

DETERMINATION OF POTENTIAL AVALANCHE RELEASE AREAS, AVALANCHE MOBILE APPLICATION AND PREPARATION OF AVALANCHE HAZARD MAPS IN TÜRKİYE; THE CASE OF PALANDÖKEN SKI CENTRE

Engin YILDIZ - İsmail BULUT

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
Mail: engin.yildiz@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2493-5161>

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
Mail: ismail.bulut@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6443-9119>

ABSTRACT

In this study, the processes of determining potential and active avalanche release areas and preparing avalanche hazard maps in Türkiye are discussed through the example of Palandöken Ski Resort. Firstly, active and potential avalanche release areas (PÇBB) were determined and then these data were transferred to the avalanche mobile application developed by the General Directorate of Combating Desertification and Erosion (ÇEMGM) in order to facilitate access and use by local people, security forces, climbers, skiers, etc. As a result of the study, a total of 1.779 hectares of potential and active avalanche starting zones were identified in the study area of 15,335 hectares. After the determination of these zones, avalanche velocity, pressure, height, flow and accumulation areas were calculated by using the two-dimensional Rapid Mass Movement Simulation (RAMMS) software in order to reveal the boundaries of avalanche flow and accumulation areas more clearly. As a result of these simulations, the avalanche flow and accumulation areas were determined as 6,605 hectares in total. The analysis shows that the gendarmerie station and hotels in the study area are under serious avalanche risk and this risk may cause greater damages in the future. Based on these simulation results, avalanche hazard maps have been prepared in accordance with the mapping standards developed by ÇEMGM and the existing avalanche hazards have been evaluated. These maps are used in the planning of structures such as ski resorts, cable car, chairlift lines, highway routes and settlements in the region to determine the current and future avalanche hazards/risks and to take necessary precautions. The study constitutes an important source for planning and monitoring studies to be carried out in avalanche hazard and avalanche risk areas through the example of Palandöken Ski Resort.

Keywords: Avalanche, Avalanche Hazard Map, Avalanche Release Areas, Ramms, Palandöken Ski Resort

Makale Atıf Bilgisi: Yıldız, E. – Bulut, İ. (2024). "Türkiye'de Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin Tespiti, Çığ Mobil Uygulaması ve Çığ Tehlike Haritalarının Hazırlanması Süreçleri: Palandöken Kayak Merkezi Örneği". *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl: 3, Çölleşme, Erozyon ve İklim Değişikliği Özel Sayısı, s. (157-181)

Makale Türü: Araştırma
Geliş Tarihi: 26.10.2024
Kabul Tarihi: 29.10.2024
Yayın Tarihi: 08.11.2024
Yayın Sezonu: Kasım 2024

TÜRKİYE’DE POTANSİYEL ÇIĞ BAŞLAMA BÖLGELERİNİN TESPİTİ, ÇIĞ MOBİL UYGULAMASI VE ÇIĞ TEHLİKE HARİTALARININ HAZIRLANMASI SÜREÇLERİ: PALANDÖKEN KAYAK MERKEZİ ÖRNEĞİ

Engin YILDIZ - İsmail BULUT

ÖZ

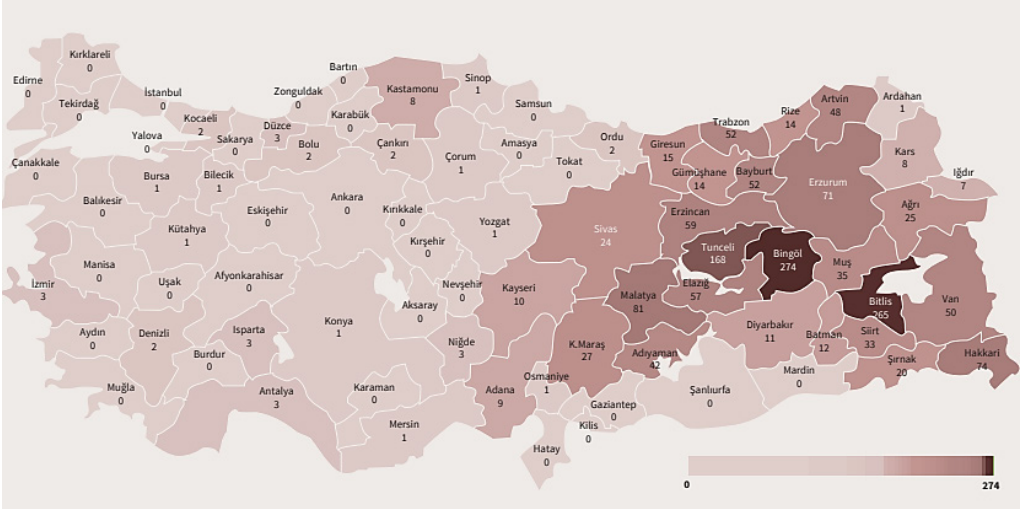
Bu çalışmada, Türkiye’de potansiyel ve aktif çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi ve çığ tehlike haritalarının hazırlanma süreçleri, Palandöken Kayak Merkezi örneği üzerinden ele alınmıştır. Öncelikle aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri (PÇBB) belirlenmiş, sonrasında ise bu veriler, yerel halk, güvenlik güçleri, dağcılar, kayakçılar vb. kullanıcıların erişimini ve kullanımını kolaylaştırmak amacıyla Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM) tarafından geliştirilmiş çığ mobil uygulamasına aktarılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, 15.335 hektarlık çalışma alanında toplam 1.779 hektarlık potansiyel ve aktif çığ başlama bölgeleri tespit edilmiştir. Bu bölgelerin belirlenmesinin ardından, çığ akma ve birikme alanlarının sınırlarını daha net bir şekilde ortaya koymak amacıyla iki boyutlu Hızlı Kitle Hareket Simülasyonu (RAMMS) yazılımı kullanılarak çığ hızı, basıncı, yüksekliği, akma ve birikme sınırları hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen bu simülasyonlar sonucunda, çığ akma ve birikme alanları toplamda 6.605 hektar olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler çalışma alanındaki jandarma karakolu ve otellerin ciddi çığ riski altında olduğu ve bu riskin gelecekte daha büyük zararlara yol açabileceğini göstermektedir. Bu simülasyon sonuçlarına dayanarak, ÇEMGM tarafından geliştirilmiş haritalama standartlarına uygun çığ tehlike haritaları oluşturulmuş ve mevcut çığ tehlikeleri değerlendirilmiştir. Hazırlanan bu haritalar bölgedeki kayak merkezleri, teleferik, telesiyej hatları, karayolları güzergâhları ve yerleşim yerleri gibi yapıların planlamasında kullanılarak bu haritalar ile mevcut ve gelecekteki çığ tehlikelerinin/ risklerinin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktadır. Çalışma, Palandöken Kayak Merkezi örneği üzerinden, çığ tehlike ve çığ riski olan bölgelerde yapılacak planlamalar ve izleme çalışmaları için önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çığ, Çığ Tehlike Haritası, Çığ Başlama Bölgeleri, Ramms, Palandöken Kayak Merkezi

1. Giriş

Çığlar, insan hayatı, yerleşim yerleri, altyapılar, turizm alanları, kayak merkezleri ve karayolları için tehdit oluşturan en önemli doğa kaynaklı afetlerden biridir. Aynı zamanda çığlar; karın yanı sıra kaya, toprak, ağaç ve buz içeren, dağlık bölgelerde meydana gelen kısa süreli, yerel ve dinamik kütle hareketidir. Genellikle dağ yamaçlarında tehlike oluşturan olaylar olarak kabul edilse de yoğun kar ve eğimli arazi birleştiğinde son derece tehlikeli olan çığlar her yerde meydana gelebilir. Dağlık alanlara yakın veya uzak olmasına bakılmaksızın, arazi kullanımı planlanırken çığ tehlikeleri/riskleri dikkate alınmalıdır (Rudolf-Miklau ve diğerleri, 2015).

Türkiye, coğrafi yapısı ve iklim koşulları nedeniyle çığ gibi doğa kaynaklı tehlikeler ile sıkça karşılaşmaktadır. Özellikle Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgelerinde meydana gelen çığlar, can ve mal kaybına yol açan ciddi riskler arasında yer almaktadır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre, 01.01.1950 – 01.06.2018 tarihleri arasında Türkiye’de çığ olayları il bazında incelendiğinde, çığların genellikle Bingöl, Tunceli, Erzincan ve Bayburt gibi yüksek rakımlı illerde yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 1 de gösterildiği üzere, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgelerindeki dağlık alanlar, çığ riski açısından en hassas yerlerdir. Erzurum, yüksek rakımı ve topoğrafyası nedeniyle Doğu Anadolu Bölgesi’nde çığ riski altında bulunan önemli illerden biridir ve bu ilde bu zamana kadar 71 çığ olayı meydana gelmiştir (AFAD, 2018).



Şekil 1. 01.01.1950 – 01.06.2018 Tarihleri arasında Türkiye’de meydana gelen çığ vakalarının il bazında sayıları (AFAD, 2018).

Ekonomik gelişmeler, arazi kullanımının kontrolsüz artmasına ve yerleşim alanlarının çığ tehlikesi bulunan bölgelere yayılmasına yol açmaktadır. Bu durumu önlemek amacıyla mevcut veya hazırlanacak olan arazi kullanım planları hayati öneme sahiptir. Bu aşamada temel strateji, çığ tehlikesi bulunan bölgelerde yapılaşmaya izin vermemektir (Sauer Moser, 2006).

Çığ akma ve birikme bölgelerinin sınırlarına göre oluşturulan çığ tehlike haritalama çalışmaları, genellikle insanlar, yerleşim yerleri ve ulaşım altyapılarında meydana gelebilecek yıkıcı zararları önlemek amacıyla yapılır. Bu haritalar, meteorolojik ve değişen çevresel koşulların neden olabileceği potansiyel çığ riskleri hakkında herhangi bir bilgi vermez (Gruber ve Haefner, 1995). Çığ tehlike haritaları, olası çığların büyüklüğü, sıklığı ve tehlike bölgesinin alanı hakkında bilgi verir. Bu nedenle, çığ tehlike haritaları çığ tehlikesine maruz kalan bölgelerin incelenmesi ve risklerin değerlendirilmesinde vazgeçilmez araçlardır (Brugnot, 1999).

Çığ tehlike ve risk yönetimi dikkatli analiz ve değerlendirme gerektirir. Geçmişteki çığ olaylarının kaydedilmesi günümüzde gerçekleşen çığ olaylarının değerlendirmesinde önemli rol oynamaktadır (Hübl ve diğerleri, 2002). Bu nedenle, çığları tahmin etmek, özellikle geçmiş vakalara ilişkin kayıtlı raporların bulunmadığı veya yetersiz olduğu durumlarda oldukça zordur. Çığ gibi afetlerin devamlılığı, meydana gelen olaylar sonucunda ölümlü veya maddi bir kaybın olup olmasına bakılmaksızın, geçmişteki olaylarla ve mevcut süreçlerle ilgili tüm bilgilerin toplanmasını gerekli kılmaktadır (Hübl ve diğerleri, 2002). Bu bilgiler arasında, sahada çığ uzmanları tarafından yapılan ve özellikle kazalara veya büyük kayıplara neden olan olaylara ilişkin bireysel gözlemler de bulunur (Bühler ve diğerleri, 2009). Ancak; mevcut gözlemlerle bile kar örtüsü özelliklerinin hem mekânsal hem de zamansal olarak değişkenlik göstermesi çığ tahminini zorlaştırır (Schweizer ve diğerleri, 2008; Bühler ve diğerleri, 2018).

İsviçre’de çığ tehlike haritaları, geçmiş vaka analizleri ve yapılan hesaplamaların birleştirilmesiyle oluşturulurken (Gruber, 2001) Avusturya’da tehlike haritalama çalışmaları, yaklaşık 1970 yılında başlamıştır (Sauer Moser, 2006). Norveç’te ise çığ tehlike haritaları 1979 yılından bu yana kullanılmaktadır (Rudolf-Miklau ve diğerleri, 2015). İsviçre Alpleri’nin Grisons kantonunda yapılan çalışmada geniş ölçekli çığ tehlike haritalandırması yapılmıştır. Çalışmada yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modeli kullanarak, potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlenmiş ve sonrasında bu bölgeler simüle edilerek farklı tehlike senaryoları oluşturulmuştur ve elde edilen sonuçlar kayıtlı çığ verileri ile doğrulanmıştır. Grisons bölgesi için oluşturulan çığ tehlike haritası uzmanlar tarafından günlük tehlike değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır (Bühler ve diğerleri, 2022).

Türkiye’de yüksek riskli çığ alanlarında hâlâ yerleşim yerleri, turizm tesisleri ve ulaşım altyapıları inşa edilmeye devam etmektedir. Türkiye’de çığ tehlike ve risk haritalama süreçlerine ilişkin resmi bir yönerge veya düzenleme halen bulunmamaktadır. Ülkemizde bazı akademik çalışmalar yapılmıştır. Bitlis Çayı Havzası’nda yapılan çalışmada çığa duyarlı alanların tespiti amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yükseklik, bakı, eğim, eğrissellik ve arazi kullanımı gibi coğrafi parametreler ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yöntem, sahada çığa duyarlı alanların belirlenmesi için etkili bir araç olarak değerlendirilmiştir (İrcan ve Duman, 2024). Van’ın Çatak-Bahçesaray karayolu üzerindeki çığa duyarlı alanların belirlendiği çalışmada ise yoğun kar yağışları ve çığ tehlikesinin yüksek olduğu bölgede CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak çığ duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Çalışmada, alanın birçok kısmında yüksek çığ duyarlılığı tespit edilmiş ve riskin azaltılması için yerleşim ve beşerî faaliyetlerin kontrol altında tutulması gerektiği vurgulanmıştır (Avşin ve Çakı, 2021).

Bayburt ili Aşağı Dere havzasında gerçekleştirilen çalışmada ilk olarak, topografik parametrelere dayanarak 1992 hektarlık bir alanda 3.502 çığ başlama bölgesi tespit edilmiştir. Ardından, ELBA+ 2D çığ simülasyon modeli kullanılarak çığ akma ve birikme alanları belirlenmiş ve 7.269 hektarlık bir alanın çığ tehlikesi altında olduğunu gösteren detaylı bir çığ tehlike haritası oluşturulmuştur (Aydın ve Eker, 2017). Davraz Kayak Merkezi için yapılan çalışmada ise CBS tabanlı algoritma yardımı ile 539 tane potansiyel çığ başlama bölgesi belirlenmiştir. Sonrasında ELBA+ iki boyutlu simülasyon yazılımı ile çığ akma ve birikme bölgeleri belirlendikten sonra bilinen çığ olayları ile karşılaştırılarak doğrulanan çığ tehlike haritası oluşturulmuştur (Ersan ve diğerleri, 2017). Bir diğer çalışmada, Çoruh Nehir Havzası ve civarında belirlenen birkaç alanda potansiyel çığ başlama bölgeleri tespit edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan CBS ve 2 Boyutlu çığ modelleme yazılımları ile çeşitli modelleme senaryoları uygulanmış, farklı girdi parametrelerinin çığ akım karakteristiklerine etkileri incelenmiştir (Uçar, 2014). Bir başka çalışmada ise RAMMS iki boyutlu çığ simülasyon programı kullanılarak çığ tehlike haritaları oluşturulmuş ve Bitlis ili Gazibey Mahallesi’nde çığ tehlike alanları belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda yapısal önlemler alınarak çığ riskinin azaltılması hedeflenmiştir (Meral ve Yüksel, 2024).

Bu çalışmada, “Palandöken Kayak Merkezi Çığ Tehlike Haritası” oluşturulmuştur. Bu kapsamda, öncelikle aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlenmiş, ardından bu veriler ÇEMGM tarafından geliştirilen çığ mobil uygulamasına eklenmiştir. Son olarak RAMMS yazılımı kullanılarak çığın akma ve birikme alanları hesaplanmıştır. Çalışmanın temel amacı, Erzurum Palandöken Kayak Merkezi’nde çığ tehlikesini daha iyi anlamak, potansiyel

tehlike alanlarını net bir şekilde belirlemek ve bu sayede bölgedeki çığ tehlike ve risk yönetimini daha etkili hale getirmektir. Bu çalışmanın özgün değeri, çığ tehlikesinin tespiti için hem saha verilerinin hem de çığ simülasyonlarının birleştirilmesiyle literatürdeki diğer çalışmalardan daha kapsamlı bir analiz sunmasıdır. Türkiye’de çığ tehlike haritalarının oluşturulmasına yönelik metodolojik bir temel sağlayarak, ileride yapılacak benzer çalışmalar için bir standart oluşturmayı hedeflemektedir. Elde edilen sonuçlar, ulusal düzeyde çığ tehlike ve risk yönetimi politikalarının geliştirilmesine ve çığ tehlikesi altındaki bölgelerde alınacak idari ve teknik önlemlerin daha iyi planlanmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışma bundan sonra yapılacak çığ tehlike haritalarının Türkiye için yapım standartlarının oluşturulmasına yukarıda bahsi geçen geçmişteki benzer çalışmalarla beraber yol gösterici olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Erzurum Palandöken Kayak Merkezi’ndeki çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmalarında, aktif çığ başlama bölgelerinin tespiti amacıyla Erzurum Büyükşehir Belediyesi yetkilileri ve yerel halk ile görüşmeler gerçekleştirilmiş ve geçmişte meydana gelmiş çığ başlama bölgeleri doğrulanmıştır. Aynı zamanda, bölgeye yıllık olarak düşen kar miktarına ilişkin ortalama değerler de belirlenmiştir. Bu süreçte, yapılandırılmış bir anket ya da nicel analiz yöntemi kullanılmamış; elde edilen veriler, niteliksel bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilmiştir.

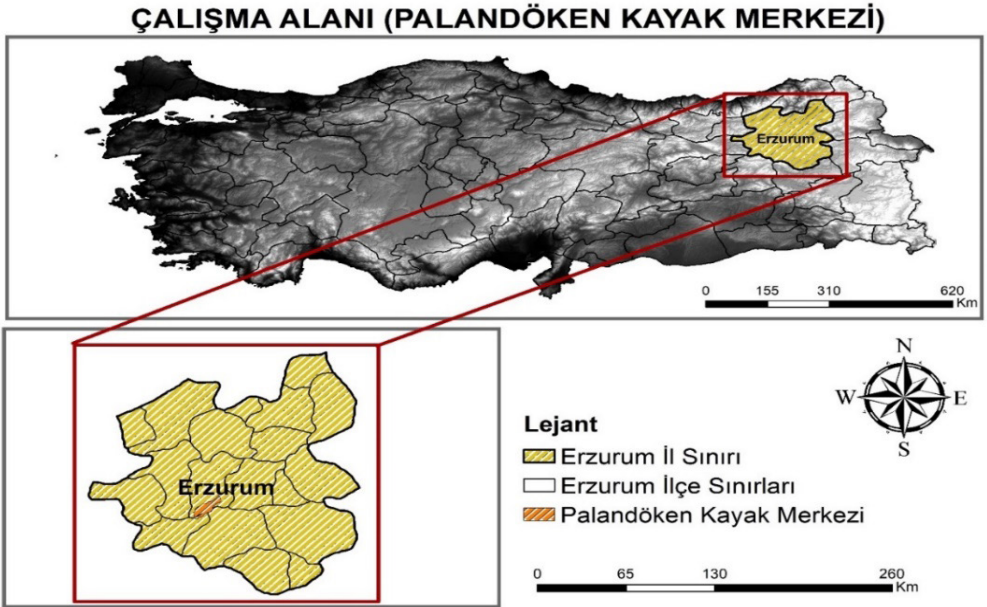
Ofis çalışmalarında ise, potansiyel çığ başlama bölgelerinin analizleri yapılmış sonrasında arazi çalışmalarından elde edilen bilgilere göre nihai potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlenmiştir. Potansiyel çığ başlama bölgelerinin daha kolay bir şekilde tespit edilmesi ve yerel halk, dağcılar, güvenlik güçleri vb. tarafından kullanılması için ÇEMGM tarafından geliştirilmiş çığ mobil uygulamasına eklenmiştir. Sonrasında ise çalışma alanında belirlenen aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri RAMMS yazılımı ile analiz edilerek çığ tehlike haritası oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Seçilen alanda yapılan çalışmalar.

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Erzurum ilinde yer alan Palandöken Kayak Merkezi seçilmiştir. Seçilen alan yaklaşık 150 km² büyüklüğündedir (Şekil 3). Palandöken Dağı, Doğu Anadolu Bölgesi'nde, Erzurum ilinin güneyinde yer almakta olup 3.188 m yüksekliğe sahiptir (Koşan ve Türkmendağ, 2018). Bu bölgede bulunan ve adını Palandöken Dağı'ndan alan kayak merkezi, 25.788 m uzunluğunda Türkiye'nin en uzun pistlerine ve kayak sezonuna sahip olmasıyla öne çıkmaktadır (DPT, 2000).



Şekil 3. Yer bulduru haritası.

Çalışma alanı olarak seçilen Palandöken Kayak Merkezi'nde alpin yumak otları, kekik, yavşan, geven ve yabancı yonca gibi bitki türleri bulunmaktadır (Günel, 2013). İklimsel özellikleri bakımından karasal iklim koşulları görülmektedir. Kışlar uzun ve sert, yazlar ise kısa ve sıcak geçmektedir. Palandöken Dağı, yılın yaklaşık 150 günü karla kaplıdır (Zeydan ve Sevim, 2008). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Erzurum Merkez İstasyonu'nun uzun yıllar ortalamasına göre; ortalama sıcaklık 5,8 °C, en yüksek sıcaklık 36,5 °C, en düşük sıcaklık -37,2 °C ve en yüksek kar kalınlığı 110 cm olarak ölçülmüştür.

2.2. Bölgenin Çiğ Tarihçesi

Erzurum ili Palandöken Kayak Merkezi'nde meydana gelen çiğ olayları, farklı yıllarda çeşitli can kayıplarına ve yaralanmalara neden olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Erzurum ili Palandöken Kayak Merkezi çiğ vakaları haritası (EJDER3200, 2024).

Şekil 4 ve Tablo 1, Erzurum ili Palandöken Kayak Merkezi’nde farklı yıllarda meydana gelen çiğ vakalarının konumlarını ve sonuçlarını göstermektedir. Harita üzerinde, meydana gelen çiğ olaylarının konumları 'V1'den 'V12'ye kadar numaralandırılmış şekilde işaretlenmiştir. Aynı numaralar, Tablo 1’de de yer almakta olup, her bir çiğ vakasına ait yıl, yaralı ve ölü sayısı detaylandırılmıştır.

1996-2020 yılları arasında kaydedilen çiğ olaylarına dair veriler, önemli can kayıpları ve yaralanmalarla sonuçlanan vakaların varlığını ortaya koymaktadır. 1996 yılında yaşanan çiğ olayında altı kişinin hayatını kaybetmesi, bu dönemde bölgedeki çiğ riskinin ciddiyetini vurgulayan en belirgin olaylardan biri olmuştur. Benzer şekilde, 2005 yılında iki farklı çiğ vakasında toplam iki ölüm gerçekleşmiş; takip eden 2006 yılında ise bir kişi çiğ nedeniyle hayatını kaybetmiştir (Tablo 1).

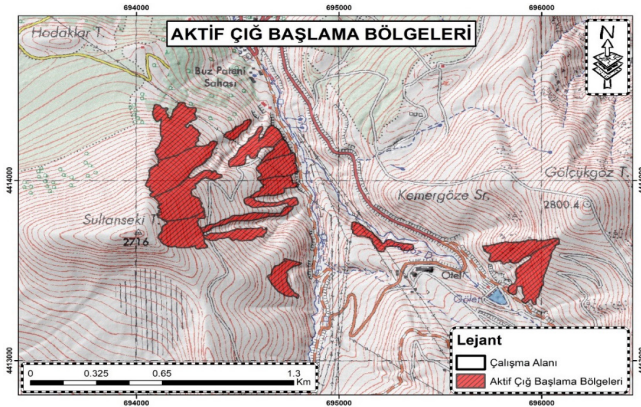
Bu veriler, bölgedeki çığ tehlikesinin ciddiyetini ve acil müdahale gerekliliğini ortaya koyarken, aynı zamanda tehlike haritalaması ve risk analiz çalışmalarının önemini vurgulamaktadır.

Tablo 1. Erzurum ili Palandöken Kayak Merkezi çığ vakaları (EJDER3200, 2024).

| Vaka No | Yıl | Yaralı Sayısı | Ölü Sayısı |
|---------|------|---------------|------------|
| V1 | 1996 | - | 6 |
| V2 | 2005 | - | 1 |
| V3 | 2005 | - | 1 |
| V4 | 2006 | - | 1 |
| V5 | 2007 | 1 | - |
| V6 | 2007 | 1 | - |
| V7 | 2015 | 1 | - |
| V8 | 2015 | 1 | - |
| V9 | 2016 | 3 | - |
| V10 | 2016 | 1 | - |
| V11 | 2018 | 4 | - |
| V12 | 2020 | 1 | - |

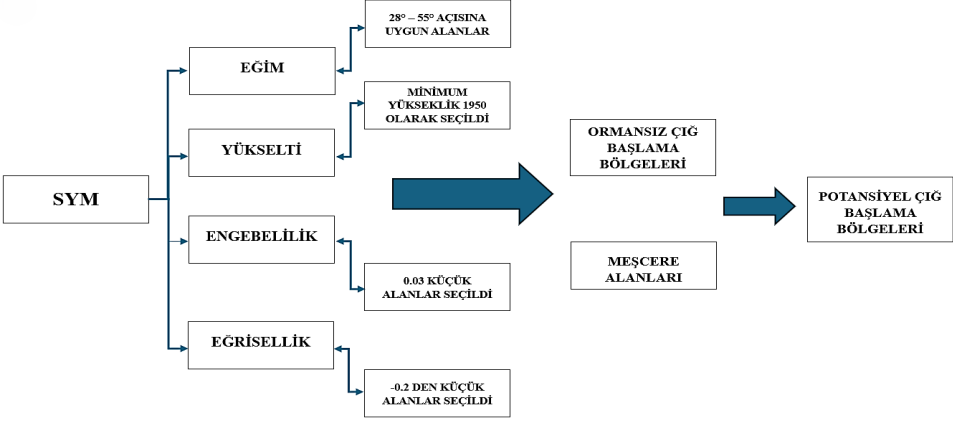
2.3. Çığ Başlama Bölgeleri

Çalışma alanındaki çığ olaylarına ilişkin bilgiler, arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler sonucunda elde edilmiştir. Bu çığ olayları aktif çığ başlama bölgeleri (AÇBB) olarak haritaya işlenmiştir. Şekil 5 de AÇBB'nin bir kısmı gösterilmektedir.



Şekil 5. Çalışma alanında yer alan Oteller ve Jandarma bölgesindeki aktif çığ başlama bölgeleri.

Potansiyel çığ başlama bölgelerinin tespiti için ise uzaktan algılama yöntemleri kullanılmıştır. Topografik parametreler kullanılarak potansiyel çığ başlama bölgeleri Bühler ve diğerleri (2013) tarafından geliştirilen ve Yıldız ve Akkuş (2022) dan uyarlanarak belirlenmiştir (Şekil 6).

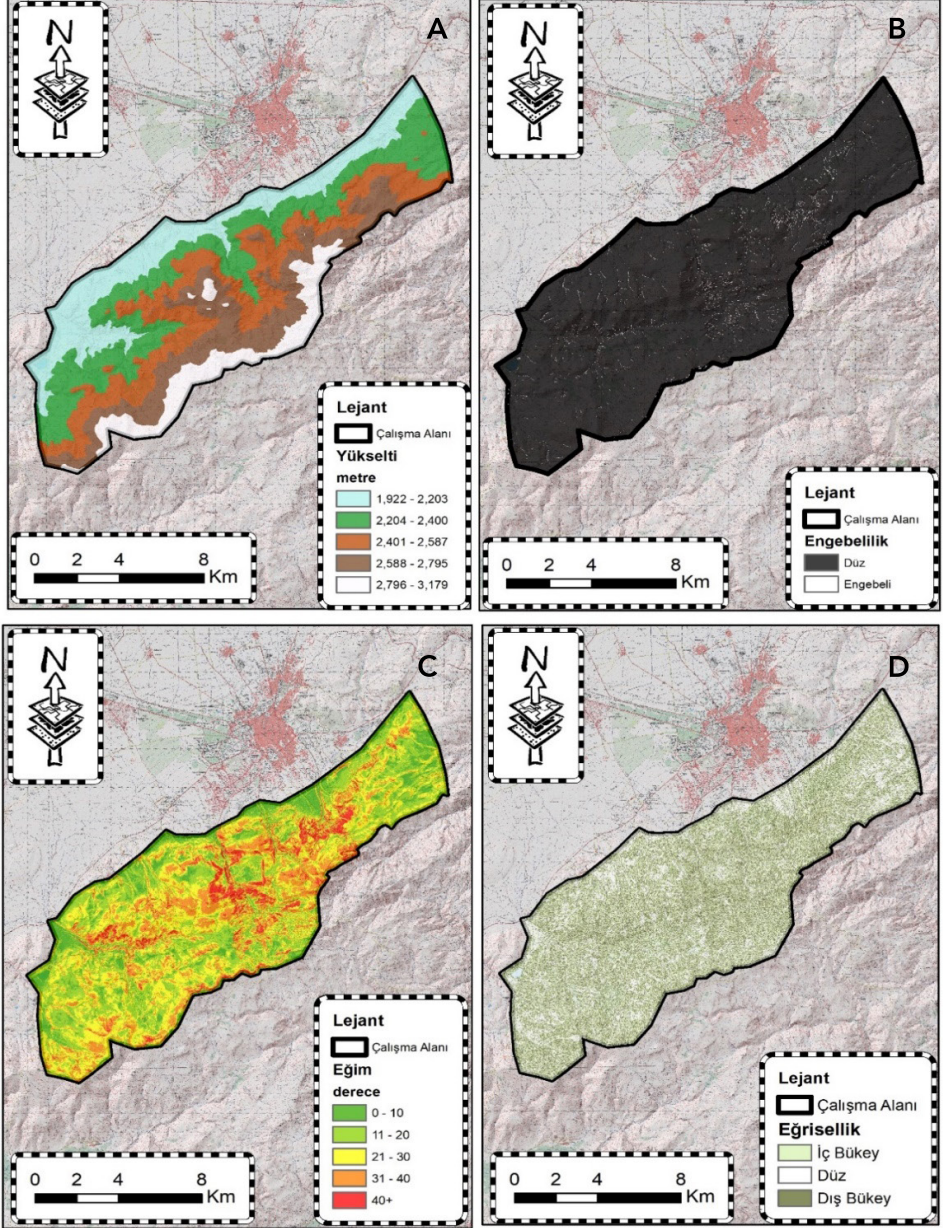


Şekil 6. Potansiyel çığ başlama bölgelerinin tespitinde kullanılan algoritma.

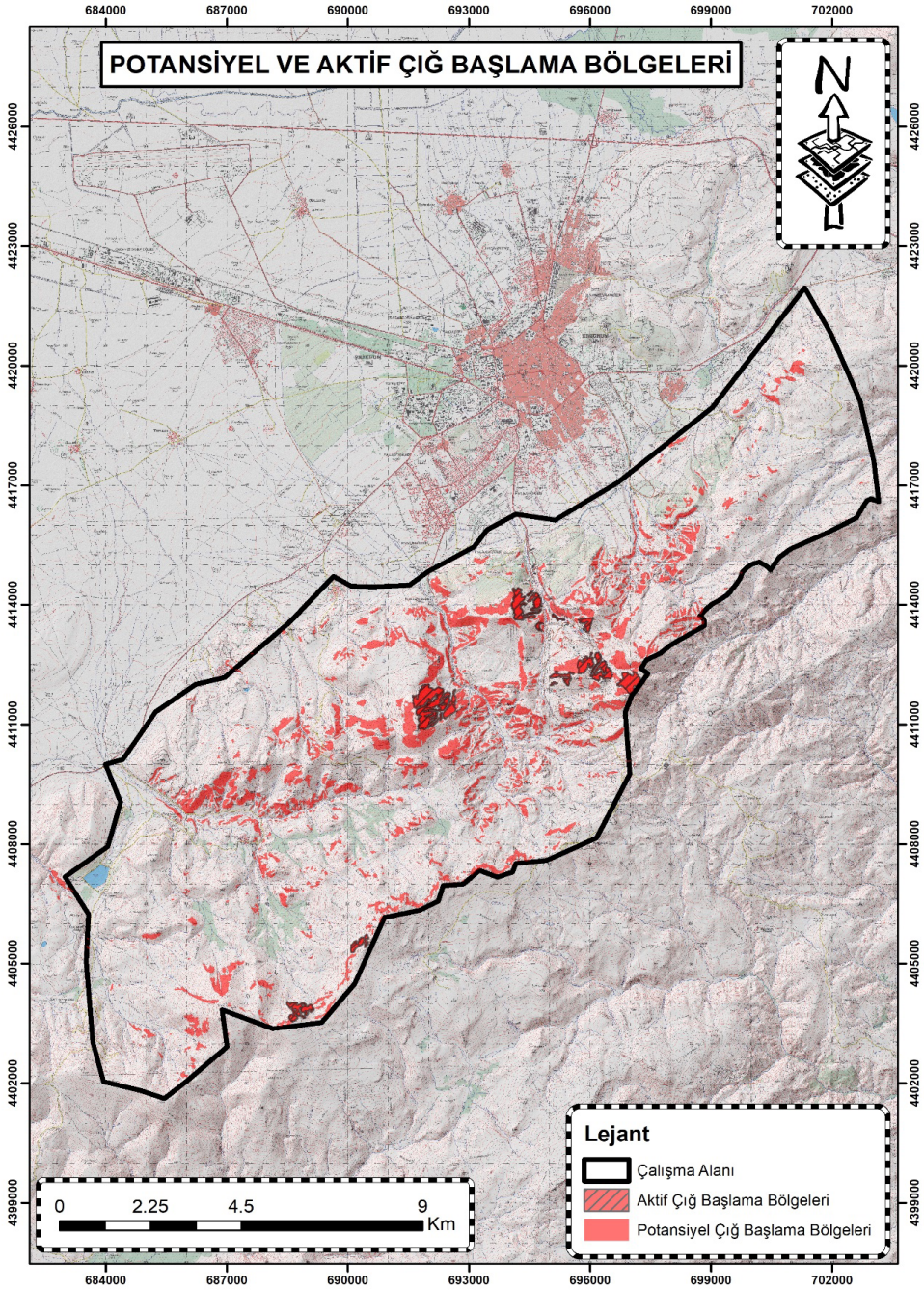
Algoritmanın ana girdisi Sayısal Arazi Modeli (SAM)'dir. SAM, yeryüzünün belirli bir bölgesine ait konum ve yükseklik verileri kullanılarak oluşturulan, o bölgenin topografyasını ve arazi özelliklerini üç boyutlu olarak gösteren sayısal bir modeldir. Bu model, o bölgedeki arazi detaylarını kapsamlı bir şekilde temsil eder (Akgül ve diğerleri, 2016). Çalışmada kullanılan güncel 5 metrelik SAM verisi, Erzurum Büyükşehir Belediyesinden temin edilmiştir.

Diğer algoritma parametreleri; eğim, yükselti, engebellelik ve eğrisellik gibi topografik özelliklerdir (Şekil 7). Bu özellikler, bir bölgenin potansiyel çığ başlama bölgesi olup olmadığının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Zemin yüzeyindeki engebellelik, kar örtüsünün zemine tutunmasında önemli bir rol oynayan temel etmenlerden biridir (Ancey, 2001). Engebellelik, kesintisiz ve zayıf kar tabakalarının oluşumunu engelleyerek çığ olma olasılığını etkileyebilir (Schweizer ve diğerleri, 2003). Engebellelik parametresi olarak 0.03 den küçük alanlar seçilmiştir. Engebelleliğin az olduğu alanlarda çığ olma olasılığı yüksektir (McClung ve Schaerer, 1993). Minimum ve maksimum eğim değerleri ise sırasıyla 28° ve 55° olarak belirlenmiştir. Büyük yıkıcı çığlar bu eğim aralığında meydana gelmektedir. 28° eğimin altındaki alanlarda kar tabakasındaki kayma direncinin gerilme direncini aşmaması nedeniyle genellikle çığlar oluşmaz. 55° üstündeki eğimli alanlarda ise kar birikmesi fazla olmadığından büyük çığlar meydana gelmez (Ancey, 2001). Minimum yükseklik değerleri ise arazi incelemeleri sonucunda 1950 m olarak seçilmiştir. İçbükey bölgelerde de tabaka çığları oluşabildiğinden eğrisellik parametresi olarak -0.2 den küçük

yani iç bükey alanlar seçilmiştir (McClung ve Schaerer, 1993). Çiğ başlama bölgeleri belirlendikten sonra yoğun orman alanları çıkarılarak nihai potansiyel çiğ başlama bölgeleri elde edilmiştir (Şekil 8).



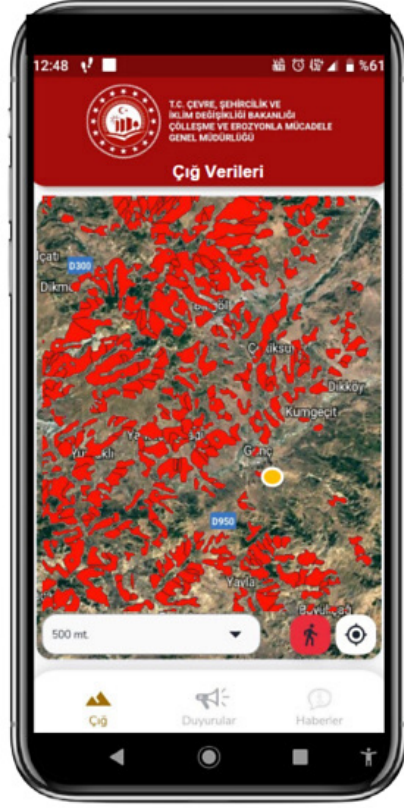
Şekil 7. Çalışma alanı yükselti(a), engbelilik(b), eğim(c), eğrisellik(d) haritası



Şekil 8. Palandöken Kayak Merkezi aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri haritası.

2.4. ÇEM Genel Müdürlüğü tarafından

Çiğ Mobil uygulaması, Türkiye'de çiğ tehlikesi olan bölgelerin tespiti ve vatandaşların güvenliğini sağlamak amacıyla ÇEM Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilmiştir (Şekil 9). Dünyada tek örneği olan bu mobil uygulama, potansiyel çiğ başlama bölgelerini harita üzerinde göstererek bu alanlara yaklaşıldığında sesli uyarı ile kullanıcıları bilgilendirmektedir. İlerde yapılacak güncellemeler ile çevrimdışı harita, envanter kaydı, güzergâh planlama ve kar örtüsü katmanı gibi yeni fonksiyonlar tanımlanacak olan mobil uygulama, çiğ riski ile mücadelede etkin bir çözüm sunmaktadır. Çiğ Mobil uygulaması, Android ve App Store platformlarında kullanıma sunulmuş olup, yerel halk, güvenlik güçleri, bölgede çalışanlar, avcılar, dağcılar ve kayakçılar tarafından kullanılabilir. Flutter dilinde yazılmış olan bu mobil uygulamada ülkemizde çiğ tehlikesi bulunan tüm illere ait potansiyel çiğ başlama bölgesi verisi bulunmakta olup kolaylıkla bu verilere erişilebilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen Palandöken Kayak Merkezi potansiyel çiğ başlama bölgesi verileri de uygulamaya eklenmiştir.



Şekil 9. Çiğ Mobil Uygulaması ve çiğ verileri gösterimi (ÇEMGM, 2022).

2.5. Çiğ Tehlike Haritası

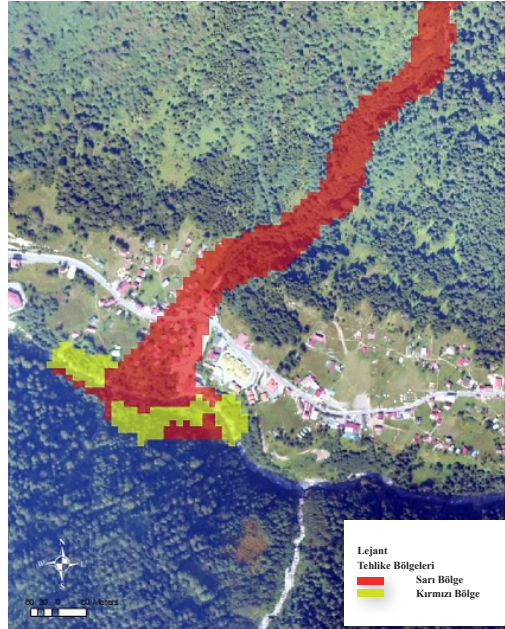
Potansiyel ve aktif çiğ başlama bölgeleri kullanılarak yapılan iki boyutlu çiğ simülasyonları için RAMMS yazılımı kullanılmıştır. RAMMS yazılımı, Kar ve Çiğ Araştırma Enstitüsü (SLF) tarafından geliştirilen ve Voellmy Modeli'ne dayanan bir yazılımdır. Bu yazılım, çiğ, moloz akması ve kaya düşmesi gibi doğa kaynaklı afetlerin iki boyutlu simülasyonları için kullanılır. RAMMS yazılımı için Coulomb sürtünme katsayısı (μ) ve hızın karesi ile orantılı türbülans sürtünme katsayısı (ξ) olmak üzere iki parametre gereklidir. Bu iki parametreye ek olarak, başlama bölgeleri (m^2), kopma derinlikleri (m), başlama bölgesindeki kar yoğunluğu

(kg/m³) ve SAM verisi simülasyonlar için gerekli verilerdir. Kar topu etkisinden dolayı meydana gelen birikme miktarı ve direnç alanları ise opsiyonel olarak analizlere eklenebilmektedir. Çıktı olarak akış hızı, basıncı, yüksekliği, akma ve birikme sınırlarını verir. 2005’ten beri kullanılan bu yazılım, 2010’dan sonra ticari olarak kullanıma açılmıştır. RAMMS modeli ile çığ senaryolarını simüle etmek için (Christen ve diğerleri, 2010) girdiler ve kullanılan parametreler şunlardır:

- 5 x 5 çözünürlüğünde sayısal yükseklik modeli (SAM),
- Arazi incelemeleri ve kullanılan algoritma sonucunda elde edilen aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri,
- Yoğunluk (kg/m³): 300,
- Sürtünme yasası: Voellmy Modeli,
- Tekerrür periyodu: 100 yıl,
- Çığ boyutu: Büyük,
- Kopma derinliği: Palandöken Kayak Merkezi meteoroloji istasyonu verilerindeki eksiklikler nedeni ile çalışmada kullanılamamıştır. Başlangıç bölgesindeki kırılma derinliğini belirlemek için, Avusturya Alpleri’nde yapılan Schellander’in (2004) çalışmasındaki yaklaşım benimsenmiş ve 100 yıllık kırılma derinliği 1.6 m alındı,
- Sürtünme parametreleri: Otomatik olarak işaretlenmiştir.

İsviçre, Avusturya ve Fransa gibi ülkeler çığ tehlike haritalaması yaparken renk skalası kullanmaktadır. Renk skalası, iki boyutlu çığ simülasyon sonuçlarından elde edilen basınç değerlerine göre belirlenmekte ve haritalama işlemi bu verilere göre yapılmaktadır.

Örneğin, Şekil 10 da görüldüğü üzere, Avusturya’da 1 ila 10 kN/m² arası çığ basıncının görüldüğü alanlar sarı renkle, 10kN/m² ve üzeri basınç değerine sahip bölgeler ise kırmızı renkle gösterilmektedir. Bu renk skalası, çığ tehlikesinin seviyesini görsel olarak daha anlaşılır hale getirerek kullanıcıların riskleri kolayca değerlendirmesine imkân sağlamaktadır.



Şekil 10. Avusturya metoduna göre yapılmış çığ tehlike haritası (Yıldız, 2018)

Ülkemizde bugüne kadar bu tür kapsamlı bir çalışma yapılmamış olup, ÇEM Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan metod ile 1 kN/m^2 'nin üzerinde çığ basıncı olan potansiyel akma ve birikme alanları mavi renkle, aynı şekilde 1 kN/m^2 'nin üzerinde çığ basıncı olan aktif akma ve birikme alanları ise mavi taralı olarak gösterilmektedir. Buna ek olarak, potansiyel çığ başlama bölgeleri kırmızı renkle, aktif çığ başlama bölgeleri ise kırmızı ve taralı olarak haritalandırılmaktadır.

Bu çalışmada da aynı yöntem kullanılarak, ülkemizdeki çığ tehlike haritalamasının daha sistematik ve anlaşılır bir şekilde sunulması hedeflenmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Palandöken Kayak Merkezi ve çevresinde birçok otel, geçici konaklama tesisleri, kayak pisti, yerleşim alanı ve güvenlik güçlerine ait yapılar bulunmaktadır. Özellikle bazı oteller ve jandarma karakolu çığ tehlikesine maruz kalmakta olup, bölgedeki yapıların çığ riski altında olması, kar çığlarının bölge için önemli bir sorun teşkil ettiğini göstermektedir. Bu yapılara etki eden veya edebilecek çığ başlama bölgeleri RAMMS programı ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda verilmiştir:

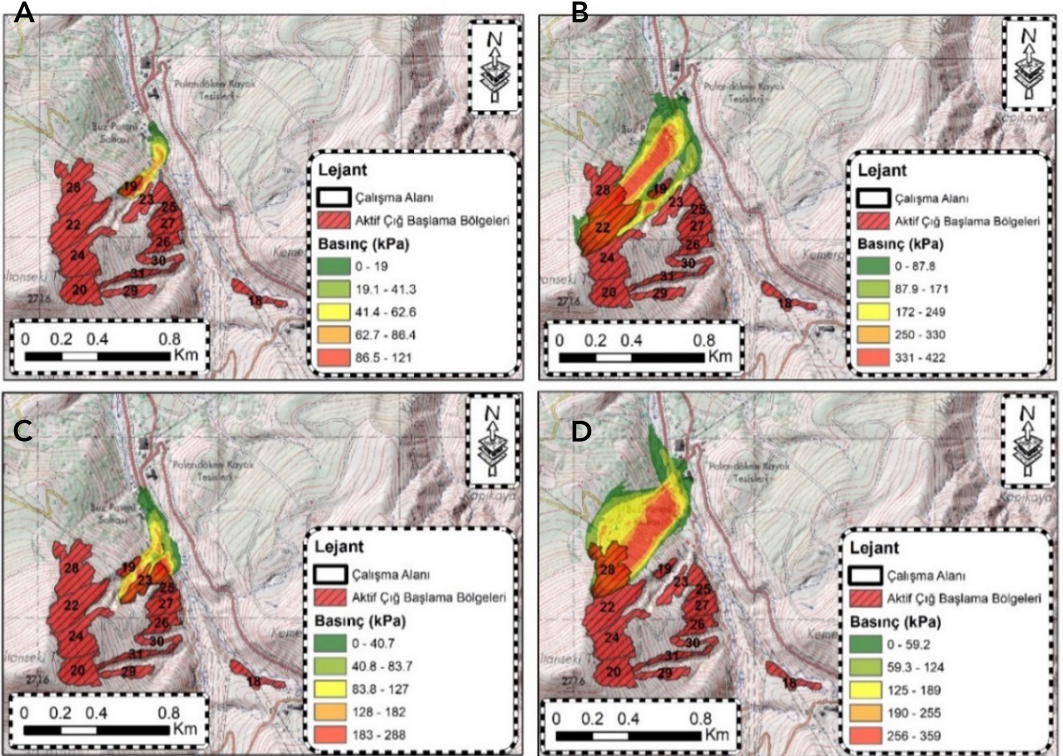
Tablo 2. Jandarma Karakolu Bölgesi AÇBB Çığ Basıncı, Hız ve Yükseklik Değerleri.

| AÇBB NO | Çığ Basıncı (kPa) | Çığ Hızı (m/s) | Çığ Yüksekliği (m) |
|---------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| 19. | 121 | 20.1 | 5.76 |
| 22. | 422 | 37.5 | 12.5 |
| 23. | 288 | 31 | 9.35 |
| 28. | 359 | 34.6 | 8.34 |

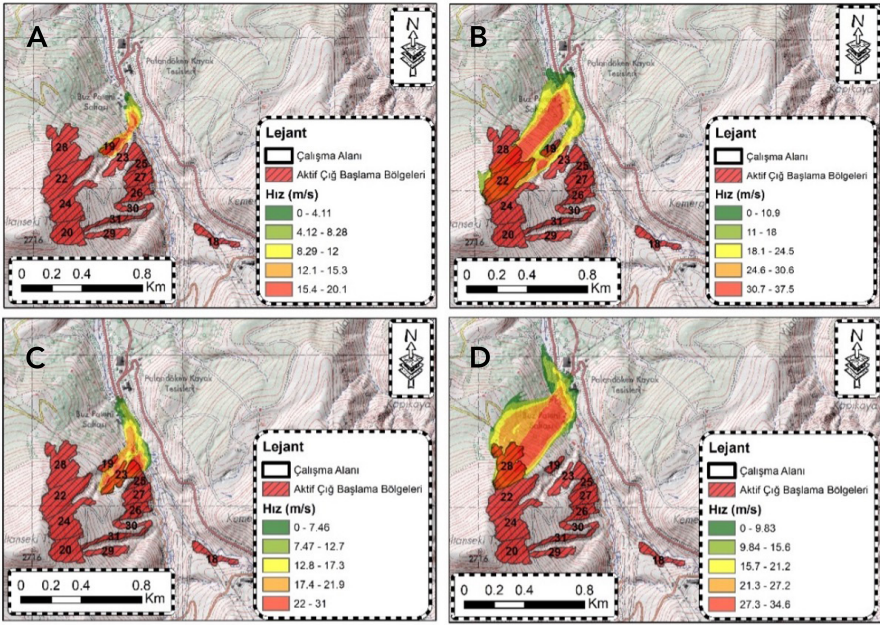
Tablo 2'ye göre, farklı AÇBB alanlarındaki çığ basıncı, hızı ve yüksekliği değerlerinde belirgin farklılıklar gözlenmektedir. En yüksek çığ basıncı 422 kPa ile 22. AÇBB'de, en düşük çığ basıncı ise 121 kPa ile 19. AÇBB'de ölçülmüştür (Şekil 11). Benzer şekilde, çığ hızı en fazla 37.5 m/s ile 22. AÇBB'de, en az 20.1 m/s ile 19. AÇBB'de tespit edilmiştir (Şekil 12). Çığ yüksekliği açısından ise en yüksek değer 12.5 m ile yine 22. AÇBB'de, en düşük değer ise 5.76 m ile 19. AÇBB'de kaydedilmiştir (Şekil 13). Jandarma karakoluna doğrudan gelen değerler ise basıncın 80 kPa , hızın 17 m/s ve çığ yüksekliğinin 14 metre ye kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Nitekim 18 Ocak 2016 tarihinde meydana gelen bir çığ olayı, karakolun kafeteriasına zarar vermiş ve bir askerin yaralanmasına neden olmuştur. Bulunan bu sonuçlara göre ileride oluşabilecek çığın 2016 yılındaki çığ olayından daha kötü sonuçlara neden olabileceği öngörülmektedir.

Otellere yönelik yapılan değerlendirme de ise, Şekil 14’te sunulan AÇBB çığ basınç haritalarına göre 17. AÇBB’de çığ basıncının 352 kPa, 21. AÇBB’de 310 kPa’ya kadar çıktığı tespit edilmiştir. Şekil 15’te sunulan AÇBB çığ hız haritalarına göre çığ hızlarının 17. AÇBB’de 34.2 m/s, 21. AÇBB’de 32.1 m/s’ye ulaştığı belirlenmiştir. Şekil 16’da sunulan AÇBB çığ yükseklik haritalarına göre çığ yüksekliklerinin 17. AÇBB’de 11 m ve 21. AÇBB’de 10 m’ye kadar geldiği görülmektedir. Otelere doğrudan gelen değerler ile basıncın 264 kPa, hızın 29 m/s ve yüksekliğin 4.6 metreye kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, otellerin ciddi çığ riski altında olduğunu açıkça göstermektedir.

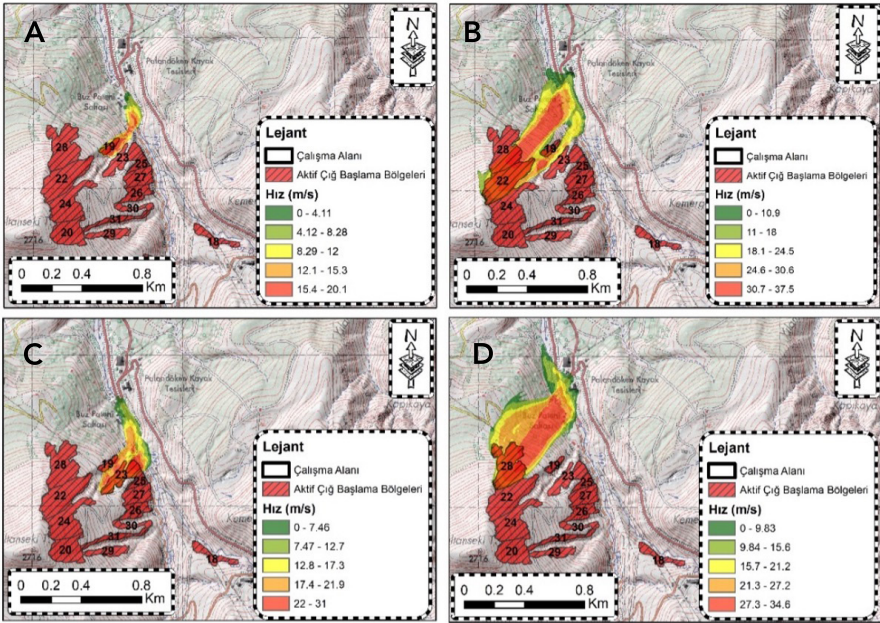
Tüm potansiyel ve aktif çığ başlama bölgeleri çığların akış alanlarını tespit etmek amacıyla RAMMS yazılımı kullanılarak tek tek analiz edilmiş ve iki boyutlu çığ simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Maalesef önceki çığ olayında kayıt alınamadığı için tam olarak analiz sonuçları ile karşılaştırılamamıştır. Bu simülasyonların sonuçlarına dayanarak çığ tehlike haritası oluşturulmuştur (Şekil 17).



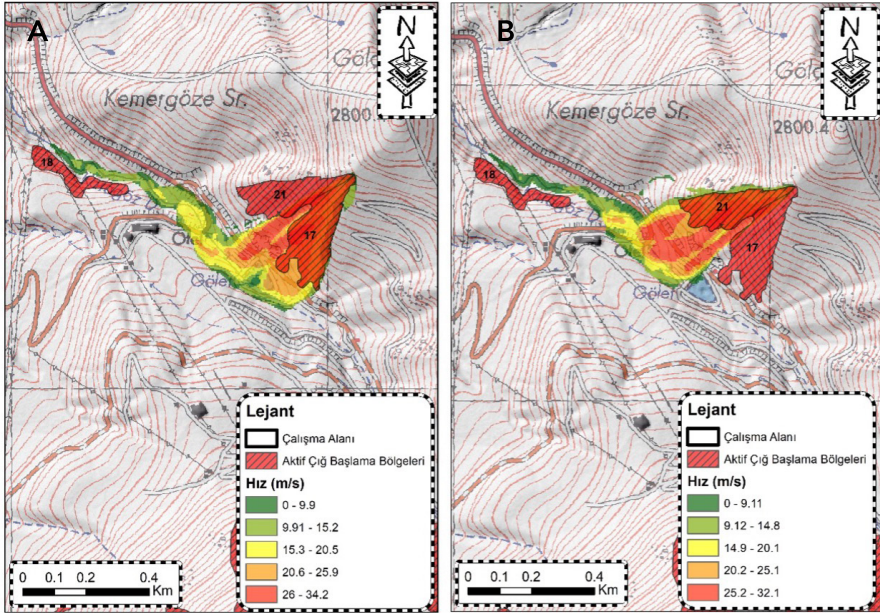
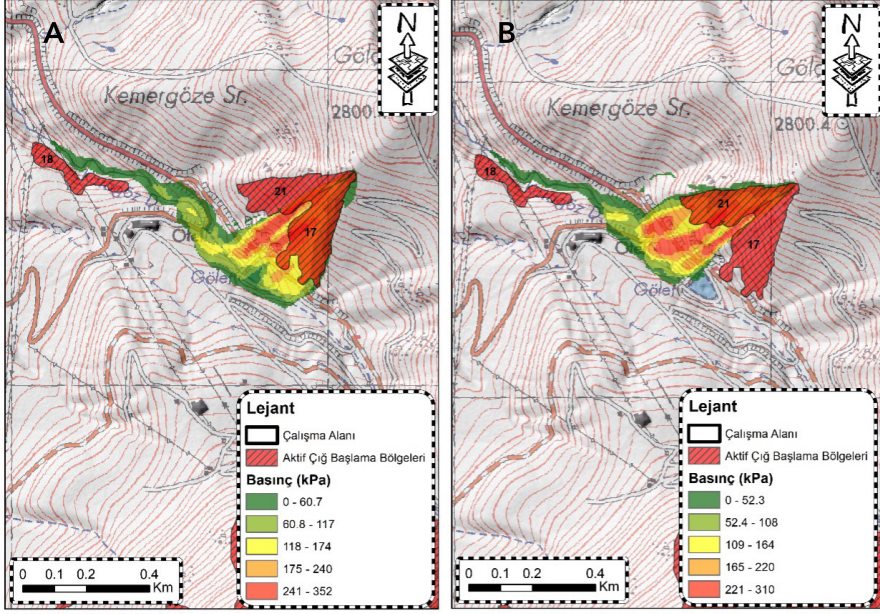
Şekil 11. a) 19. AÇBB çığ basınç haritası b) 22. AÇBB çığ basınç haritası c) 23. AÇBB çığ basınç haritası d) 28. AÇBB çığ basınç haritası.

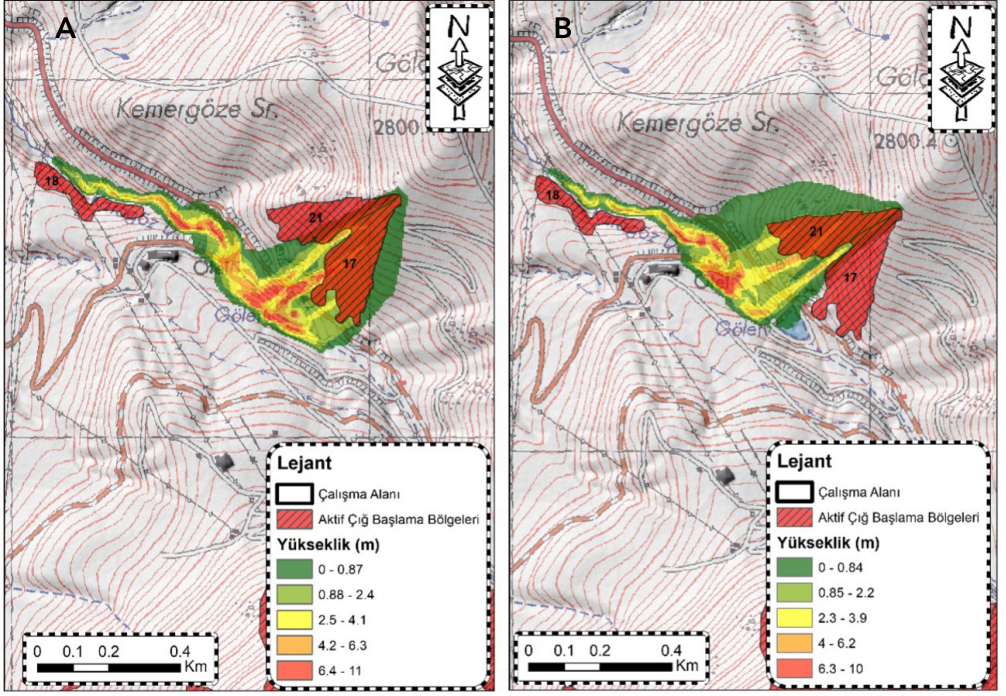


Şekil 12. a) 19. AÇBB çığ hız haritası b) 22. AÇBB çığ hız haritası c) 23. AÇBB çığ hız haritası d) 28. AÇBB çığ hız haritası.

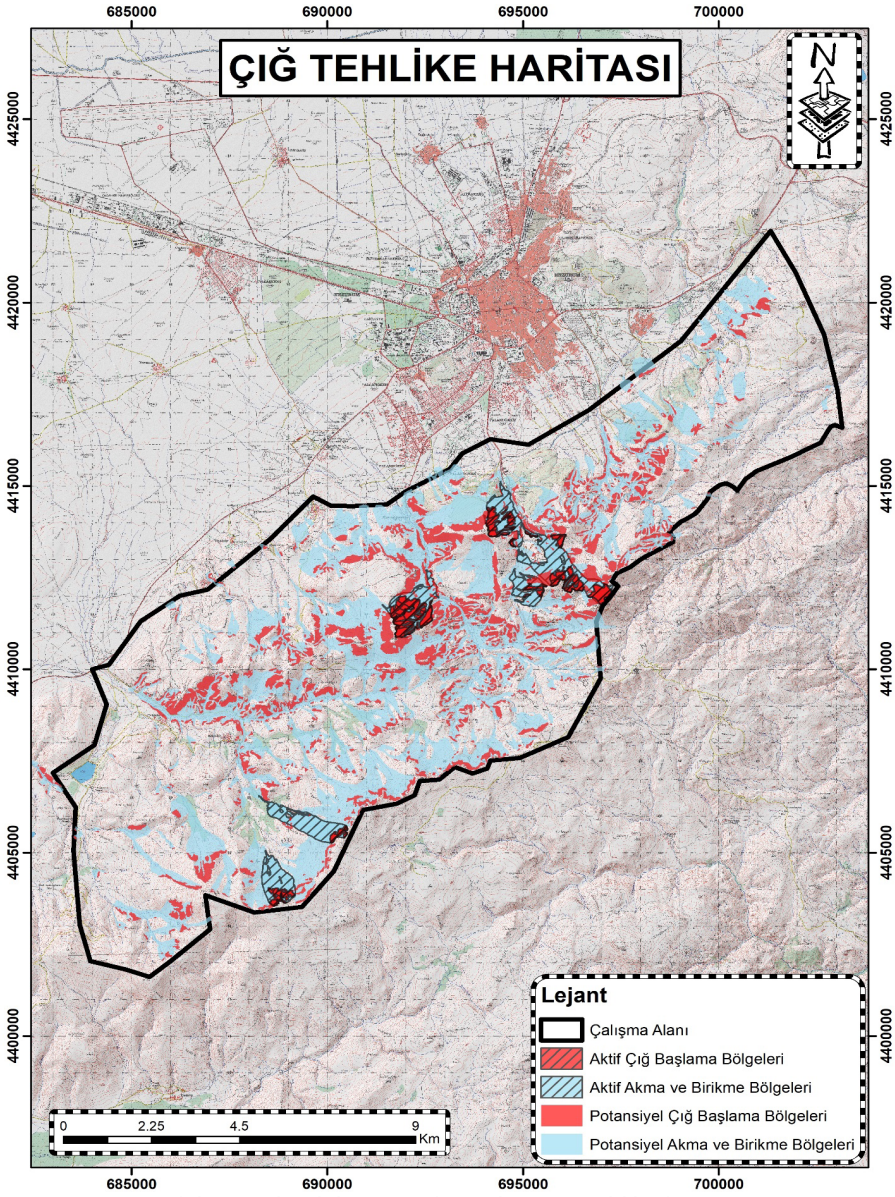


Şekil 13. a) 19. AÇBB çığ yükseklik haritası b) 22. AÇBB çığ yükseklik haritası c) 23. AÇBB çığ yükseklik haritası d) 28. AÇBB çığ yükseklik haritası.





Şekil 16. a) 17. AÇBB çiğ yükseklik haritası b) 21. AÇBB çiğ yükseklik haritası.



Şekil 17. Palandöken Kayak Merkezi çığ tehlike haritası.

4. Sonuçlar

Ülkemizin doğusunda yer alan Erzurum Palandöken Kayak Merkezi'nde çığ tehlike haritasının hazırlanma süreci, aktif ve potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesiyle başlamıştır. Bu amaçla, belirlenen çalışma alanında potansiyel çığ başlama alanlarının otomatik olarak tespit edilmesi için geliştirilen bir algoritma kullanılarak yapılan çalışma ve arazi gözlemleri ile yerinde kontrol çalışmaları sonucunda, toplamda 15.335 hektar çalışma alanında 1.779 hektar potansiyel ve aktif çığ başlama bölgeleri tespit edilmiştir. Aktif ve potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlendikten sonra, çığ akma ve birikme sınırlarının tespiti amacıyla RAMMS yazılımı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiş ve çığ akma ve birikme alanları (6.605 ha) bulunmuştur. Sonrasında bu alanlar birleştirilerek Palandöken Kayak Merkezi çığ tehlike haritası oluşturulmuştur.

Türkiye'de çığlar ciddi bir sorun olmasına rağmen, bu olayları kaydeden, belgeleri düzenleyen, sınırlarını belirleyen ya da gerekli ölçüm ve analizleri yapan bir kurum bulunmamaktadır. Dolayısıyla, yalnızca ölümlere, yaralanmalara ve ekonomik zararlara yol açan birkaç kayıtlı olay dışında güncel bir çığ veri tabanı mevcut değildir. Bu durum, potansiyel ve geçmiş çığ olaylarının büyüklüğü ve alan kapsamı hakkında bilgi sağlayan çığ tehlike haritalarının eksikliğinden kaynaklanmakta ve çığ tehlike durumunun belirlenmesi ve arazi kullanım planlaması için tehlikeli alanların net bir şekilde belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Jandarma karakolu açısından çığ tehlikesi ciddi boyutlarda tespit edilmiştir. Karakola doğrudan ulaşan çığ basıncının 80 kPa, hızının 17 m/s ve yüksekliğinin 14 metreye kadar çıktığı belirlenmiştir. Nitekim 18 Ocak 2016 tarihinde meydana gelen çığ olayı, karakolun kafeteryasına zarar vermiş ve bir askerin yaralanmasına neden olmuştur. Bu bulgular, gelecekte gerçekleşebilecek çığ olaylarının 2016'daki olaydan daha ağır sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Oteller açısından yapılan analizlerde ise basıncın 264 kPa, hızın 29 m/s ve çığ yüksekliğinin 4.6 metreye kadar ulaştığı görülmüştür. Bu bulgular, otellerin de ciddi bir çığ riski altında olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Palandöken Kayak Merkezi'nde gerçekleştirilen çığ tehlike haritası çalışması, çığ olaylarının riskini azaltmak ve bu tür doğal afetlere karşı etkili önlemlerin alınmasında kritik bir rol oynamaktadır. İlgili bölgelerdeki yerleşim yerleri, turizm tesisleri, tesis yolları, kayak pistleri, teleferik ve telesiyer hatları, üst yapı ve altyapı yatırımlarının planlanmasında ve doğal afetlerin etkilerinin azaltılmasında bu tür haritaların kullanılması gelecekte yaşanabilecek olumsuzlukların önüne geçmek için son derece önemlidir.

Kaynakça

AFAD. (2018). Türkiye’de Afet Yönetimi. [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/Turkiye_de_Afetler.pdf] (Erişim Tarihi: 10.05.2024).

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S. ve Öztürk, T. (2016). İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 104-118.

Ancey, C. (2001). Snow avalanches. N. Balmforth ve A. Provenzale (Ed.), *Geomorphological Fluid Mechanics: Selected Topics in Geological and Geomorphological Fluid Mechanics* içinde (ss. 319–338). Berlin: Springer.

Avşin, N. ve Çakı, D. T. (2021). Çatak-Bahçesaray (Van) karayolu üzerindeki çığa duyarlı alanların belirlenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 7: 30-47.

Aydın, A. ve Eker, R. (2017). CBS tabanlı çığ tehlike haritalaması: Bayburt-Aşağı Dere havzası örneği. *Journal of Environmental Biology*, 38 (Özel Sayı), 937-943.

Brugnot, G. (1999). SAME-Avalanche mapping, model validation and warning systems (Summary Report). Brüksel: European Commission, European Environment and Climate Programme.

Bühler, Y. S., Kumar, S., Veitinger, J., Christen, M., Stoffel, A. ve Snehmani. (2013). Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1321–1335.

Bühler, Y., Bebi, P., Christen, M., Margreth, S., Stoffel, L., Stoffel, A., Marty, C., Schmucki, G., Caviezel, A., Kühne, R., Wohlwend, S. ve Bartelt, P. (2022). Automated avalanche hazard indication mapping on a statewide scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22: 1825-1843.

Bühler, Y., Hüni, A., Christen, M., Meister, R. ve Kellenberger, T. (2009). Automated detection and mapping of avalanche deposits using airborne optical remote sensing data. *Cold Regions Science and Technology*, 57, 99–106.

Bühler, Y., Rickenbach, D., Stoffel, A., Margreth, S., Stoffel, L. ve Christen, M. (2018). Automated snow avalanche release area delineation—validation of existing algorithms and proposition of a new object-based approach for large scale hazard indication mapping. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(2), 365-387.

Christen, M., Kowalski, J. ve Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, 63, 1-14.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEMGM). (2022). Çığ Mobil Uygulaması Geliştirilmesi Projesi.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2000). Doğu Anadolu Projesi Ana Planı. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. Erişim adresi: [http://www.dap.gov.tr/content/DAP/DAPANAPLAN/PDF/ana_plan.pdf](Erişim tarihi: 20 Eylül 2016).

EJDER3200. (2024). Erzurum ili, Palandöken Kayak Merkezi Çığ Vakaları Raporu.

Ersan, H., Aydın, A., ve Eker, R. (2017). Davraz Kayak Merkezi (Isparta-Türkiye) Çığ Tehlike Gösterim Haritasının Oluşturulması. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 13(1), 28-38.

Gruber, U. (2001). Using GIS for avalanche hazard mapping in Switzerland. Proceedings of the 2001 ESRI International User Conference. Erişim adresi: [<http://gis.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap964/p964.htm>] (Erişim Tarihi: 10.07.2024).

Gruber, U. ve Haefner, H. (1995). Avalanche hazard mapping with satellite data and a digital elevation model. Applied Geography, 15, 99-113.

Günel, N. (2013). Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi, 5(1).

Hübl, J., Kienholz, H. ve Loipersberger, A. (2002). DOMODIS – Documentation of Mountain Disasters (State of Discussion in the European Mountain Areas). Klagenfurt: Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT.

İrcan, M. R. ve Duman, N. (2024). Bitlis Çayı Havzası’nda çığ oluşumuna duyarlı alanların coğrafi bilgi sistemleri ile tespit edilmesi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 12: 37-53.

Koşan, A. ve Türkmenbaş, T. (2018). Sürdürülebilirlik kapsamında kayak turizmi: Palandöken örneği. Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi, 2(2), 157-158.

McClung, D. ve Schaerer, P. (1993). The Avalanche Handbook. Seattle, WA: The Mountaineers.

Meral, A. ve Yüksel, A. (2024). Çığ kontrolü projelendirme çalışmalarında risk analizi değerlendirmesi. *Ege 11th International Conference on Applied Sciences*, 843-854.

Rudolf-Miklau, F., Sauer Moser, S. ve Mears, A. (2015). Technical Avalanche Protection Handbook. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Sauer Moser, S. (2006). Avalanche hazard mapping—30 years’ experience in Austria. Proceedings of the 2006 International Snow Science Workshop (ss. 314-321). Telluride, Colorado.

Schellander, H., (2004). Die Bestimmung von mittleren Anbruchhöhen für Lawinen in Tirol. Technische Report, Zentralanstalt für Meteorologie and Geodynamik ZAMG.

- Schweizer, J., Jamieson, J. B. ve Schneebeli, M. (2003). Snow avalanche formation. *Reviews of Geophysics*, 41(4), 1016.
- Schweizer, J., Kronholm, K., Jamieson, J. B. ve Birkeland, K. W. (2008). Review of spatial variability of snowpack properties and its importance for avalanche formation. *Cold Regions Science and Technology*, 51, 253-272.
- Uçar, İ. (2014). Modelleme Çalışmalarıyla Çığ Tehlike Haritalarının Oluşturulması ve Modelleme Girdilerinin Çığ Akımı Üzerindeki Etkileri: Çoruh Havzası Örneği. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yıldız, E. (2018). Avalanche Mitigation Measures in Türkiye Case Study of Ayder. Yüksek Lisans Tezi, BOKU - Universität für Bodenkultur Wien, Viyana, Avusturya.
- Yıldız, E. ve Akkuş, H. (2022). Karayolu üzerindeki çığ tehlikesinin değerlendirilmesi: Van-Bahçesaray örneği 2020. Afet Sempozyumu Bildirileri (ss. 819-831), 20-22 Nisan 2022, Ankara.
- Zeydan, Ö. ve Sevim, B. (2008). İklim değişikliğinin kış turizmine etkileri. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara.

