



## Saptırma Duvarlarının Çığ Kontrol Önlemi Olarak Trabzon Araklı-Kayaiçi Köyünde Projelendirilmesi

Abdurrahim Aydın<sup>1</sup>, Remzi Eker<sup>2</sup>

### Özet

Trabzon Araklı-Kayaiçi Köyü çığ olaylarının hemen her yıl meydana geldiği bir yerleşim alanıdır. Yerel kaynaklardan elde edilen bilgilere göre 1890'larda meydana gelen en büyük ve eski çığ ile 1993 yılında meydana gelen çığ olayı yapılarda maddi hasara sebep olan iki önemli çığ olayıdır. Kayaiçi Köyü'nde çığ olayları iki başlama bölgesinden (1 ve 2 kod numaralı) meydana gelmektedir. Kayaiçi Köyü'nde çığ probleminin tespiti, çığ riskinin minimizasyonu için gerekli teknik koruyucu önlemlerin belirlenmesi ve tasarlanması amacıyla arazi ve ofis çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çığ tehlike bölgelerinin belirlenmesi ve akış hızı, akış yüksekliği ve etki basıncı gibi dinamiklerinin hesaplanması için 100 yıl tekerrürlü senaryo için iki boyutlu çığ simülasyonları yapılmıştır. Yapılan simülasyonlar ve arazi gözlemleri temelinde çığ kontrolü amacıyla 1 kod numaralı başlama bölgesinden kopan çığ olayı için 5.15 m yüksekliğinde ve 90 m uzunluğunda saptırma duvarı önerilmektedir. Ayrıca mevcut durum ve saptırma duvarı inşası sonrası tehlike bölgeleme haritası çıkarılarak artık (residual) risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çığ kontrolü, Çığ simülasyonu, Tehlike bölgeleme, Saptırma duvarı

## Designing Deflection Dam as a Snow Control Measure at Trabzon Araklı-Kayaiçi Village

### Abstract

In the Kayaiçi Village (Trabzon-Turkey), snow avalanches occur almost every year. According to interviews with local villagers, two known oldest and biggest snow avalanches occurred in 1890s and in 1993 causing damages of buildings located in the village. There are two release zones (coded as 1 and 2) of snow avalanche within the Kayaiçi Village. In order to define actual avalanche problem, to suggest and to design technical avalanche defense structures for minimization of avalanche risk in the area, field works and office works were made. For the determination of hazard zones and calculation of the avalanche dynamics such as maximum velocity, flow height, and impact pressure, 2-dimensional snow avalanche simulations were made for the scenarios of 100 year recurrent period for each release zone. On the basis of field works and simulation results, for the avalanche could be released from 1 coded release zone, a deflecting dam (wall) with height of 5.15 m and length of 90 m was suggested. In addition, evaluation of residual risk was made by hazard zoning for both actual situation and also after construction of deflecting dam.

**Keywords:** Avalanche control, Avalanche simulation, Hazard zoning, Deflecting dam

### Giriş

Tarih boyunca çığlar tüm dünyada dağlık alanların gelişiminde önemli bir etkiye sahip olarak kabul edilmiştir. Bunun en önemli göstergesi eski yerleşim alanlarının, dağlık alanlarda genellikle çığ riskinin olduğu yerlerden uzakta oluşturulmasıdır (Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Çığların olumsuz etkilerine karşı etkin şekilde korunma imkânlarının olmamasından dolayı risk altında olan alanlarda yerleşimin önlenmesi veya tahliye gibi tedbirlere başvurulurken, son dönemlerde çığlara karşı teknik önlemler, özellikle Alp ülkeleri (Avusturya, İsviçre, İtalya ve Fransa) ile birlikte Norveç, ABD, Kanada ve İzlanda da kısa zaman içerisinde örneklerinin artmasıyla birlikte dünya genelinde dağlık bölgelerde uygulanmaya başlamıştır (Johannesson ve ark., 2009; Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Bu

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, 81620 Düzce, e-mail: aaydin@duzce.edu.tr

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, 81620 Düzce, e-mail: remzieker@duzce.edu.tr

kapsamda yapılan çalışmalara örnekler; Rao (1982), Campbell ve ark. (2008), Stoffel ve Schweizer (2008), Wilbur (2012), Margreth ve Mattice (2012), Margreth ve ark. (2014), Volk ve ark. (2015) verilebilir. Bu durum ayrıca bağımsız bir mühendislik alanının ortaya çıkmasına da sebep olmuştur.

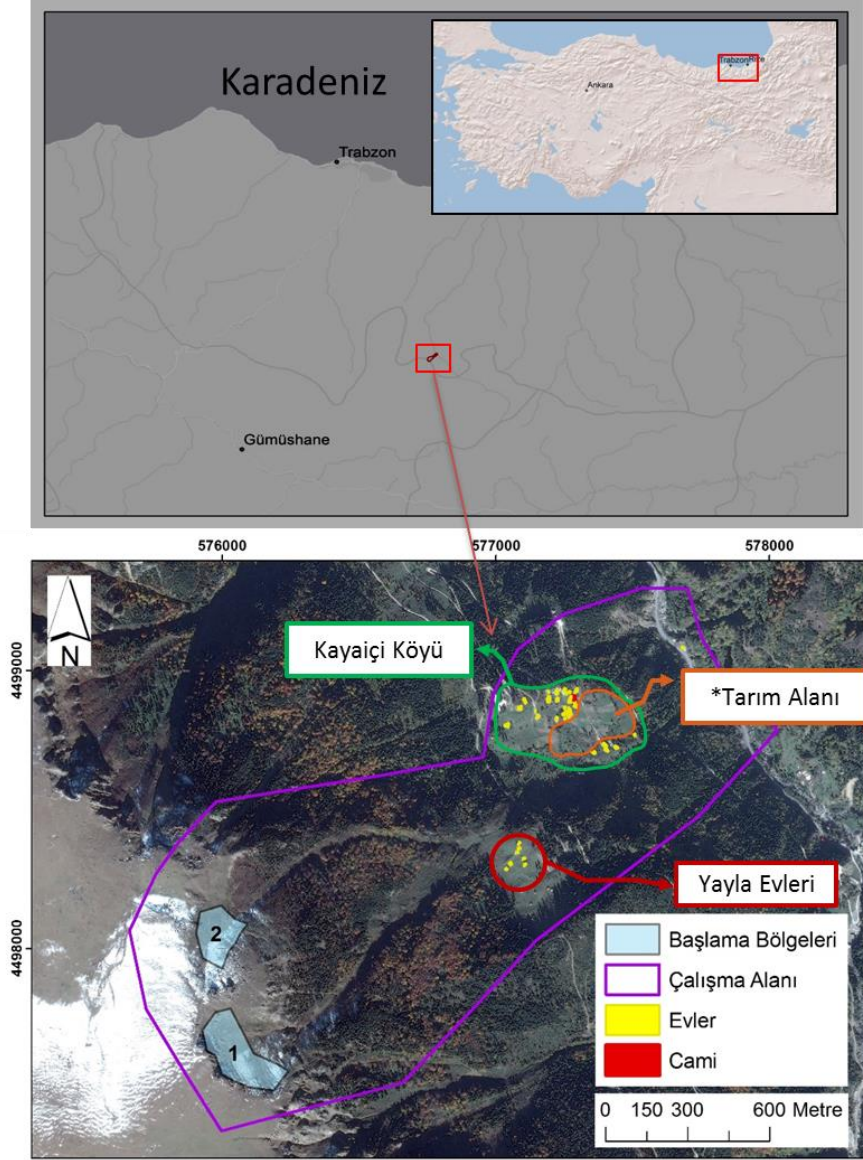
Çığ kontrolünün en temel amacı kar örtüsünün bulunduğu yamaçtan vadi tabanına doğru kayarak can ve mal kaybına sebep olmasının ortadan kaldırılması veya azaltılmasıdır. Çığ tehlikesi göreceli olup sadece insanlar, binalar, araçlar ve altyapı gibi risk altındaki bileşen(ler)e ilişkin olarak değerlendirilmektedir. Bundan dolayı çığ koruma önlemleri spesifik senaryolara bağlı olarak dizayn edilmektedir. Aktif ve pasif koruma önlemleri olarak sınıflandırılmalarının yanı sıra yapısal ve yapısal olmayan ve ayrıca kalıcı ve geçici önlemler şeklinde de kategorize edilebilmektedirler (Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Ayrıca çığ yolu içerisindeki konumlarına (başlama, akma ve birikme bölgesi) bağlı olarak farklı tiplerde önlemler uygulanmaktadır (IRASMOS, 2008; Johannesson ve ark., 2009; Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Bu önlemler; 1) arazi kullanım planlaması, 2) tahliye (evacuation), 3) destek yapıları, 4) saptırma duvarları (deflecting dams), 5) depolama barajları (catching dams), 6) bireysel olarak yapıların korunması için özel önlemler, 7) frenleyici tümsekler (braking mounds), 8) binaların güçlendirilmesi (reinforcement of buildings) ve 9) başlama bölgelerinde kar birikiminin azaltılması. Genellikle yüksek rakımlarda yer alan ve farklı zemin özelliklerine sahip, ulaşılması zor yamaçlara inşa edilmeleri gereken teknik yapıların (Margreth, 2007) mutlaka yapımı kolay, pahalı olmayan, sağlam ve kesin olarak etkinliği kanıtlanmış şekilde uygulanmaları gerekmektedir. Ayrıca kısıtlı kamu kaynaklarının doğru kullanılması adına önlemlerin teknik kapasitelerinin yeterliliği yanında maliyet-etkin olmasının da dikkate alınması gerekmektedir (IRASMOS, 2008).

Türkiye’de dik ve eğimli topoğrafyaya sahip dağlık alanlarda, çığ olayları insanlar ve yerleşim alanları üzerinde tehlike oluşturan bir doğal afettir. Türkiye’de yılda ortalama 24 kişi çığlardan dolayı hayatını kaybetmektedir (Aydın ve ark., 2014). Genellikle çığlardan etkilenen yerleşim alanlarının dağlık alanlarda 1500 m’den yüksekte, eğimin çığ oluşumuna uygun aralıklarda olduğu ve çoğunlukla bitki örtüsünden yoksun çıplak yamaçlarda yer aldığı görülmektedir (Tuncel, 1990; Gürer, 2002). Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi, Orta ve Doğu Karadeniz ile İç Anadolu Yukarı Kızılırmak Bölümü ve Doğu ve Güneydoğu Toroslarda çığ olaylarına duyarlı olarak değerlendirilmektedir (Gökçe ve ark., 2008). Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Trabzon-Araklı Kayaiçi Köyü hemen her yıl kış mevsiminde çığ olayının meydana geldiği bir yerleşim alanıdır. Bu çalışmada Trabzon Araklı Kayaiçi Köyü için 100 yıl tekerrür aralığında 2-boyutlu (2B) çığ simülasyonu yapılarak çığ tehlike sınırları ve muhtemel önlemlerin kararlaştırılması ve tasarlanmasında yardımcı bilgileri sağlayan maksimum çığ akış hızı, akış yüksekliği ve etki basıncı gibi veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu verilere bağlı olarak alanda çığ tehlikesinin minimizasyonu amacıyla çığ koruma önlemlerinden saptırma duvarı önerilerek projelendirilmiştir.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Çalışma Alanı**

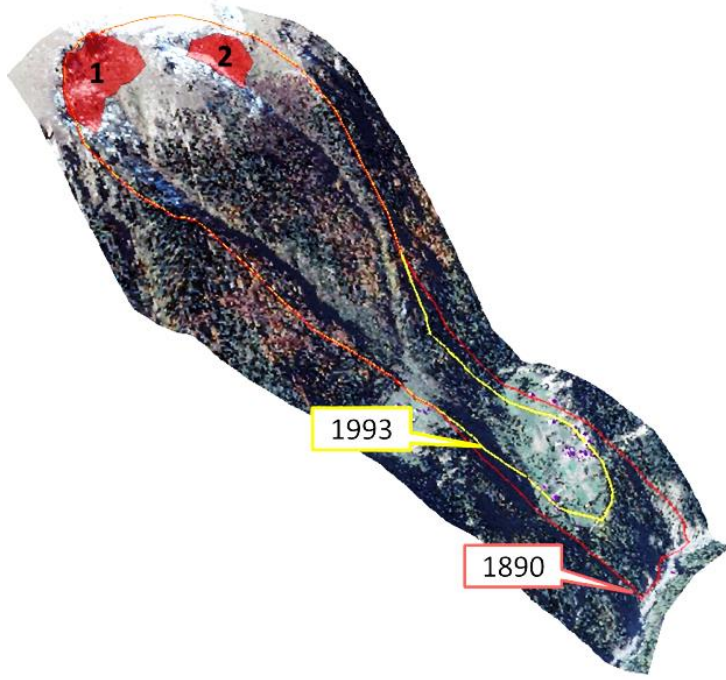
Çalışma alanı olan Trabzon Araklı Kayaiçi Köyü konum haritası Şekil 1’de gösterilmektedir. Çalışma alanı ED1950 UTM Zon 36 koordinat sisteminde K 575660-4499297 ile D 578029-4497343 koordinatları arasında yer almaktadır.



**Şekil 1.** Çalışma alanı konum haritası (\*Köy sakinlerinin yapılaşmadan uzak durduğu çığ akış yolundaki tehlikeli alanda yer almaktadır)

### Çığ Durumu

Kayaıçi Köyü'nde yerel kaynaklardan elde edilen bilgilere göre iki büyük çığ olayı köydeki yapılara hasar vermiştir. Bilinen en eski çığ olayı 1890'larda meydana gelen çığ olayı olup kar kütlesi, yamacın altındaki dereye kadar inerek anayolun kapanmasına ve bazı evlerin de zarar görmesine sebep olmuştur (Şekil 2). Yerleşim yerine zarar veren bilinen diğer çığ olayı ise 1993 yılı Ocak ayında aşırı kar yağışından sonra meydana gelen çığ olayıdır (Şekil 2). Bu çığ olayından dolayı 6-7 ev hasar görürken, kar kütlesinin akış doğrultusuna göre sol tarafta kalan cami çığ kütlesinden direkt etkilenmiş, diğerleri ise çığ tozundan etkilenmiştir. Buradan meydana gelen çığ olayının tipinin toz kar çığ olduğu tahmin edilmektedir. Kayaıçi Köyü'nde çığların bahsedilen etkilerine rağmen aktif anlamda herhangi bir koruma önlemi alınmamıştır. Ancak köy sakinleri meydana gelen çığların akış yolu üzerine yapı yapmaktan uzak durarak ve bu alanda daha ziyade tarımsal faaliyetler gerçekleştirerek tehlikeli bölgeden uzak kalmaya çalışmaktadırlar. Hemen her yıl kış mevsiminde (genellikle Aralık/Ocak ve bazen Mart ayında) çığ olayının meydana geldiği yerel kaynaklardan öğrenilmiştir.



**Şekil 2.** 1890’larda (kırmızı) ve 1993 yılında (sarı) meydana gelen çığların muhtemel sınırları ve başlama bölgeleri

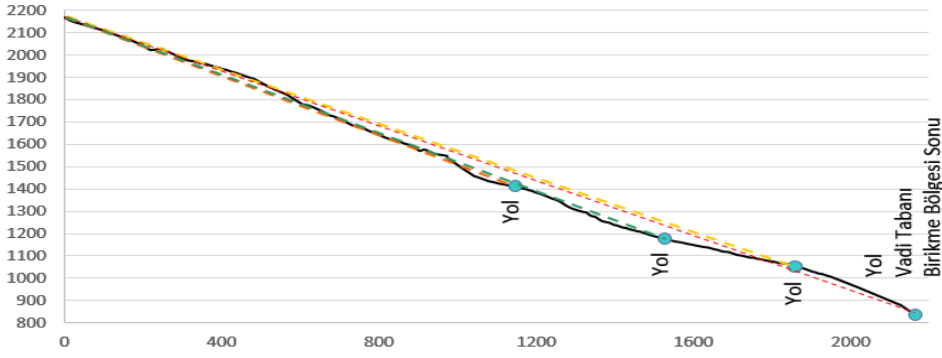
### Yapılan Çalışmalar

Kayaiçi Köyü’nde çığ tehlikesi durumunun belirlenmesi, problem tespiti ve çığ kontrolü amacıyla önleyici teknik yapı önerileri yapılabilmesi için gerçekleştirilen çalışmalar 1) arazi çalışmaları ve 2) ofis çalışmaları şeklinde iki aşamadan oluşmaktadır. Kayaiçi Köyü’nde çığ probleminin güncel durumunun gözlenmesi, tehlike sınırlarının belirlenmesinde gerekli konumsal ve konumsal olmayan verilerin toplanması amacıyla arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu arazi çalışmaları sürecinde ayrıca yerel kaynaklar ile görüşmeler yapılarak alanın çığ tarihi hakkında bilgi toplanılmıştır. Kayaiçi Köyü’ne tehdit oluşturan çığlar, D-KD bakılı ve 1970 m ile 2300 m yükselti arasında yer alan iki başlama bölgesinden kopmaktadır (Çizelge 1, Şekil 1, Şekil 2). Başlama bölgelerinin tamamı orman üst sınırında yer aldığından çığın başlamasını önleyici bir unsur bulunmamaktadır. Kayaiçi Köyü’ne tehlike oluşturan çığ yolu tipik bir kanal çığı özelliğinde olmayıp, daha ziyade serbest yamaç ve yatak çığının karışımı bir akma yüzeyi göstermektedir. Çığ yolunun başlama, akma ve birikme bölgeleri söz konusudur. Her bir başlama bölgesine ilişkin çığ yolu boy profilleri Şekil 3 ve Şekil 4’te verilmektedir. Alanda herhangi bir meteoroloji istasyonu ve kar derinliğine ilişkin herhangi bir ölçüm bulunmamaktadır. Sadece kapatılmadan önce Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün Uzungöl belde merkezindeki yapmış olduğu ölçüm verilerinden faydalanılarak muhtemel kar derinliği hakkında fikir edinilmiştir. Uzungöl belde merkezinde 100 yıl tekerrür aralıklı kar derinliğinin 174 cm olabileceği hesaplanmış ve bunun başlama bölgesine ekstrapolasyonu olarak ta her 100 m için 5 cm artırmak suretiyle 230 cm olabileceği belirlenmiştir (Koçyiğit 2003). Başlama bölgesinde kırılma derinliğine karar verilmesinde Avusturya-Tirol Alpleri için Schellander (2004) tarafından geliştirilen yaklaşım kullanılmıştır.

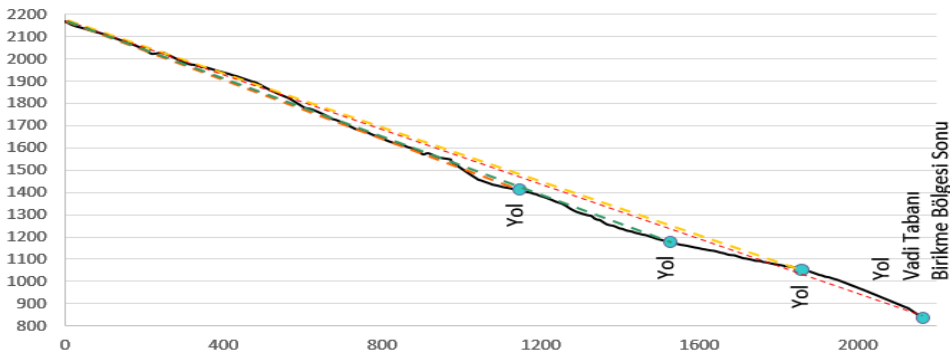
### Çizelge 1. Başlama bölgelerinin karakteristikleri

Başlama Bölgesi No	Yükselti aralığı (m)	Ortalama Yükselti (m)	Ortalama Eğim ( $^{\circ}$ )	Genişliği (m)*	Alanı (ha)
1	2300-2040	2170	29.3	140	4.29
2	2180-1970	2075	29.3	200	5.12

\* En geniş olduğu yerdeki değer



**Şekil 3.** 1 kod nolu başlama bölgesi boy profili



**Şekil 4.** 2 kod nolu başlama bölgesi boy profili

Alanda daha önce meydana gelen çığ olaylarına ilişkin herhangi bir resmi arşiv kaydı olmamasından dolayı arazi çalışmaları ile toplanan veriler temelinde ofis çalışmalarında çığ tehlike sınırlarının belirlenmesi ve çığ dinamiklerinin elde edilmesine çalışılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanındaki her bir başlama bölgesi için 100 yıl tekerrürlü senaryo için 2B çığ simülasyonları çığın maksimum akış hızı, akış yüksekliği ve etki basıncı gibi çıktılarını elde edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaç için ELBA+ (Volk ve Kleemayr, 1999), 2B dinamik çığ dinamik yazılımı kullanılmıştır (Volk ve ark., 2015). Yazılım çığ dinamiklerinin 2B olarak belirlenmesinde Voellmy modeli temelinde çalıştığı için iki sürtünme parametresi (Coulomb sürtünme  $\mu$  ve Türbülans sürtünme  $\xi$ ) simülasyon sonuçları üzerinde önemli etkiye sahiptir. Çalışma alanında  $\mu$  parametresi, başlama aşaması için 0.25 akış aşamasında 0.155 ve birikme aşamasında yine 0.25 olarak seçilmiştir. Simülasyon koşullarında  $\xi$  parametresi ise hareket anında çığın akış yüksekliği ve pürüzlülük uzunluğunun bir fonksiyonu olarak yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Çalışmada başlama bölgesi kar derinliği 100 yıl tekerrür aralıklı senaryo için 160 cm, kar yoğunluk değeri de  $300 \text{ kgm}^{-3}$  olarak alınmıştır. Simülasyonlarda temel girdi olarak kullanılan sayısal arazi modeli (SAM) verisi 1/1000 ölçekli eşyüksekti eğri sayısal haritalardan 5 m grid çözünürlüklü olarak üretilmiştir.

## Bulgular

### ELBA+ Çığ Simülasyonu Sonuçları

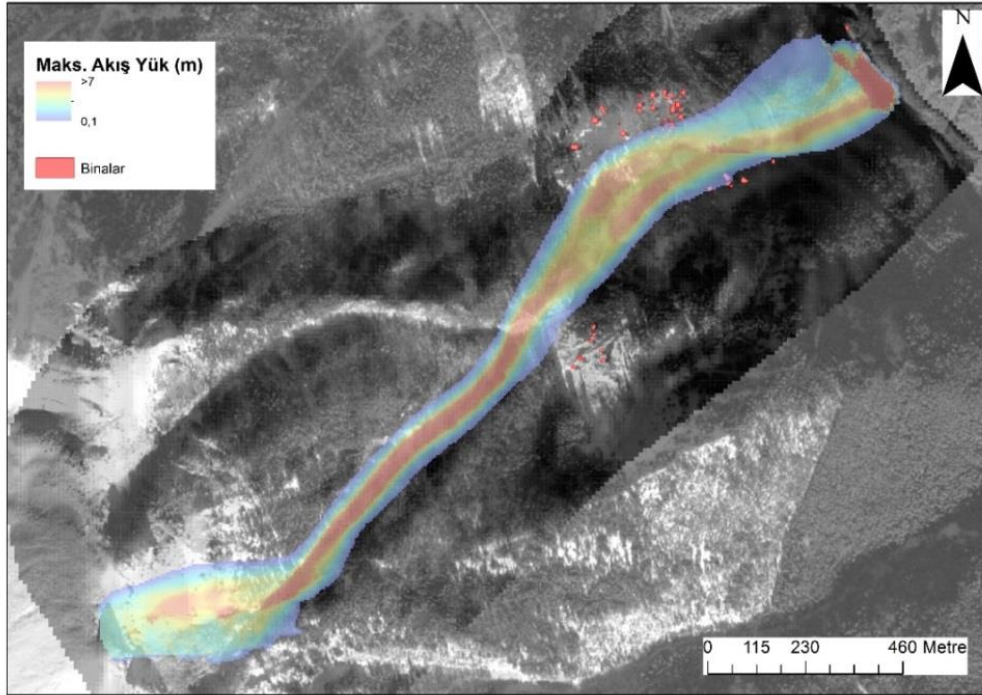
ELBA+ 2B dinamik çığ simülasyon sonuçları her iki başlama bölgesi için Çizelge 2'de verilmektedir. Çığ simülasyonları maksimum akış hızı, maksimum akış yüksekliği ve maksimum etki basıncı haritalarının elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu sonuçlar önerilen çığ koruma önlemlerinin tasarımında temel alınmıştır. Elde edilen haritalar Şekil 5-Şekil 10'da gösterilmiştir. Yapılan simülasyon sonucuna göre 1 kod nolu başlama bölgesi için



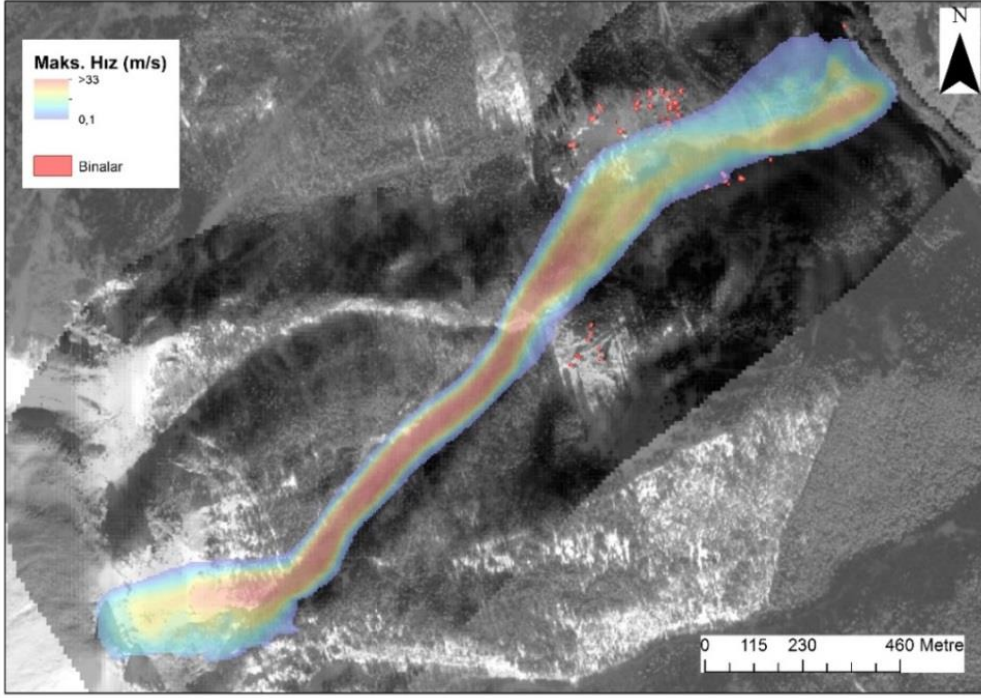
100 yıl tekerrür aralıklı bir çığ 1890 yılında meydana gelen çığ gibi vadiye kadar inmekte ve hatta karşı yamaca çıkarak durmaktadır. Maksimum akış yüksekliği yayla evlerinin başladığı yerde 7 m olarak seyretmiştir (Şekil 5). Çığın hızı ise  $33 \text{ ms}^{-1}$ 'i aşmıştır. Özellikle yayla evlerinin bulunduğu yer boyunca yüksek olarak seyretmektedir (Şekil 6). Çığın etki basıncı genel olarak çok yüksek seyretmiş ve yayla evlerinin bulunduğu bölgeyi de yüksek (200 kPa) geçmiştir (Şekil 7). Simülasyon sonucuna göre 2 kod nolu başlama bölgesi için 100 yıl tekerrür aralıklı bir çığın da aynı şekilde 1890 yılında meydana gelen çığın sınırları gibi büyük olduğu söylenebilir. Maksimum akış yüksekliği yayla evlerinin başladığı yerde 5 m olarak gözlenmiştir (Şekil 8). Çığın hızı ise  $28 \text{ ms}^{-1}$ 'i aşmıştır. Özellikle çığ yolunun orta kısmına doğru yayla evlerinin bulunduğu yer boyunca yüksek olarak seyretmektedir. Vadiye kadar inen çığ karşı yamaca da çıkarak durmuştur (Şekil 9). Çığın etki basıncı genel olarak çok yüksek seyretmiş ve yayla evlerinin bulunduğu bölgeyi de yüksek geçmiştir (Şekil 10).

#### Çizelge 2. ELBA+ Simülasyonu 100 yıl tekerrürlü senaryo sonuçları

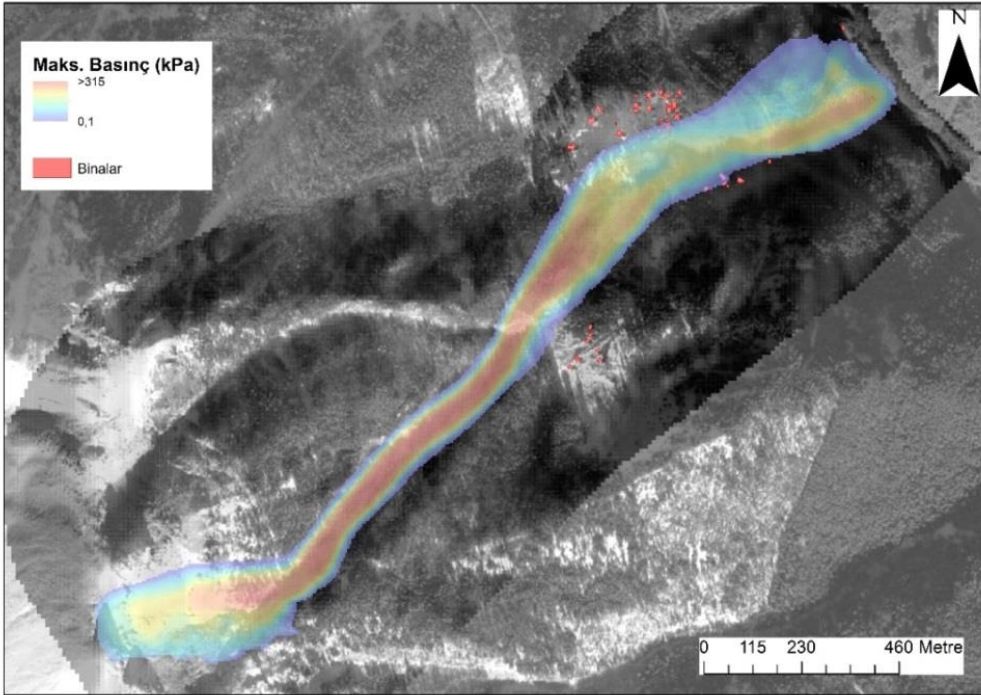
	Hacim ( $\text{m}^3$ )	Kullanılan kar derinliği (m)	Katkı derinliği (m)
1 kodlu başlama bölgesi	68640	1,60	0,30
2 kodlu başlama bölgesi	82080	1,60	0,30



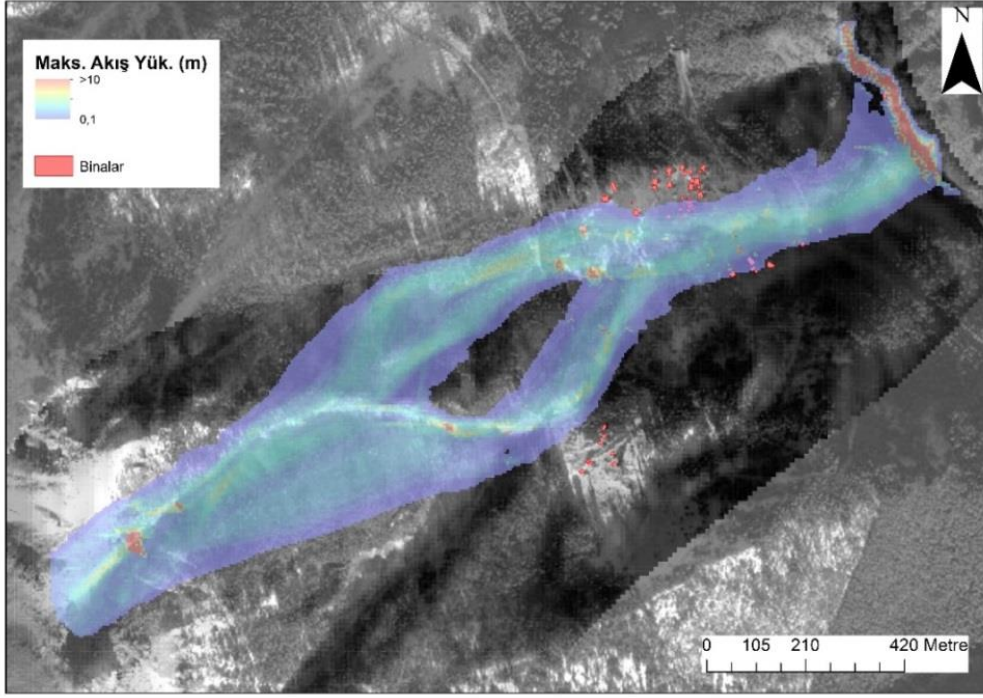
Şekil 5. 1 Kod nolu başlama bölgesi için çığın akış yüksekliği



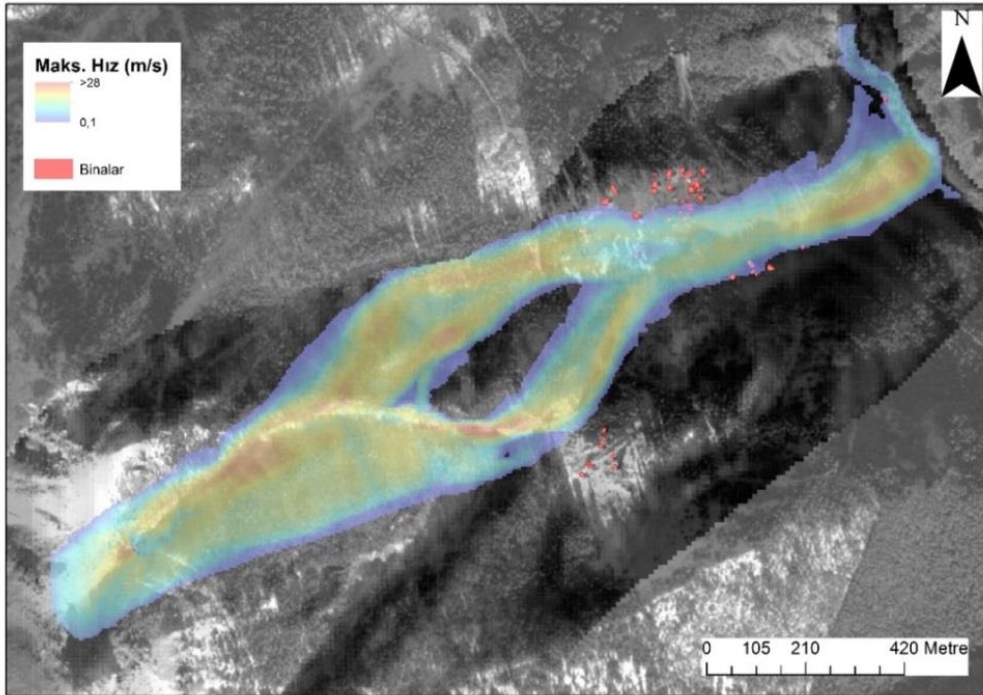
Şekil 6. 1 Kod nolu başlama bölgesi için çığın hızı



Şekil 7. 1 Kod nolu başlama bölgesi için çığın etki basıncı

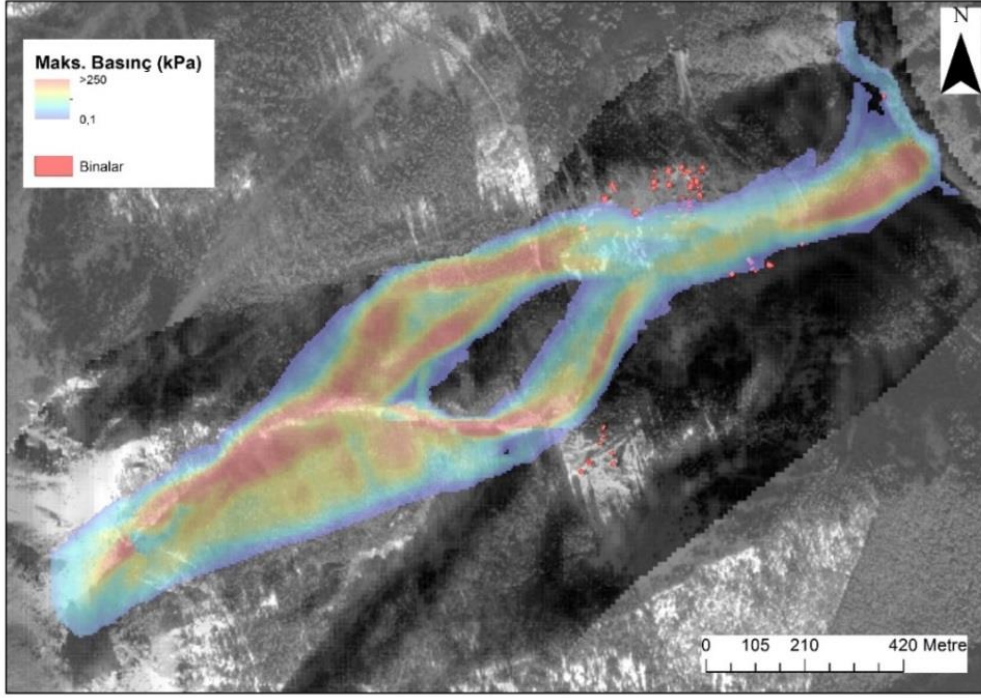


Şekil 8. 2 Kod nolu başlama bölgesi için çığın akış yüksekliği



Şekil 9. 2 Kod nolu başlama bölgesi için çığın hızı





**Şekil 10. 2** Kod nolu başlama bölgesi için çığın etki basıncı

### Önerilen Çığ Koruma Önlemleri

Çalışma alanında 1 kod numaralı başlama bölgesinden kopabilecek çığlara karşı önlem alınmasının buradaki tehlikenin minimize edilmesi için yeterli olabileceği düşünülmektedir. Çünkü her iki başlama bölgesi, simülasyon sonuçlarına göre değerlendirildiğinde, 2 kod nolu başlama bölgesinden kopabilecek bir çığın sırtı aşarak yerleşim yerine verebileceği zarar simülasyon sonuçlarından ortaya çıkmışsa da arazi incelemelerinden böyle bir ihtimalin düşük olduğu değerlendirilmiştir. Çünkü akışa göre sol tarafta bulunan bölgenin topografyasının ve alan üzerindeki orman varlığının daha önce simülasyon sonuçlarının verdiği büyüklükte bir çığı doğrulamamakta ve ayrıca çığın akış güzergahı boyunca ani yön değişikliklerine uğramasının akış hızını yavaşlatacağı ve etki basıncını önemli ölçüde düşüreceği bekleneğinden özellikle diğer çığ yolu ile birleştiği noktadan itibaren köydeki evlere zarar verecek genişliğe ulaşmadan duracağı daha gerçekçi bir değerlendirme olarak kabul edilmiştir. Bundan dolayı 2 kod nolu başlama bölgesinden kopan çığ, artık risk unsuru olarak değerlendirilmiştir. Ancak simülasyon sonuçlarına göre 1 kod nolu başlama bölgesinden kopan çığın yerleşim alanı için daha fazla tehdit oluşturacağı görülmektedir. Çünkü simülasyon sonuçlarına göre buradan kopan çığ, yayla evlerinin bulunduğu yere kadar maksimuma yakın hız ve etki basıncı ile hareket etmektedir. Ayrıca çığın akış yolu üzerinde akış hızı ve dolayısıyla etki basıncı üzerinde yavaşlatıcı etkisi olabilecek bir engel bulunmamaktadır. Bunun sonucu olarak da akışa göre sol tarafta bulunan evlere zarar verme ihtimali yüksek olarak değerlendirilmiştir.

### Saptırma Duvarları

Başlama bölgesinde alınabilecek teknik önlemler ile çığların önlenmesinin, mühendislik açısından mümkün veya maliyetleri bakımın kabul edilebilir olmadığı durumlarda ilgili çalışmalar akış yolu üzerinde veya birikme bölgesinde değerlendirilmektedir. Böyle durumlarda başlamış olan bir çığ olayına müdahaleye çalışıldığı için temel olarak amaç çığdan kaynaklanan yüksek enerjinin sönmülmesi ve çığın hareketinin kontrol altına alınmasıdır. Ayrıca başlama bölgesinde tasarlanabilecek daha az maliyetli daha küçük önlemler ile birlikte akış yolu ve/veya durma bölgesi üzerindeki alınabilecek önlemlerin kombinasyonları da mümkündür. Bu kapsamda alınabilecek önlemler; i) çıgı saptırma ve

yönlendirme yapıları (deflecting and guiding structures), ii) çığ kapanları ve yavaşlatma yapıları (catching and retarding structures) ve iii) atlaticı-geçitirici (bypassing) yapılar ile özel koruyucu yapılardır (Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Çığ yönlendirme ve saptırma yapıları, barajlar (dams) veya duvarlar şeklinde oluşturulmaktadır. Saptırma duvarları isminden de anlaşıldığı üzere, çığ kütlelerinin, korunması hedeflenen yapılardan başka bir yöne saptırılması amacıyla tasarlanmaktadır (Şekil 11). Ağırlıklı olarak etkisi çığın akan bileşeni ile sınırlıdır. Tamamen gelişen toz kar çığlarında veya karışık (mixed) çığların toz bileşenine karşı etkisi oldukça küçük olmaktadır. Duvarın etkinliği çığ yolu üzerindeki konumu (ki çığ kütlelerinin duvar konumundaki hızı açısından önemlidir), duvarın yüksekliği, arazinin eğimi, saptırma açısı ve geometrik şekline bağlı olmaktadır (Rudolf-Miklau ve ark., 2015). Saptırma açısı, çığın daha kolay şekilde yön değiştirebilmesi açısından kabul edilebilir sınırlarda küçük olmalıdır. Eğer açı çok büyük olacak olursa, akan çığ kütlesi duvarın üzerinden aşabilmekte veya duvarın arkasında biriken materyal yüzünden duvarın etkinliğinde azalmalara sebep olabilmektedir. Pratik amaçlar yönünden maksimum hesaplanan saptırma açısının 10°'ye düşürülmesi önerilmektedir (Rudolf-Miklau ve ark., 2015 ). Bu önlem yapılarının saptırma açıları, boyutları, geometrisi gibi tasarımına yönelik detaylı bilgi Johannesson ve ark. (2009) de yer almaktadır.



**Şekil 11.** Karayolunu çığdan korumak için yapılmış bir saptırma duvarı örneği (Avusturya)

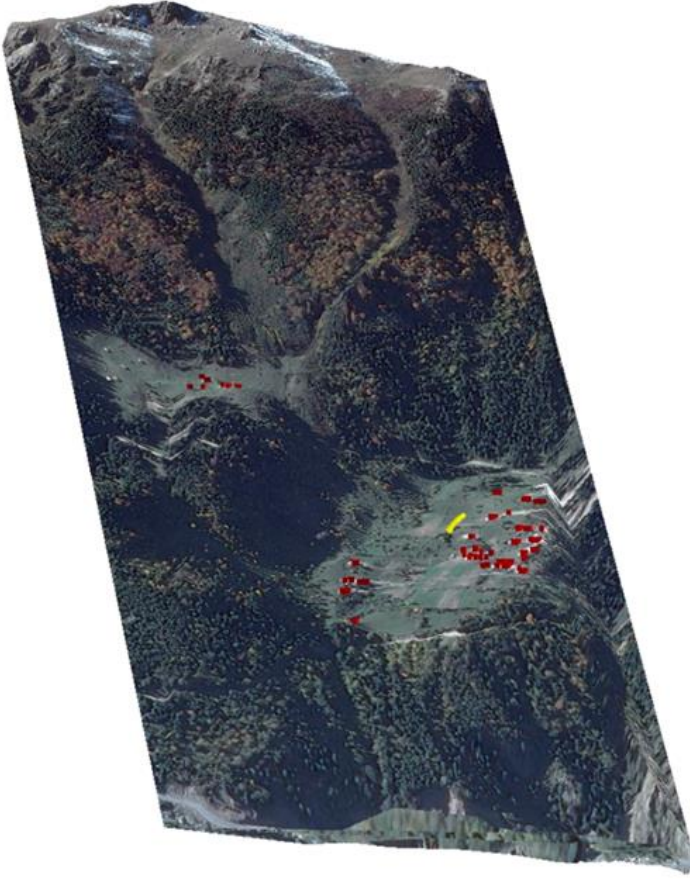
Saptırma duvarlarının yüksekliğinin ( $H_D$  (m)) belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Johannesson ve ark., 2009):

$$H_D = h_u + h_f + h_s$$

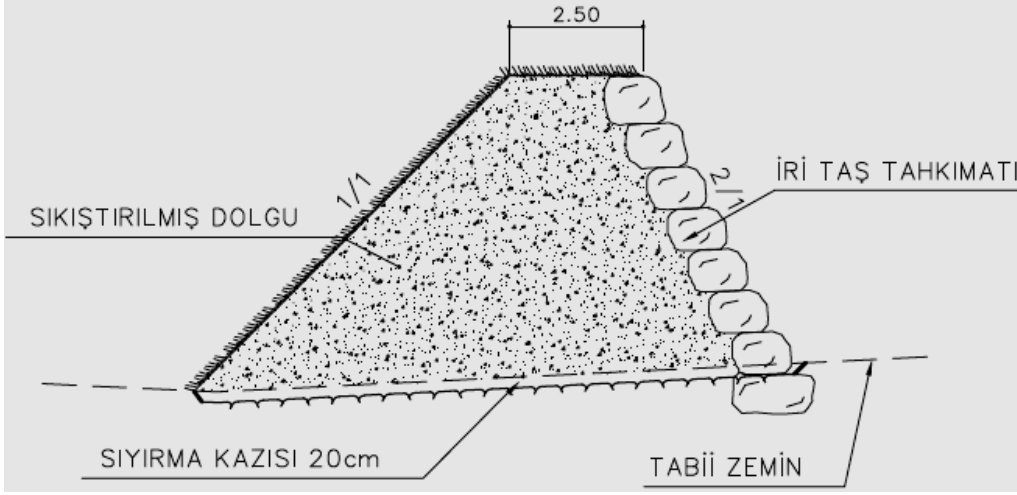
Formülde,  $h_f$  akan çığın yüksekliği (m),  $h_s$  yerdeki kar yüksekliği (m) ve  $h_u$  ise enerji yüksekliğidir (m). Enerji yüksekliği  $h_u$  aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$h_u = \frac{(u \sin \varphi)^2}{2g\delta}$$

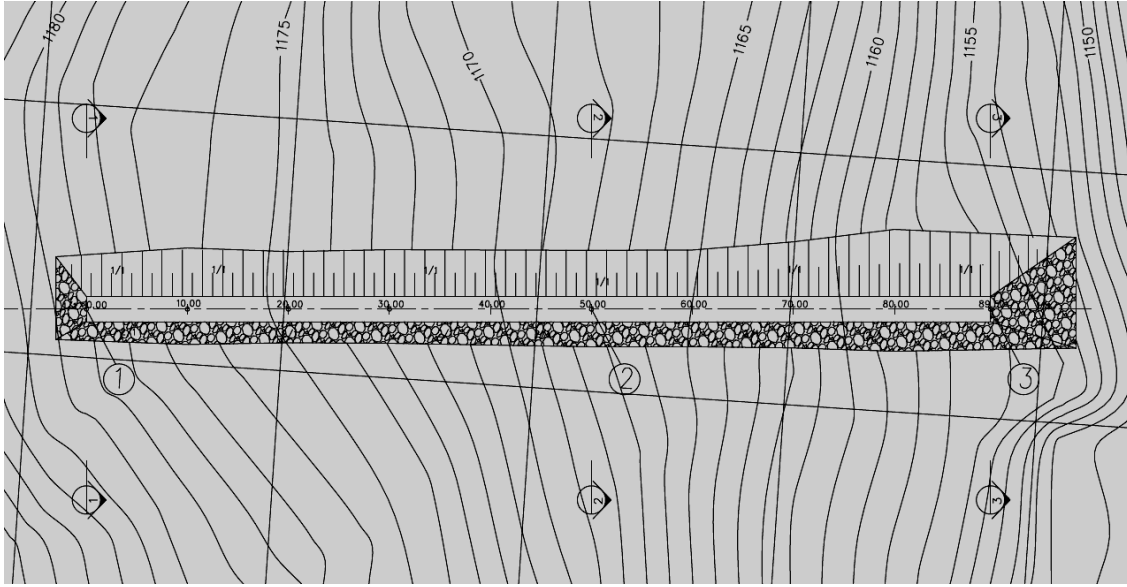
Formülde;  $\varphi$  saptırma açısı ( $^\circ$ ),  $u$  çığ hızı ( $\text{ms}^{-1}$ ),  $g$  yerçekimi ivmesi ( $\text{ms}^{-2}$ ) ve  $\delta$  ise çığın duvara çarpması esnasında meydana gelecek momentum kaybını ( $\text{kgms}^{-1}$ ) ifade eder. Saptırma duvarlarında bu değer genellikle "1" alınmaktadır. Çalışma alanında çığ yolunun genişlemesi ve eğimin düşmesinden dolayı akışa göre sol tarafta bulunan ve çığlardan etkilenmesi muhtemel evlerin korunması amacıyla maksimum yüksekliği 5.15 m, 15° saptırma açısına sahip ve 90 m uzunluğunda sedde tipi saptırma duvarı önerilmiş ve projelendirilmiştir. Önerilen duvarın inşa edilebileceği yer Şekil 12'te gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 13'te tasarlanan saptırma duvarının tip enkesit ve plan görüntüsü verilmiştir.



Şekil 12. Saptırma duvarı yapımı planlanan yer-şematik



(a)



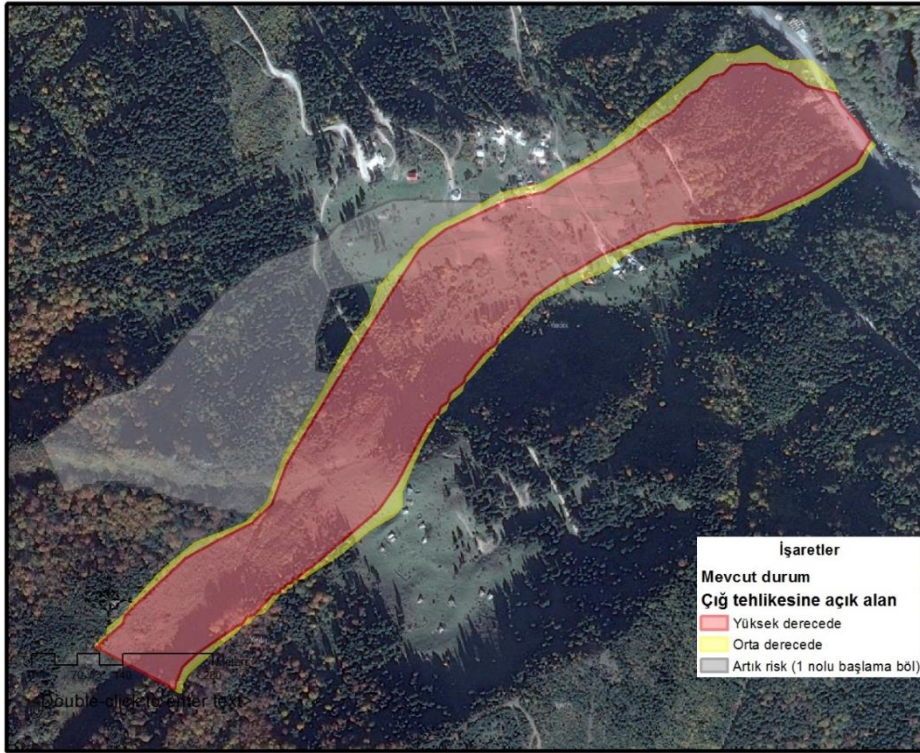
(b)

**Şekil 13.** Önerilen saptırma duvarına ait tip en kesit (a) ve planı (b)

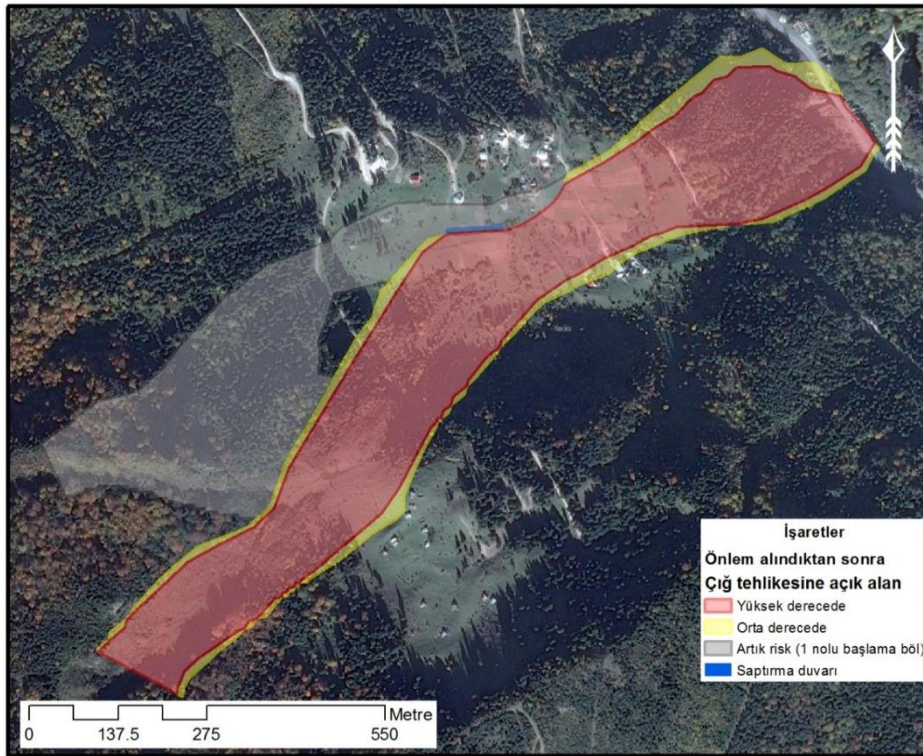
### Artık Risk Durumu ve Tehlike Bölgelemesi

Simülasyonlar teknik çığ koruma önlemlerinin planlanmasında çığın belirli bir noktadaki akış hızı ve yüksekliği hakkında bilgi sağlayarak geometrisinin tasarımında yapının boyut ve yüksekliklerinin hesaplanmasına yönelik karar destek sistemi olarak oldukça yararlıdır. Ancak teknik önlemlerin inşasından sonra artık risk değerlendirilmesine ilişkin çoğunlukla sorular ortaya çıkmaktadır. Çalışma alanında önerilen saptırma duvarı ile sadece yerleşim yerlerindeki riskin minimizasyonu sağlanabileceği ancak bölgede sürekli bir çığ tehdidinin var olacağı dikkate alınarak alanda mevcut durumda tehlike bölgeleme (Şekil 14) ve ayrıca saptırma duvarı inşasından sonra tehlike bölgeleme (Şekil 15) çalışması yapılmıştır. Çalışma bölgesinde basıncın 10 kPa'dan fazla olması yüksek derecede (kırmızı bölge), 1-10 kPa arası olması ise orta derecede tehlikeli bölge (sarı bölge) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 14-15).





Şekil 14. Mevcut durumda tehlike bölgeleme ve artık risk durumu



Şekil 15. Önlem alındıktan sonra tehlike bölgeleme ve artık risk durumu

## Sonuç ve Değerlendirme

Trabzon Araklı Kayaiçi Köyü, mevcut iki başlama bölgesinden hemen her yıl çığ olayının meydana geldiği, çığ tarihi incelendiğinde yapısal hasarlara sebep olan büyük çığların gözlendiği bir yerleşim alanı olmasına rağmen, alanda aktif anlamda alınmış herhangi bir koruma önlemi bulunmamaktadır. Ancak köy sakinleri meydana gelen çığların akış yolu üzerine yapı yapmaktan uzak durarak ve bu alanda daha ziyade tarımsal faaliyetler gerçekleştirerek tehlikeli bölgeden uzak kalmaya çalışmaktadırlar. Her ne kadar pasif şekilde korunmaya çalışılsa da meydana gelebilecek büyük bir çığ ( 1890'lardaki gibi) akış yolunun her iki tarafında bulunan yapılar üzerinde tehdit oluşturabilecektir. Bundan dolayı yapılan arazi çalışmaları ile alandaki çığ problemi tespiti yapılmıştır. Ayrıca, çığ tehlike sınırlarının belirlenmesi ve önerilecek önlem yapılarının tipi, konumu ve geometrilerinin belirlenmesinde kullanılan akış hızı, akış yüksekliği ve etki basıncı gibi çığ dinamiklerinin elde edilmesi için 2 boyutlu çığ simülasyonları yapılmıştır. Yapılan çığ simülasyonları 100 yıl tekerrürlü meydana gelebilecek çığ olayı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çığ simülasyonları ve arazi gözlemlerinden yararlanarak çığ tehlike minimizasyonu amacıyla saptırma duvarı önerilmiş ve boyutlandırılarak projelendirilmiştir. Ayrıca, artık risk değerlendirmesi yapılarak haritalandırılmıştır.

## Teşekkür

Bu makale Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) için hazırlanan “Trabzon ili Araklı İlçesi Kayaiçi-Yetimoğlu Mahallesi Çığ Kontrol Uygulama Projesi Yapımı” çerçevesinde hazırlanmıştır. Destek ve katkılarından dolayı ÇEM Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Aydın, A., Bühler, Y., Christen, M., Gürer, İ. 2014. Avalanche situation in Turkey and back-calculation of selected events, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(5), 1145-1154.
- Campbell, C., Bakermans, L., Jamieson, B., Stethem, C. 2008. Avalanche threats and mitigation measures in Canada. *Proceedings, 2008 International Snow Science Workshop*, Whistler, British Columbia, Canada, 836-844.
- Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A. 2008. Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri. *Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Gürer, İ. 2002. Türkiye’de yerleşim yerlerine yönelik kar ve çığ problemleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 420-421-422/2002/4-5-6: 147-154.
- IRASMOS (Integral Risk Management of Extremely Rapid Mass Movements), 2008. Specific targeted research project, Work package 2: Countermeasures. Project no. 018412.
- Johannesson, T., Gauer, P., Issler, P., Lied, K. 2009. The design of avalanche protection dams, recent practical and theoretical developments, European Commission (EC), Directorate General for Research, Brussels, Belgium.
- Koçyiğit, Ö. 1997. Hydraulic Design of Avalanche Barriers. MSc. Thesis, Gazi University, Ankara.
- Margreth, S. 2007. Defense structures in avalanche starting zones. Technical guideline as an aid to enforcement. *Environment in Practice* no. 0704. Federal Office for the Environment, Bern; WSL Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos. 134 pp.
- Margreth, S., Mattice, T. 2012. Re-evaluation of Avalanche Mitigation Measures for Juneau. *Proceedings, 2012 International Snow Science Workshop*, Anchorage, Alaska, 150-156.

- Margreth, S., Johanneson, T., Stefansson, HM. 2014. Avalanche Mitigation Measures for Sígulfjörður-Realization of the largest project with snow supporting structures in Iceland. Proceedings, International Snow Science Workshop, Banff, 2014, 263-269.
- Rao, NM. 1985. Avalanche Protection and Control in the Himalayas. Def Sci J, 35 (2), 255-266.
- Rudolf-Miklau, F., Sauermoser, S., Mears, A. 2014. Technical Avalanche Protection Handbook. John Wiley & Sons, 420 pp.
- Schellander, H. 2004. Die Bestimmung von mittleren Anbruchhöhen für Lawinen in Tirol. Technische Report, Zentralanstalt für Meteorologie and Geodynamik ZAMG.
- Stoffel, L., Schweizer, J. 2008. Guidelines for avalanche control services: Organization, Hazard assessment and documentation-An example from Switzerland. Proceedings, 2008 International Snow Science Workshop, Whistler, British Columbia, Canada, 486-489.
- Tunçel, H. 1990. Doğal çevre sorunu olarak çığlar ve Türkiye’de çığ olayları. Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu, Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 1(2), 43-70.
- Volk, G., Kleemayr, K. 1999. Lawinensimulationmodell ELBA. Wildbach und Lawinenverbau, 63. Jg. Heft 138.
- Volk, G., Aydın, A., Eker, R. 2015. Avalanche Control with Mitigation Measures: A case study from Karaçam-Trabzon (Turkey). Eur J Forest Eng, 1(2): 61-68.
- Wilbur, C. 2012. Avalanche impact performance of a light weight diversion structure Snettisham transmission line, Southeast Alaska. Proceedings, 2012 International Snow Science Workshop, Anchorage, Alaska, 294-299.