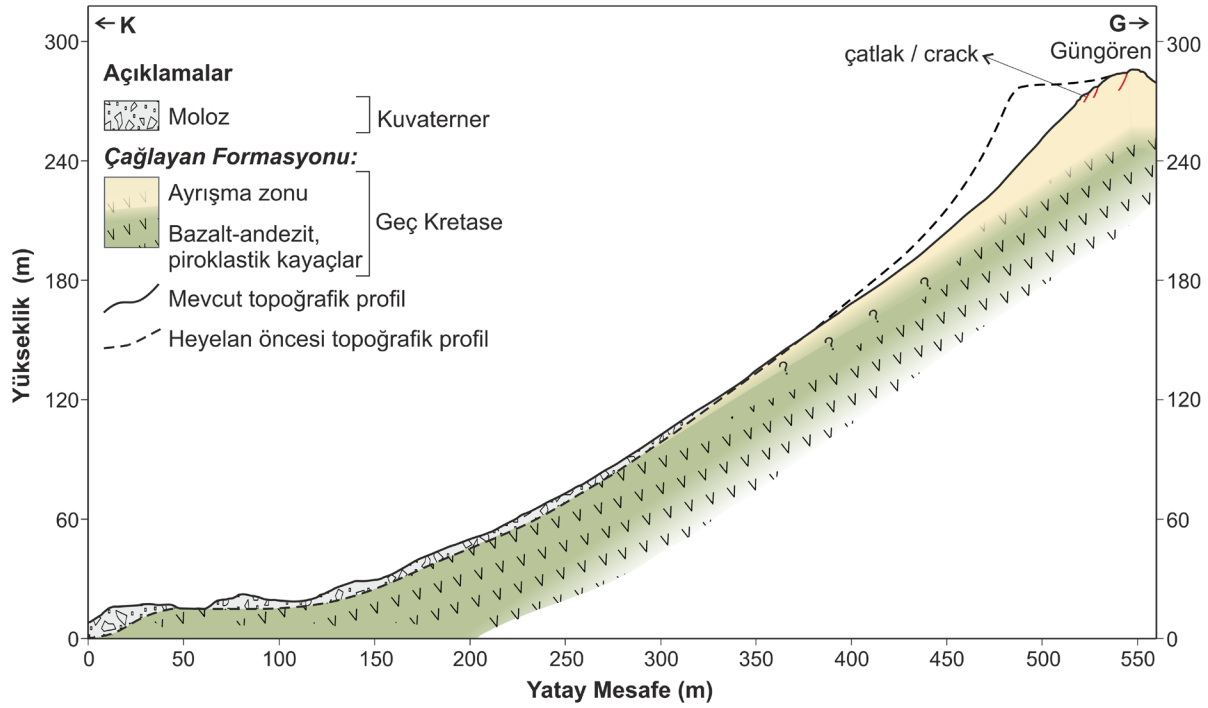
### 2.3. Jeomorfoloji

Karadeniz kıyı kuşağında oldukça dik eğimli yamaçlarla sınırlandırılmış alandaki minimum ve maksimum yükseklik değerleri 0-410 metre arasındadır. Ortalama eğimi 30°'nin üzerinde olan yamaç kesimindeki eğimler 1983 yılında başlayan ve 2006 yılında tamamlanan Karadeniz Sahil Yolu çalışmaları ile antropojenik bakımdan değiştirilmiştir (Turoğlu, 2005). Jeomorfolojik bakımdan, ana süreç olarak kütle hareketleri ve akarsu süreçlerinin egemen olduğu alan Kızılağaç, Karaağaç, Kestane ve Gürgen ağaçlarının egemen olduğu orman örtüsü ile kaplıdır. Kalın bir ayrışma mantosu (regolit) ile temsil edilen yamaçlar boyunca derinlikleri birkaç metreyi geçmeyen yarıntı kanallarına rastlanır. Egemen olarak moloz akmaları ve moloz çığlarının gözlemlendiği bu alanda sığ toprak kaymaları da gözlemlenmektedir.



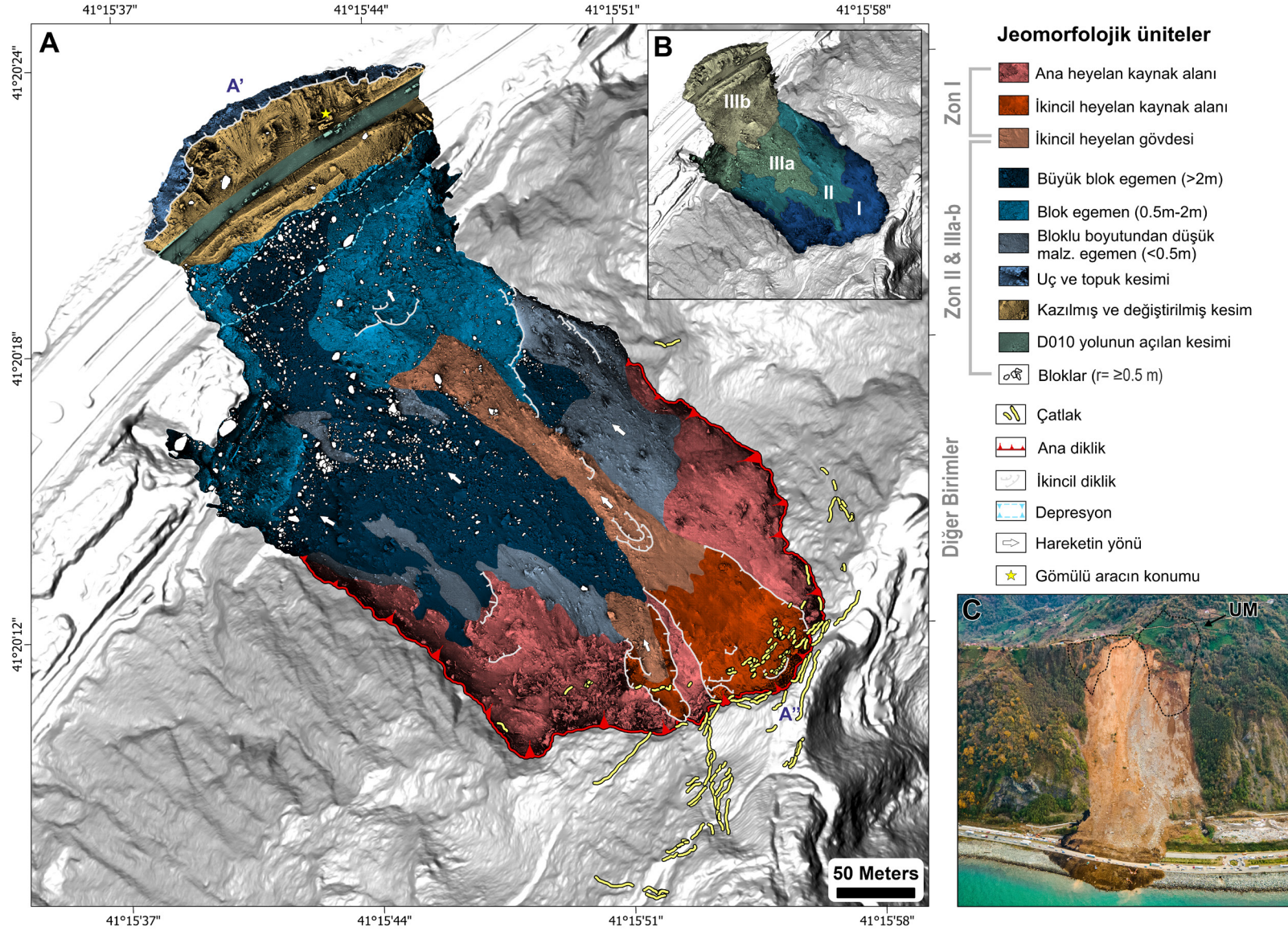


Söz konusu hareket, bazaltik, andezitik lav ve piroklastik kayalar, kumtaşı, marl ve çörtlü kireçtaşıdan oluşan Üst Kretase (Santaniyen-Kampaniyen) yaşlı Çağlayan Formasyonun bozunma zonu içerisinde gerçekleşmiştir (**Şekil 6**). Moloz çığı tipindeki heyelan, taç bölgesinden itibaren malzemenin depolandığı bölüme kadar olan mesafesi 522 metre uzunluğundadır. Kütleinin maksimum genişliği 250 metre ve toplam yüzey alanı 105.210 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Olay öncesi ve sonrası uzaktan algılama verilerinin karşılaştırılması sonucu, hareketin kaynak alanındaki alanının yaklaşık 26.464 m<sup>2</sup> olduğu ve hareket eden malzemenin de ortalama 12 metre derinliğinde olduğu hesaplanmıştır. Heyelan öncesi ve sonrası sayısal yükseklik verileri de kullanılarak hareket eden malzemenin hacmi 100.057 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

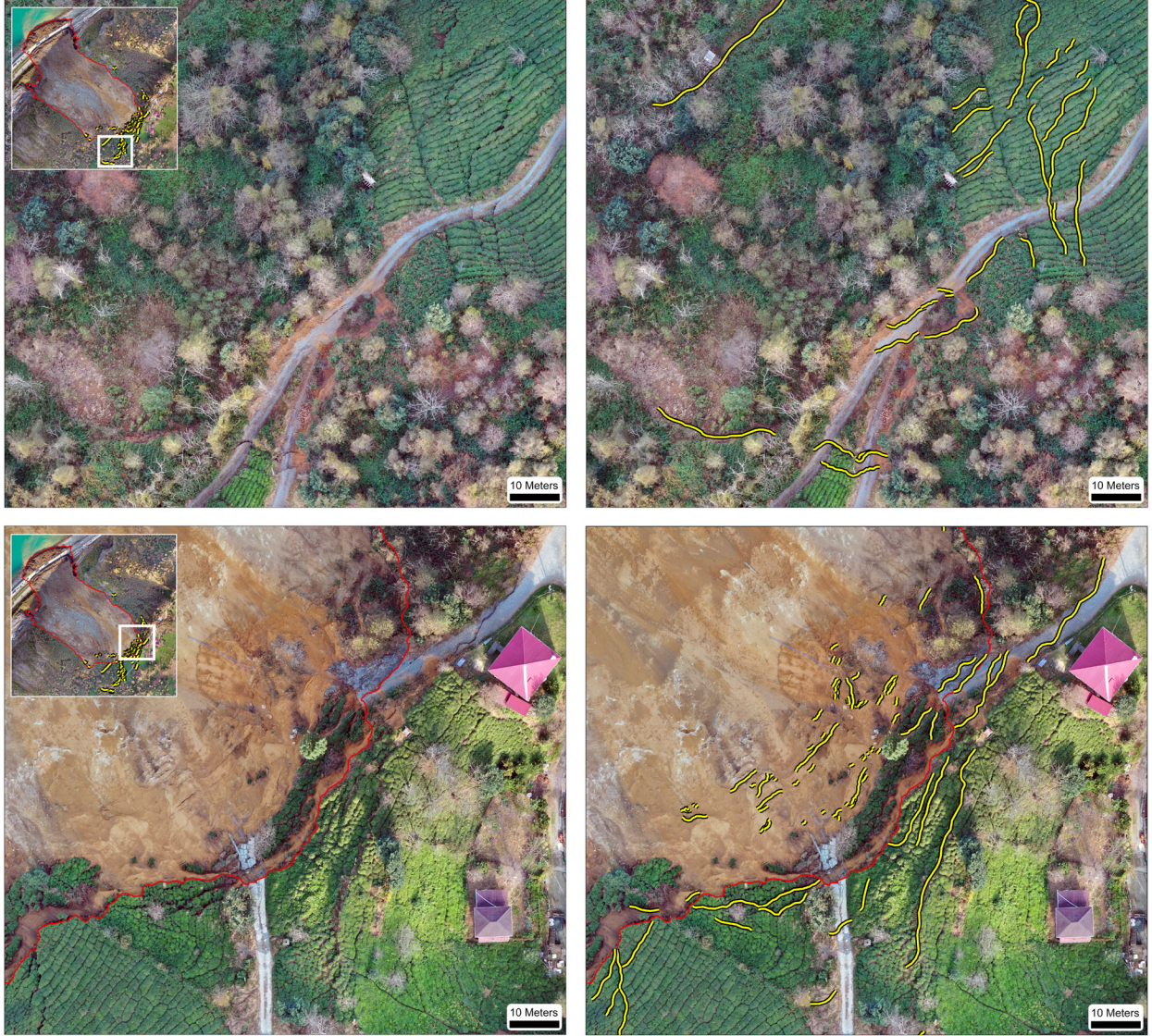


**Şekil 6:** Güngören moloz çığının genel topoğrafik ve jeolojik kesiti.

Şekil 7, Güngören moloz çığının jeomorfoloji haritasını göstermektedir. Güngören moloz çığı, morfolojik karakteristiği bakımından üç sektöre ayrılmıştır (**Şekil 7B**). Bu sektörler heyelanın (1) kaynak alanı ve gerisindeki taç kesimi, (2) transfer zonu ve (3) moloz çığının sönümlendiği birikim alanıdır. Moloz çığının birikime başladığı kesim ise ana birikim alanı (III-a) ve transfer zonu ile birikim alanı arasındaki geçiş özelliği gösteren kesim (III-b) kendi içinde iki alt kesime ayrılmıştır.







**Şekil 8:** Güngören moloz çığı sonrası kaynak alan ve taç bölgesinde gelişmiş çatlak sistemleri.

### 3.1. Heyelanın kaynak alanı (I)

Heyelan kaynak alanı yükseklik olarak kütlenin en üst kısmında yer alır. Bu kesimde, deniz seviyesinden yüksekliği 287 metre olan bir yamaç zonunda başlayan kaynak alanı aşağı kotlarda 70 metrelerde sonlanır. Ayrışma cephesine karşılık gelen ve heyelanın kaynak alanını temsil eden kesimde eğim değerleri  $35^{\circ}$ 'nin üzerindedir. Kaynak alanının ortalama genişliği 230 metre olan bu kesim, aşırı derecede ayrılmış andezitik lav ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Kütlenin taç kesimi ve gerisinde, toplam uzunlukları 1 km'yi geçen gerilme çatlakları belirlenmiştir (**Şekil 8**).



### 3.2. Transfer zonu (II)

Moloz çığının transfer zonunun alanı 24.452 m<sup>2</sup>'dir. Aşırı derecede ayrılmış malzemenin transfer olduğu ve zon içerisinde de (özellikle batı kesiminde) yaygın bir blok birikimi gözlenmektedir. Birikim alanının gerisindeki bu yığılma zonu, transfer zonu ile birikim alanı arasındaki geçiş zonunu oluşturmaktadır. Büyük ve orta büyüklükteki ( $r > 1\text{m}$ ) blokların egemen olduğu bu alanda malzemenin kalınlığı birkaç metreyi geçmemektedir. Ayrışma cephesini ve üst kesimini oluşturan regolitik zon içerisinde, anakaya ve ayrışma cephesi arasında yer alan, düşük derecede ayrışmanın gözlemlendiği "saprock" veya "saprolitik" kesimine karşılık gelen transfer zonun eğim ortalaması 32°'dir. Bu kesimde, sonradan gelişen ikincil hareketlerin ilksel hareketleri örtecek şekilde geliştiği gözlenmiştir. Morfometrik bakımdan topoğrafik engebellik ve eğrisellik değerlerinin belirgin kontrast sunduğu bu kesim, hareket eden malzemenin tane boyu, renk ve tekstür özelliklerinden de kolayca ayırt edilebilmektedir. Bu ikincil hareketler özellikle blok egemen alanlarının merkezi kesiminde yer almaktadır.

### 3.3. Birikim alanı (III – a & b)

Yükseklik bakımından moloz çığının en alçak seviyesini oluşturan birikim zonunda, biriken malzemenin %52'sinden fazlası farklı boyutlardaki bloklardan oluşmaktadır. Daha ince tanelerle de desteklenen heyelan molozu, biriktiği alanın eğimi ve malzemenin tane boyu dağılımı bakımından ikiye ayrılmıştır. Toplam yüzey alanı 54.294 m<sup>2</sup> olan birikim zonunda, daha iri blokların gözlemlendiği yüksek eğimli geçiş zonunda 33.670 m<sup>2</sup>'lik bir alan kaplamaktadır. Buna karşılık, asıl birikim zonunda (III-b) heyelan molozu aşırı derecede fragmanlara ayrılmış, tane boyu bakımından blok ve blok boyutundan düşük klastik malzemelerin gözlemlendiği kesimi oluşturmaktadır. Moloz çığının sonlandığı birikim alanı ve topuk kesimine doğru, malzeme birikimi yolun hemen gerisinde oluşturulan ve yol kotunun altında kalan depresyondan her iki yana doğru yayılacak şekilde ilerlemiş, D010 yolunun her iki yönünü kaplayarak kuzeyde, deniz kesiminde sonlanmıştır. Denizde sonlandığı kesimde ortalama kalınlığı 5 metre olan kütlenin geride yol seviyesindeki ortalama kalınlığı 7,6 metreye ulaştığı, depresyonun merkezi kısımlarında ise 18 metre olduğu hesaplanmıştır.

Hız sınıfına göre "aşırı hızlı" ( $>5\text{m/s}$ ) kütle hareketi sınıfında olan moloz çığının, yarı nemli bir karakterde olduğu gözlenmiştir. Yolun güney kesiminde, kaya ve moloz düşmeleri ile rüsubata karşı koruma amaçlı tasarlanan duvarın belirli bir kısmını yıkması, buna karşın bu duvarın gerisindeki depresyon nedeniyle hızının bu kesimde sönümlendiği, sonrasında ise göreceli bir şekilde tekrar artarak ilerlediği belirlenmiştir. Heyelanın kuzeydoğu kesiminde, Artvin yönünde ilerleyen bir araç içerisindeki dört kişinin yaşamını yitirdiği kesimde (**Şekil 7A**), nihayetlenen kütlenin hızının bu alanda 2 m/s'nin altında olduğu hesaplanmıştır.

#### 4. GÜNGÖREN MOLOZ ÇIĞININ DEFORMASYON GEÇMİŞİ, ÖNCEKİ HEYELANLAR VE GELECEK TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİ

Güngören moloz çığının geliştiği alanda kaydedilen ilk heyelan olayı, 2006 yılında 1 kişinin ölümü ve 1 kişinin yaralanması ile sonuçlanan ölümcül heyelan olayıdır. Bu heyelan, Karadeniz sahil yolu inşası (Turoğlu, 2005) sırasında yolun dolgu malzemesi ihtiyacını karşılamak için işletilen bir taş ocağının üst kesiminde meydana gelmiştir (<https://www.hurriyet.com.tr/gundem/artvin-arhivide-heyelan-1-olu-4194375>). Sonraki yıllarda bu alanda birçok heyelanın geliştiği uydu görüntülerinden tespit edilmiştir. Bu kapsamda, farklı yıllara ait uydu görüntüleri (**Şekil 9**) ile olay sonrası LiDAR ve optik verilerden yararlanarak çalışma alanına ait heyelan envanteri hazırlanmıştır (**Şekil 10**).

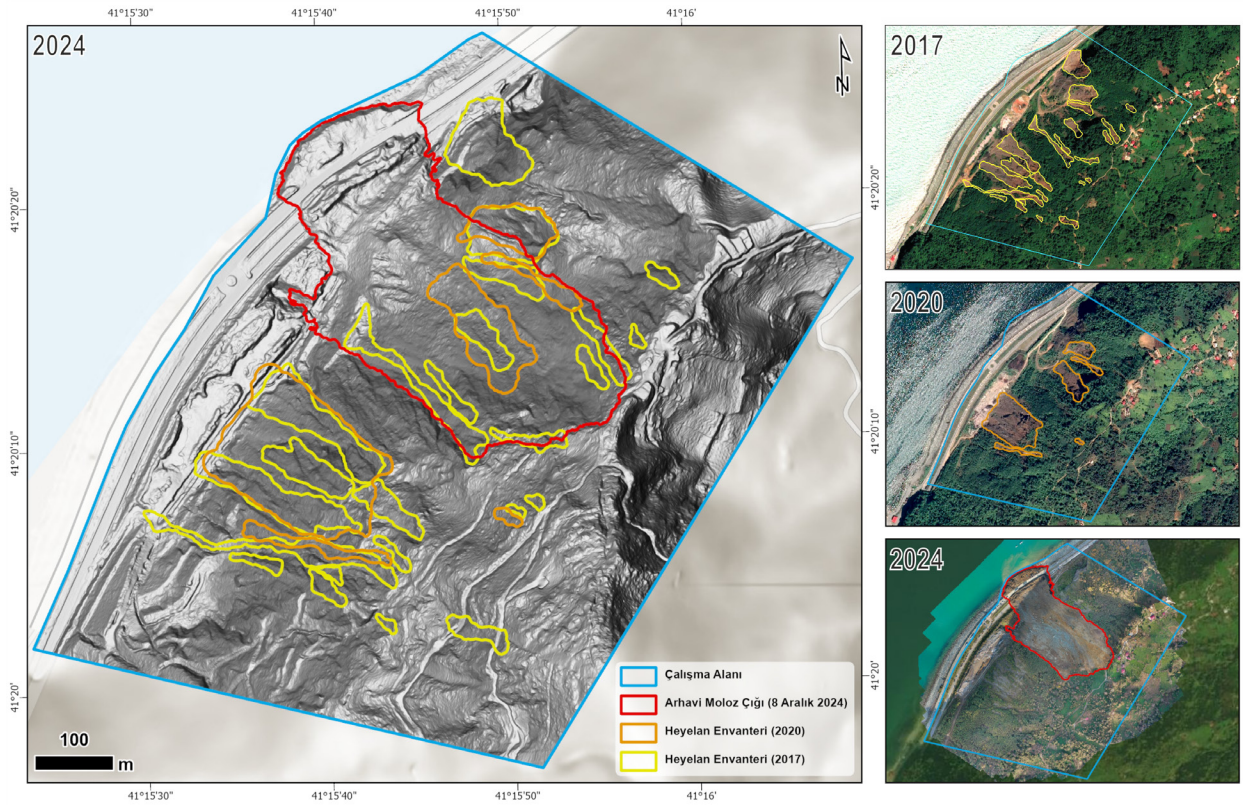


**Şekil 9:** Güngören moloz çığının geliştiği alan ve yakın çevresinin çok zamanlı heyelan envanterinin oluşturulması için kullanılan uzaktan algılama verileri.

Heyelanların haritalaması ve envanterin oluşturulması kapsamında 2017 tarihli MAXAR uydu görüntüleri kullanılmıştır. Farklı dönemli uydu görüntülerine ek olarak, 09 Aralık 2024 tarihinde yapılan saha çalışması sırasında AFAD tarafından gerçekleştirilen LiDAR ölçümü sonrasında üretilen; bitki örtüsünden arındırılmış topoğrafyayı temsil eden LiDAR Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve yine aynı tarihte İTÜ Geohazard ekibi tarafından gerçekleştirilen İHA uçuşu sonrası üretilen optik tabanlı SYM ve ortofoto setleri kullanılmıştır.



2017 yılına ait MAXAR uydu görüntüsü kullanılarak Güngören moloz çığının geliştiği alanda ve çevresinde farklı tip ve büyüklükte 24 heyelan haritalanmıştır. Heyelan tip sınıflamasına bağlı olarak haritalanan dört heyelanın kayma, 11 heyelanın çamur akması ve dokuz heyelanın ise moloz akması tipinde geliştiği tespit edilmiştir. Bu envanter kapsamında haritalanan en küçük heyelanın yüzey alanı 200 m<sup>2</sup> iken, en büyük heyelanın yüzey alanı ise 7.706 m<sup>2</sup>'dir. 2020 tarihli MAXAR görüntüsü kullanılarak farklı tip ve büyüklükte altı heyelan haritalanmıştır. Heyelan tip sınıflamasına bağlı olarak bir heyelanın kayma, bir heyelanın çamur akması, iki heyelanın moloz akması ve iki heyelanın ise moloz çığı tipinde geliştiği tespit edilmiştir. Bu envanter kapsamında haritalanan en küçük heyelanın yüzey alanı 473 m<sup>2</sup> iken, haritalanan en büyük heyelanın yüzey alanı ise 30.090 m<sup>2</sup>'dir.

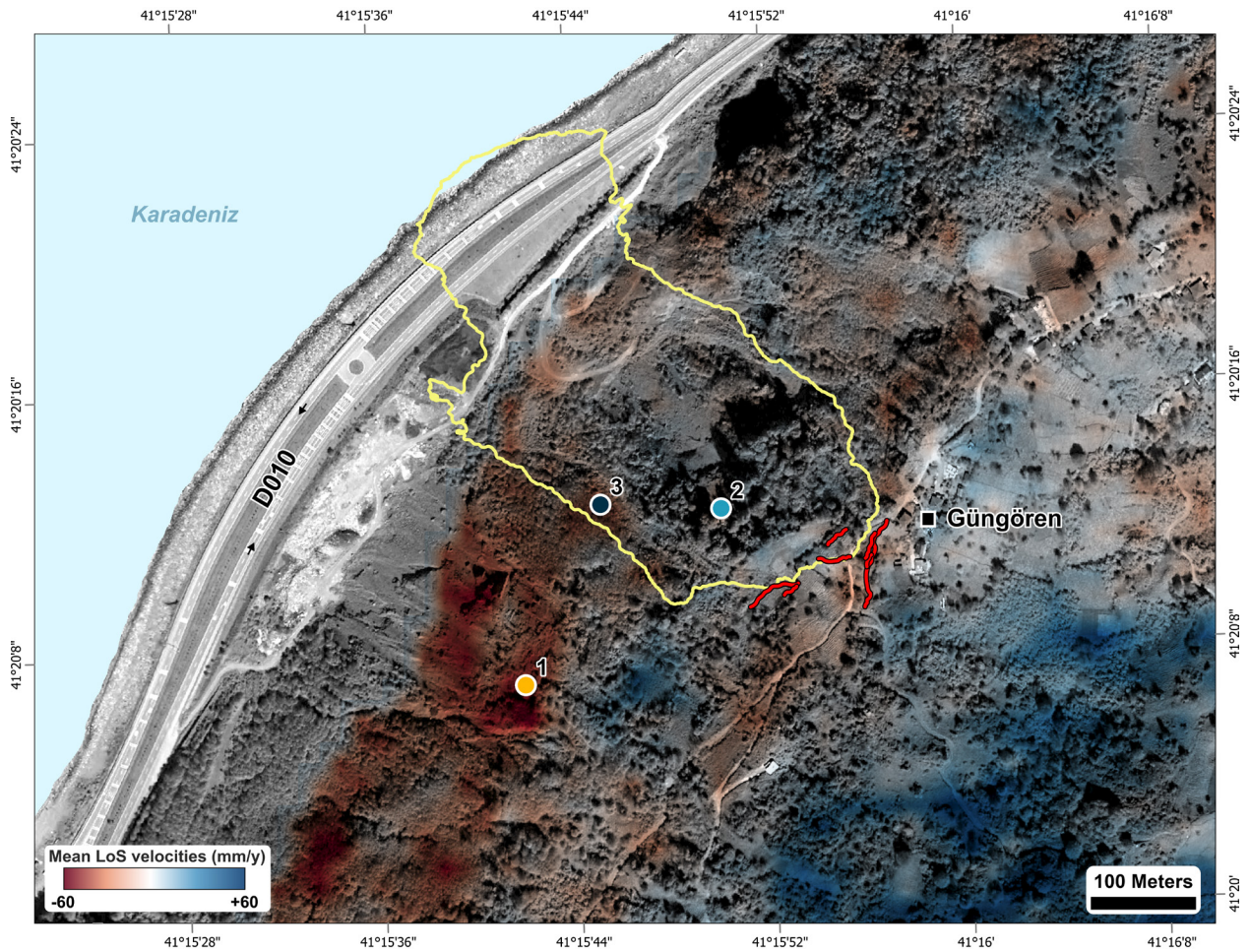


**Şekil 10:** Güngören moloz çığının geliştiği alan ve yakın çevresine ait çok zamanlı heyelan envanteri.

AFAD tarafından üretilen LiDAR SYM ve ITU Geohazard araştırma grubunun ürettiği ortofoto ve SYM verisi kullanılarak yapılan envanter çalışmasında, güncel heyelan alanının (Güngören moloz çığı) dışında, geçmişte bu alanda gelişmiş farklı heyelanlar da haritalanmıştır. Envanter kapsamında haritalanan en küçük heyelanın yüzey alanı 1.916 m<sup>2</sup> iken en büyük heyelanın yüzey alanı ise 39.076 m<sup>2</sup>'dir. Heyelan envanter çalışmaları kapsamında yapılan haritalama ve analizlere bağlı olarak, Güngören moloz çığının geliştiği alan ve çevresinde, geçmişte farklı tip ve büyüklükte birçok heyelan olayının gerçekleştiği belirlenmiştir.



Güngören moloz çığı öncesindeki deformasyon, Yapay Açıklıklı Radar İnterferometri (InSAR) tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizlerde, 01.01.2022 ve 08.12.2024 tarihleri arasında alçalan yörüngede 89 adet (path 123 Looks:5x1) Sentinel-1 uydu görüntüsü ve 01.01.2022 ve 27.11.2024 tarihleri arasında yükselen yörüngede 89 adet (path 145 Looks: 5x1) Sentinel-1 uydu görüntüsü, ASF HyP3 üzerinden açık erişime sunulan Sentinel-1 Burst veri seti kullanılarak elde edilmiştir (Hogenson vd., 2016). 800 metre ve 24 günlük baz uzunlukları ile Alçalan yörüngede elde edilen 173 adet interferogram çifti ve yükselen yörüngede elde edilen 175 adet interferogram çifti, ayrı ayrı olacak şekilde, bir SBAS (Sandwell ve Price, 1998) yazılımı olan MintPy (Yunjun vd., 2019) kullanılarak işleme sokularak, çalışma alanına ait atmosferik düzeltmeleri yapılmış (Jolivet vd., 2011) ve veriler ile zamana bağlı deformasyon değerleri hesaplanmıştır (**Şekil 11**).



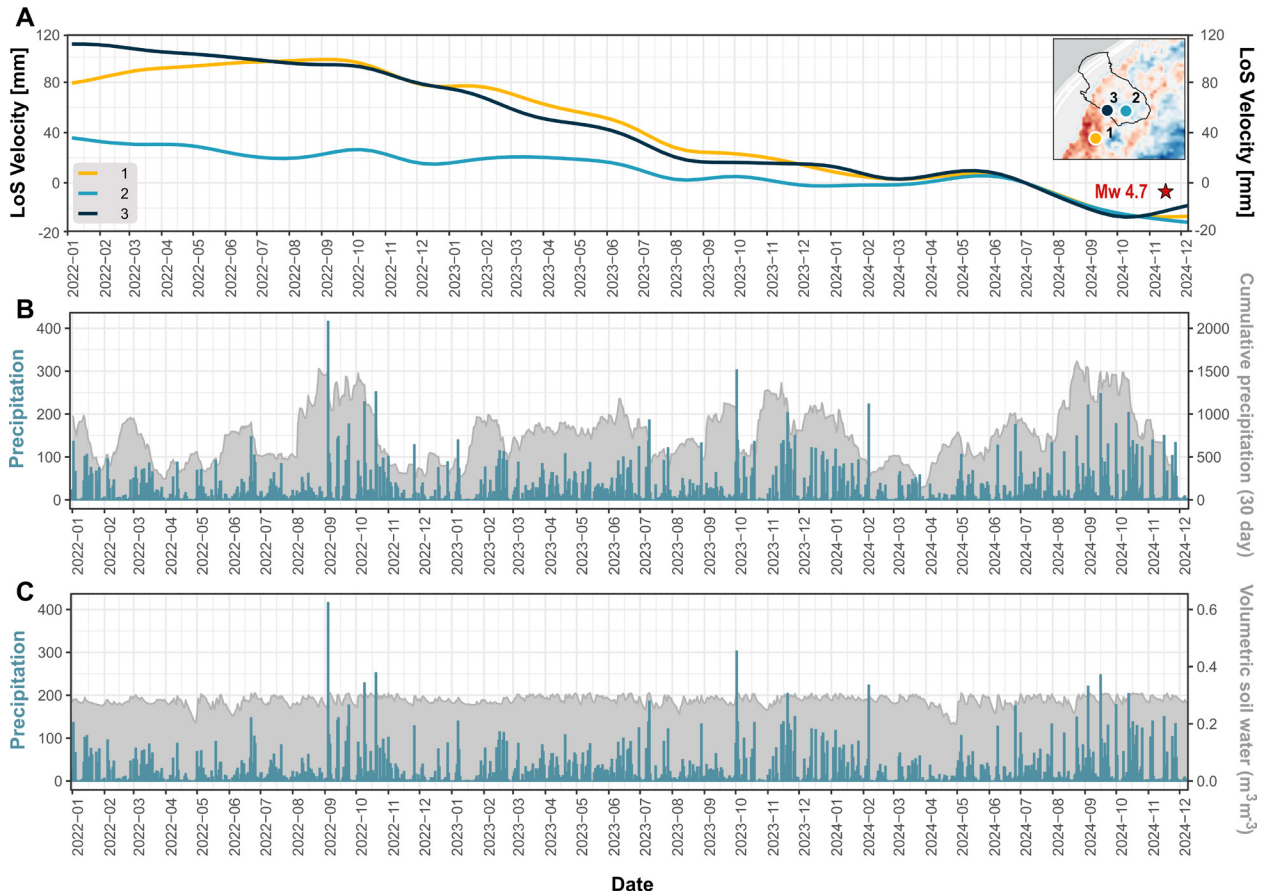
**Şekil 11:** Güngören moloz çığı öncesi uydu görüş hattı yönündeki ortalama yüzey deformasyonu. 1-3 numaralı noktalar deformasyon zaman serisi (Şekil 12a) lokasyonlarını belirtmektedir. Kırmızı çizgiler, 2020 MAXAR görüntüsü ile belirlenmiş çatlakları göstermektedir.

01.01.2022 ve 27.11.2024 tarihleri arasındaki görüntülerden elde edilen deformasyon sonuçları, moloz çığının özellikle gerisindeki taç bölgesi ve güney batısında kalan kanat kesiminde (Şekil 11) belirgin

deformasyonları ifade eder. Yıllık ortalaması yaklaşık olarak 6 cm mertebesinde olan bu deformasyonlar, olay öncesi kütlenin hareketini işaret etmesi bakımından önemli belirteçlerdir.

Güngören moloz çığının güney batısında yer alan 1 numaralı noktada (**Şekil 11**), büyük bir kısmı eski bir kütle hareketine karşılık gelen kesimde yıllık ortalama deformasyon değerleri 6 cm'dir. Bu alan, yeni hareketlerin gelişebileceği potansiyel duraysız bir alan olarak belirlenmiştir. Buna karşın, moloz çığının geliştiği kesimin yersel tekniklerle izlenmesi, gelecekteki davranışının kapsamlı bir şekilde anlaşılması için önem arz etmektedir.

Deformasyonun zamana bağlı olarak değişimi (**Şekil 12A**), özellikle günlük ve 30 günlük kümülatif yağışlarla (**Şekil 12B**) ve toprağın 7-28 cm'lik kesimindeki toprak suyu miktarı (**Şekil 12C**) arasındaki görsel bakımdan yaptığımız ilksel karşılaştırmada, özellikle kümülatif yağış artış dönemi ile artan ve sonrasında düşen epizodik bir deformasyon deseni dikkati çekmektedir. Bu davranış, sonraki dönemde istatistiksel olarak ele alınarak nicel olarak değerlendirilecektir.



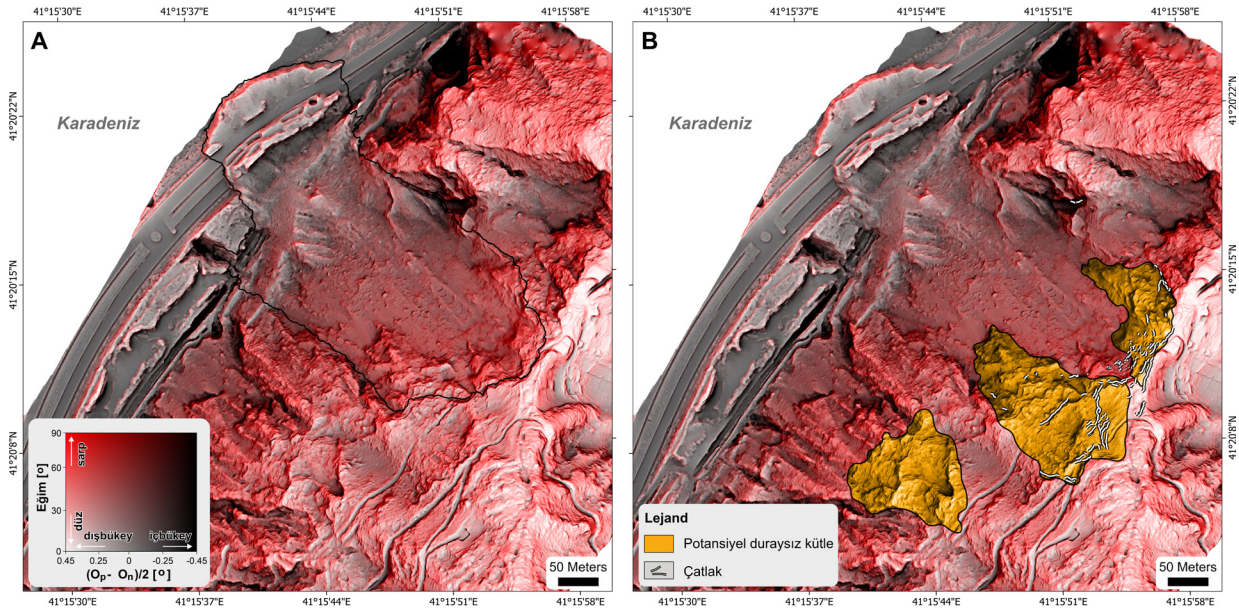
**Şekil 12:** InSAR sonuçlarının muhtemel tetikleyici faktörlerle bireşimi. (A) Deformasyonun zamana bağlı olarak değişimi ve (B) ERA5 günlük verilerinden elde edilmiş (CDS; 2025) günlük yağış, yağışın kümülatif



(30 günlük) değişimi ve (C) toprağın 7-28 cm'lik kesimindeki hacimsel toprak suyu miktarının karşılaştırılması. Kırmızı renkle gösterilen yıldız, 15 Kasım 2024 Mw= 4,7 Pazar (Rize) depremini gösterir.

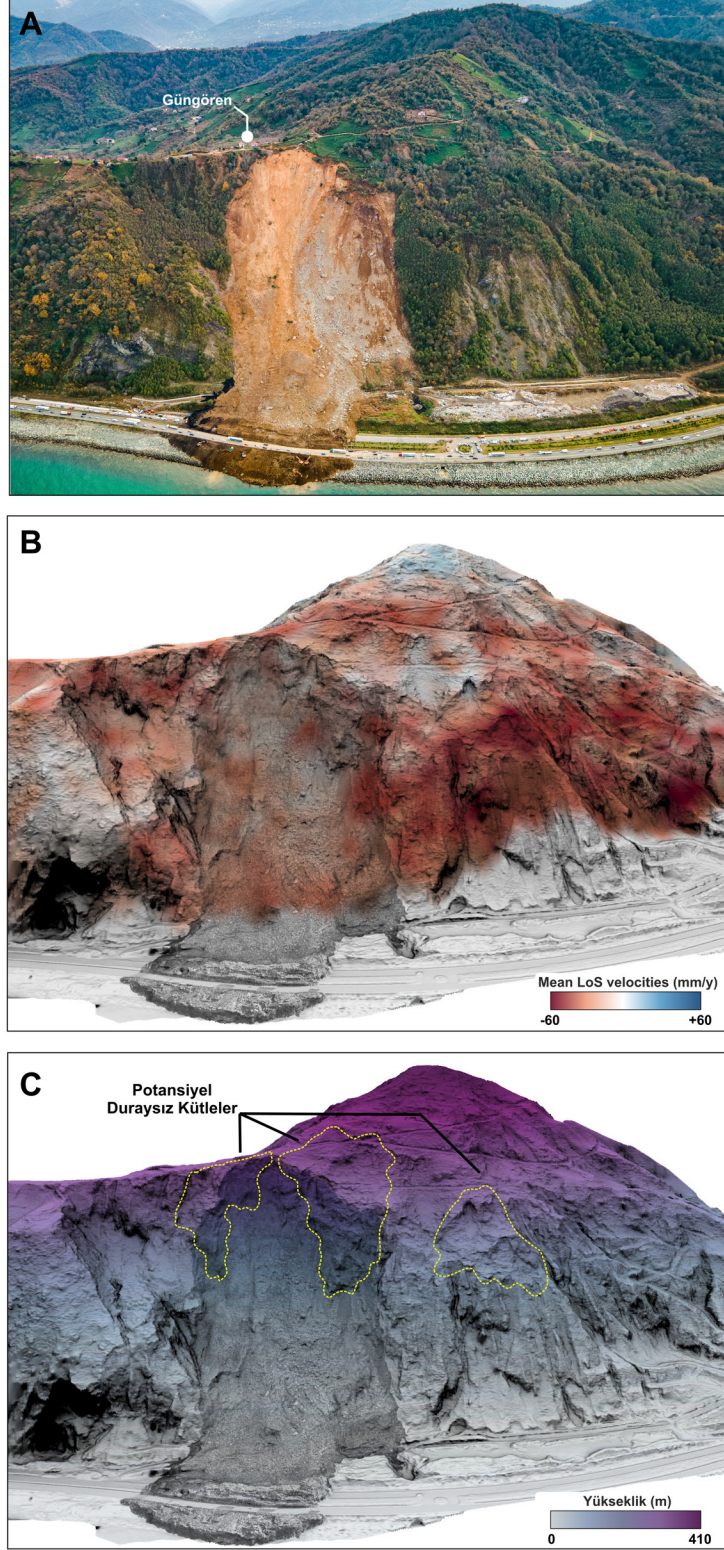
09 Aralık 2024 tarihinde arazi gözlemlerinin Güngören Mahallesi kısmında, muhtar ve mahalle sakinleri ile yapılan görüşmelerde, kütlenin üst kesiminde ve orman yolu üzerinde bulunan çatlakların 15 Kasım 2024 sonrası Pazar (Rize) depremi (Mw 4,7) sonrası belirgin olarak arttığı sözlü olarak belirtilmiştir. InSAR deformasyon hızlarında (**Şekil 12A**) belirgin bir farklılık gözlenmemesine karşılık, bölgede yaklaşık 3-5 gün kesintisiz devam eden yağışların da bir tetikleyici faktör olarak rolü önemlidir. Belirgin ana bir tetikleyicinin varlığı söz konusu olmamasına rağmen, Kasım ve Aralık aylarını kapsayan saatlik yağışların analizi ve özellikle AFAD'a bağlı sismik istasyon kayıtlarından yapılacak analizlerle yer ivmesi (PGA) bu bölge için hesaplanarak detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Kütlenin kaynak alanında ve gerisinde çatlak sistemlerinin yaygın olarak gözlemlendiği taş bölgesinde, 09 Aralık 2024'te yaptığımız saha gözlemlerinde, çatlak sitemlerinin yüzey alanları 9.445 m<sup>2</sup> – 23.100 m<sup>2</sup> arasında değişen iki farklı kütleyi sınırlandığı tespit edilmiştir (**Şekil 13A-B**). Bu kütlelerin varlığı sonraki tehlike ve risklerin boyutlarının anlaşılması için önemlidir. Bu kütlelere ek olarak, moloz çığının güneyinde yer alan ve özellikle InSAR deformasyon sonuçlarına göre yıllık ortalama deformasyonu 6 cm olan muhtemel duraysız bir kütle de gelecekte hareket edebilecek potansiyel bir alan olarak tanımlanmıştır (**Şekil 13A ve 14A-C**).



**Şekil 13:** Güngören moloz çığı ve yakın çevresinde belirlenen potansiyel duraysız kütleler. (A) Kırmızı Rölöf Görüntü Haritası ve Moloz Çığının sınırları. (B) Potansiyel duraysız kütleler ve çatlaklar.





**Şekil 14:** Güngören moloz çığının üç boyutlu gösterimi. (A) Moloz çığının kuzeyden İHA'dan elde edilen eğik görünümü ve Güngören Mahallesi'nin konumu, (B) 01.01.2022 ve 27.11.2024 tarihleri arasındaki Sentinel-1 uydu görüntülerden elde edilen InSAR deformasyon sonuçları ve (C) Potansiyel duraysız kütlelerin lokasyonları.

Güngören moloz çığı sonrası bu kütlelerin daha iyi anlaşılması için oluşturduğumuz üç boyutlu görsellerde (**Şekil 14A-C**), toplam yüzey alanı 47.017 m<sup>2</sup> olan üç farklı kütlelerin yenilme potansiyeline sahip olduğu, söz konusu bu tehlikenin özellikle D010 otoyolu için risk taşıdığı söylenebilir. Bu kütlelerin hareketine bağlı olarak harekete geçecek toplam malzeme miktarı, olayın hızı ve bu malzemenin etki mesafesinin hesaplanarak D010 için olası etkileri detaylı etütlerle ele alınacaktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Saha gözlemleri, güncel ve geçmiş uzaktan algılama verileri ve analizlerin birlikte değerlendirilmesi ile ulaşılan sonuçlar, tespit ve öneriler ana başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

- 08.12.2024 tarihinde meydana gelen Güngören (Arhavi) heyelanı, Geç Kretase yaşlı, aşırı derecede ayrılmış bazaltik-andezitik volkanik kayalar içerisinde gelişmiş bir moloz çığıdır. Toplam yüzey alanı 105.210 m<sup>2</sup> olan bu olay sonucu 100.057 m<sup>3</sup> malzeme D010 karayolunun her iki yönünü de trafiğe kapatacak şekilde gelişmiştir. Toplam 4 kişinin yaşamını yitirdiği olay, “aşırı hızlı” (>5m/s) kütle hareketi sınıfında yer almaktadır.
- 1983 yılında projelendirilen ve 2006 yılında tamamlanan Karadeniz Sahil Yolu çalışmaları sırasında taş ocağı olarak işletilen kesimin üst kotlarında ve güncel heyelanın doğu kesiminde, 03.04.2006 tarihinde gerçekleşen heyelanda bir kişi hayatını kaybetmiştir. Söz konusu bu olay, dahası bu teknik ve bilimsel rapor kapsamında oluşturduğumuz çok zamanlı heyelan envanteri Güngören moloz çığının bu alan için sürpriz olmadığını ortaya koymaktadır.
- Saha gözlemleri ve mahalle sakinlerinin beyanlarına göre, çatlak sistemlerinin moloz çığı olayından çok önce taş bölgesinde geliştiği belirtilmiştir. 2020 yılına ait MAXAR görüntüleri üzerinde yaptığımız incelemelerde bu çatlakların mevcut olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 15 Kasım 2024 tarihinde saat 12.02’de gerçekleşen  $M_w$  4,7 Pazar (Rize) depremi sonrası bu çatlakların büyüdüğü rapor edilse de, olay öncesi bölgede mevcut yağışların kümülatif etkisi nedeniyle muhtemel tetikleyici faktöre ilişkin bulgular hem depremin hem de meteorolojik faktörlerin ortak etkisinin bu alan için net ölçülememesi nedeniyle açık değildir.
- Güngören moloz çığı sonrası hem saha çalışmaları hem de LiDAR verileri kullanılarak oluşturulan jeomorfolojik değerlendirmeler sonrası, gelişen çatlak sistemleri tarafından limitlendirilen potansiyel olarak duraysız iki ana kütle belirlenmiştir. Bu kütlelere ek olarak, InSAR verilerine dayalı olarak hesaplanan deformasyonlar da eski bir heyelan kütlelerinin gerisinde yavaş hareket eden potansiyel

olarak duraysız bir kütlenin varlığı tespit edilmiştir. Gerekli koşullar oluştuğunda, bu üç kütlenin bulunduğu yamaçların yenilmesi büyük olasılıkla gerçekleşecektir. Bu alanlarda detaylı jeoteknik ve jeofizik etütler ve heyelan izleme çalışmaları yapılarak önlemlerin alınması gerekmektedir.

- Genel bir sonuç olarak, yerleşim ve ulaşım koridorları (otoyol, demiryolu ve enerji nakil hatları) boyunca LiDAR gibi bitki örtüsüne bağlı belirsizlikleri ortadan kaldıran teknolojileri kullanarak bir kaçınma zonu olan heyelanların varlığını ortaya çıkarak heyelan envanter haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Bu heyelanların tip ve malzeme karakterizasyonunun çok detaylı bir şekilde yapılarak alınacak mühendislik önlemlerinin buna göre dizayn edilmesi gerekmektedir.
- InSAR gibi teknolojiler, deformasyonun zamansal ve mekânsal davranışını izleme konusunda etkin bir araç olup detaylı heyelan envanterleri ile birlikte kullanılmalıdır. Dünyada SAR temelli uzaktan algılama teknolojilerinin planlama ve mühendislik projelerinde etkin bir şekilde kullanılması yaygınlaşmakta olup Türkiye’de de bu teknolojilerin daha etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu yaklaşımların benimsenmesi, bu tip olayların önceden tespit edilmesini, risklerin azaltılmasını ve ülkemizin afetlere karşı dirençliliğini artıracaktır.

## REFERANSLAR

Akin, H. (1979). Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. *Geologische Rundschau*, 68, 253-283.

Aksu, M. (2019). *Kutanit (Arhavi-Artvin) cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Alan, İ., Balcı, V., Keskin, H., Altun, İ., Böke, N., Demirbağ, H., ... & Hanılçı, N. (2019). Çayeli (Rize) ve İspir (Erzurum) arasında kalan alanın tektonostratigrafik özellikleri. *MTA Dergisi*, 158, 1-29.

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1), 1-12.

Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., & Sansosti, E. (2002). A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40, 2375-2383.

Brideau, M. A., Stead, D., Millard, T. H., & Ward, B. C. (2019). Field characterisation and numerical modelling of debris avalanche runout on Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Landslides*, 16(5), 875-891.

Cruden, D. M. (1996). Landslide types and processes. *Transportation Research Board, Special Report*, 247, 36-57.

Dai, FC., Lee, CF., Ngai, YY. (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. *Eng Geol*, 64(1):65–87



- Fidan, S., Tanyaş, H., Akbaş, A., Lombardo, L., Petley, D. N., & Görüm, T. (2024). Understanding fatal landslides at global scales: A summary of topographic, climatic, and anthropogenic perspectives. *Natural Hazards*, 1-19.
- Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161-2181.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., & Özsayar, T. (1979). The main lines of geotectonic development in the East Pontides in the Mesozoic areas: *Geochronology*, 555-580.
- Görüm, T., & Fidan, S. (2021). Spatiotemporal variations of fatal landslides in Turkey. *Landslides*, 18(5), 1691-1705.
- Görüm, T., Fidan, S., Akbaş, A., & Gökçe, O. (2025). Space-time persistency rate of landslides in Türkiye *Landslides*, (In-preparation).
- Güven, İ. H. (1993). *Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu*. MTA Yayınları, Ankara.
- Güven, İ. H. (1998a). Trabzon-C30 ve D30 Paftaları. *1/100,000 Ölçekli Acinsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları*, 59. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Güven, İ. H. (1998b). Trabzon-C29 ve D29 Paftaları. *1/100,000 Ölçekli Acinsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları*, 59. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., & Galli, M. (2006). Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology*, 81(1-2), 166-184.
- Haque, U., Da Silva, P. F., Devoli, G., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., ... & Glass, G. E. (2019). The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014). *Science of the Total Environment*, 682, 673-684.
- Hogenson, K., Kristenson, H., Kennedy, J., Johnston, A., Rine, J., Logan, T. A., Zhu, J., Williams, F., Herrmann, J., Smale, J., et al. (2016). Hybrid Pluggable Processing Pipeline (HyP3): A Cloud-Native Infrastructure for Generic Processing of SAR Data. In *Proceedings of the 2016 AGU Fall Meeting*, San Francisco, CA, USA, 12–16 December 2016.
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11, 167-194.
- International Geotechnical Society's UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI). (1991). A suggested method for a landslide summary. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, 101-110.
- Jolivet, R., Grandin, R., Lasserre, C., Doin, M.-P., & Peltzer, G. (2011). Systematic InSAR tropospheric phase delay corrections from global meteorological reanalysis data. *Geophysical Research Letters*, 38, L17311.
- Klose, M., Damm, B., Highland LM. (2015). Databases in geohazard science: an introduction. *Geomorphology*, 249:1–3.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karslı, Ş., Çolak, T., & Topçu, T. (2006). Doğu Karadeniz Bölgesinin jeodinamik ve metalojenik evrimi. *General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA)*, No: 10875, Ankara.
- Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C., & Jaedicke, C. (2006). Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides*, 3, 159-173.

- Okay, A. I., & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In A. G. Robinson (Ed.), *Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region* (Vol. 68, pp. 291–311). AAPG Memoir.
- Öz, E. T., Vishnevskaya, V., Kopaevich, L., & Çapkinoğlu, Ş. (2018). Turonian–Santonian radiolarians and planktonic foraminifers of the Upper Cretaceous sequences between Trabzon and Giresun areas in the Eastern Pontides, NE Turkey. *Palaeoworld*, 27(1), 117-144.
- Petley, D. (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*, 40(10), 927-930.
- Popescu, M. E. (1990). A suggested method for reporting a landslide. UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI). *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 41, 5-12.
- Sandwell, D. T., & Price, E. J. (1998). Phase gradient approach to stacking interferograms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103, 29743-30604.
- Soycan, H., & Hakyemez, A. (2018). The first calibration of radiolarian biochronology with Late Cretaceous (latest Coniacian–Santonian to early Campanian) planktonic foraminifera in the volcano-sedimentary sequences of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Cretaceous Research*, 85, 319-348.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Turoğlu, H. (2005). Trabzon-Sarp arası Karadeniz sahil yolu inşaatının jeomorfolojik etkileri. *2005 Ulusal Coğrafya Kongresi, İsmail Yalçınlar anısına*, 353-361.
- Varnes, D. J. (1954). Landslide types and processes. In E. B. Eckel (Ed.), *Landslides and engineering practice, Special Report 28* (pp. 20–47). Highway Research Board, National Academy of Sciences.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides, analysis and control, Special Report 176* (pp. 11–33). Transportation Research Board, National Academy of Sciences.
- Yılmaz, A., Adamia, S., Lordkipanidze, M., Yılmaz, T., Kurt, I., Abesadze, G., ... & Özkan, N. (2001). A study of tectonic units of the area along Turkish-Georgian border. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on the Petroleum Geology and Hydrocarbon Potential of the Black Sea Area* (pp. 119-132). Sile-Istanbul, Turkey.
- Yunjun, Z., Fattahi, H., & Amelung, F. (2019). Small baseline InSAR time series analysis: Unwrapping error correction and noise reduction.



zenodo



10.5281/zenodo.14625940