



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÜYÜK ALANLARDA ÇİĞ TEHLİKE HARİTALARININ
CBS TABANLI OLUŞTURULMASI**

YUNUS BARIŞ ODABAŞI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ABDURRAHİM AYDIN**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜYÜK ALANLARDA ÇIĞ TEHLİKE HARİTALARININ
CBS TABANLI OLUŞTURULMASI

Yunus Barış ODABAŞI tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi YILMAZ TÜRK

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜL

İstanbul Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 15/08/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

15 Ağustos 2018

Yunus Barış ODABAŞI

TEŐEKKÜR

“Büyük Alanlarda Çığ Tehlike Haritalarının CBS Tabanlı Oluşturulması” başlıklı çalışma, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaati Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışması boyunca yardımlarını esirgemeyen ve beni değerli düşünce ve görüşleriyle yönlendiren ve bu yüksek lisans tez çalışmasının şekillenmesinde büyük pay sahibi danışman hocam Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN’a teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her anında danışabildiğim, yardımlarını sunan Arş. Gör. Remzi EKER’e teőekkür ederim.

Tez çalışmamın arazi ve ofis aşamalarında lojistik ve teknik destek verilmesinde, gerekli dokümanların sağlanmasında verdikleri destekle büyük kolaylık sağlayan Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM. GEN. MÜD.) ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) kurumu ve tüm yardımcı olan personellerine teőekkür ederim. Ayrıca çalışmalarımda manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan mesai arkadaşlarım ve aileme teőekkürü bir borç bilirim.

15 Ağustos 2018

Yunus Barış ODABAŞI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
HARİTA LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇIĞ SINIFLANDIRILMASI, TEHLİKE VE RİSK KAVRAMI VE ÇIĞ HARİTALARI	4
2.1. ÇIĞLAR VE SINIFLANDIRILMASI	4
2.2. RİSK VE TEHLİKE KAVRAMLARI VE ÇIĞ HARİTALARININ SINIFLANDIRILMASI.....	8
2.2.1. Tehlike Gösterim Haritaları.....	8
2.2.2. Süreç Haritaları	9
2.2.3. Tehlike Bölgeleme Haritaları	10
2.2.4. Risk Haritaları	10
3. ORMANCILIK VE ÇIĞLAR.....	12
3.1. ORMAN- KAR ÖRTÜSÜ İLİŞKİSİ	14
3.2. ORMAN-ÇIĞ İLİŞKİSİ.....	15
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
4.1. MATERYAL	18
4.1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	18
4.1.2. Kullanılan Harita ve Yazılımlar.....	20
4.2. YÖNTEM.....	22
4.2.1. Çığ Tehlike Gösterim Haritası ve Koruyucu Fonksiyona Sahip Ormanlık Alan Haritalarının Üretilmesi	22
4.2.1.1. Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin Belirlenmesi.....	23

4.2.1.2. <i>Çiğ Koruma Fonksiyonuna Sahip Ormanlık Alanların Belirlenmesi ve Haritalanması</i>	27
4.2.1.3. <i>İki Boyutlu Çiğ Simülasyonlarının Yapılması</i>	27
4.2.1.4. <i>Çiğ Tehlike Gösterim Haritalarının Üretilmesi</i>	29
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
7. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	52



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. University of Northern Colorado'ya göre (CO/UNCO) İsviçre'de çığ ölüm istatistikleri. (açık mavi kontrol edilmesi gereken, koyu mavi kontrol edil(e)meyen alanlar).....	1
Şekil 2.1. Erzurum-İspir Başyurt'ta ormanlık alanda sınırlanmış bir yamaç üzerinde çığ yolunun bölümleri	4
Şekil 2.2. Tabaka ve gevşek kar çığları	7
Şekil 3.1. İsviçre-Andermatt'ta koruyucu işlev gören bir orman.	12
Şekil 3.2. Kar örtüsü içerisinde gövdesi ve dallarıyla bir ankraj görevi gören kayın ağacı.	13
Şekil 3.3. Ormanlık alanda kar davranışı.....	14
Şekil 3.4. Ormanlık alanda kar profili. Meşcere altında, civarındaki açık alanlara kıyasla daha düzensiz ve daha sık kar örtüsü oluşur.	15
Şekil 3.5. Yamaç eğimi ve kapalılığa bağlı olarak yamaca paralel kritik boşluk uzunluğu.	16
Şekil 3.6. Davos-İsviçre'de ormanlık alan içerisinde oluşan boşluklar ve potansiyel çığ başlama bölgeleri.....	16
Şekil 4.1. ArcMap araç kutusu (solda) ve Autorel Nofor ara yüz görüntüsü (sağda). ...	20
Şekil 4.2. LSHM4ELBA+ ArcMap araç kutusu (solda) ve kullanıcı ara yüzü (sağda)..	21
Şekil 4.3. ELBA+ ArcGIS eklentisi (solda) ve ELBA+ simülasyon modülü görüntüsü (sağda)..	21
Şekil 4.4. İş akış şeması.	22
Şekil 5.1. Orman tiplerine (üstte), kapalılıklarına (ortada) ve orman tiplerinin kapalılıklarına göre koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının dağılım grafikleri.	33

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. UNESCO'ya göre çığların sınıflandırılması.....	6
Çizelge 5.1. Meşcere tiplerinin alansal dağılımı.....	32
Çizelge 5.2. Çığ tehlikesi altındaki yerleşim yerleri ve altyapı tesisleri listesi	36



HARİTA LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Harita 2.1. Çığ tehlike gösterim haritası örnekleri.....	9
Harita 2.2. Çığ tehlike bölgeleme haritası	10
Harita 4.1. Çalışma alanı konum ve yükseklik haritası	19
Harita 5.1. Koruyucu fonksiyona sahip orman alanları	31
Harita 5.2. Üretilen çığ tehlike gösterim haritası.....	34
Harita 5.3. 2015 yılı Ocak ayında, Uzuntarla mevki HES inşaatında meydana gelen çığ olayı ile çığ tehlike sınırlarının karşılaştırılması.....	38
Harita 5.4. Uzungöl Mevkii, Yaylaönünde 1981 yılında meydana gelen çığ ile çığ tehlike gösterim haritasının karşılaştırılması	39
Harita 5.5. Demirkapı Köyünde 1993 yılında meydana gelen çığın sınırları	40
Harita 5.6. Uzungöl ve civarında çığ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu	41
Harita 5.7. Demirkapı civarında çığ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu	41
Harita 5.8. Karaçam ve Köknar civarında çığ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu	41

KISALTMALAR

AVAL-1D	One-dimensional Avalanche Simulation Software
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO/UNCO	University of Northern Colorado
DTM	Digital Terrain Model
E	Erozyon
ED	European Datum
ELBA	Energy Line Based Avalanche
HES	Hidroelektrik Enerji Santralleri
LSHM4ELBA+	Large Scale Hazard Mapping for ELBA+
OT	Orman Toprağı
RAMMS	Rapid Mass Movements Simulation
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SLF	Kar ve Çığ Araştırma Enstitüsü (Institut für Schnee-und Lawinenforschung SLF)
UNESCO	United Nations Science and Culture Organization
UTM	Universal Transverse Mercator

SİMGELER

cm	Santimetre
D	Doğu
h	Akış yüksekliği (m)
K	Kuzey
Kg/m ³	Kilogram / metreküp
m	Metre
m ²	Metre kare
mm	Milimetre
mu (μ)	Sürtünme parametresi
v	Hız(m/sn)
xi (ξ)	Sürtünme parametresi

ÖZET

BÜYÜK ALANLARDA ÇIĞ TEHLİKE HARİTALARININ CBS TABANLI OLUŞTURULMASI

Yunus Barış ODABAŞI

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN

Ağustos 2018, 51 sayfa

Bu tez çalışmasında Trabzon İli Çaykara ilçesi için çığ tehlike gösterim haritasının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı olarak üretilmesi ve ayrıca koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının belirlenerek haritalanması amaçlanmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen işlemler 4 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) Potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) Çığ koruma fonksiyonuna sahip ormanlık alanların belirlenmesi ve haritalanması, 3) İki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi, 4) Çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi. Çalışmada potansiyel çığ başlama bölgeleri, topoğrafik parametrelerden yararlanarak, CBS tabanlı olarak hem orman varlığını dikkate alarak hem de dikkate almadan belirlenmiştir. Orman varlığını dikkate alarak belirlenen potansiyel başlama bölgeleri ile iki boyutlu çığ simülasyonları gerçekleştirilerek çığ tehlike gösterim haritası üretilmiştir. Çığ önleme açısından potansiyel koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanlar ise orman varlığını dikkate alarak belirlenen potansiyel çığ başlama bölgeleri, orman varlığını dikkate almadan belirlenen potansiyel çığ başlama bölgeleri ve alana ait sayısal meşcere haritası kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanında toplam alanı 8.446 Ha olan 5.525 adet potansiyel çığ başlama bölgesi belirlenmiştir. Üretilen çığ tehlike gösterim haritasına göre ise 22.088 Ha (toplam alanın %39'u) alan çığ tehlikesi altında yer almaktadır. Çalışmada CBS tabanlı üretilen çığ tehlike gösterim haritası ile alanda daha önce meydana gelen çığ olaylarının örtüştüğü gözlenmiştir. Çalışma alanında çığ önleme açısından potansiyel koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanlar ise 6.628,84 Ha olarak belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Çaykara, Çığ, Tehlike gösterim haritası.

ABSTRACT

GENERATING GIS-BASED LARGE SCALE AVALANCHE HAZARD MAPS

Yunus Barış ODABAŞI

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

August 2018, 51 pages

In the present study, it was aimed to create snow avalanche hazard map based geographic information systems (GIS) and to determine forested areas providing protection function against snow avalanches, for Çaykara district of Trabzon province. All works carried out are divided into 4 main stages: 1) Determination of potential avalanche release zones, 2) Determination and mapping of forested areas providing protection function against snow avalanches, 3) two dimensional snow avalanche simulations, and 4) Creating snow avalanche hazard maps. Potential snow avalanche release zones were GIS-based determined by using topographic parameters both taking into account the existence of forest or don't. Snow avalanche hazard map was generated by carrying out two dimensional snow avalanche simulations from potential avalanche release zones obtained by taking into account the existence of the forest. The forested areas providing protection function against snow avalanches were determined by using potential snow avalanche release zones determined and digitized forest maps. In the study area, 5.525 potential avalanche release zones with a total area of 8.446 ha were determined. According to the avalanche hazard map created, 22.088 Ha (%39 of the total area) is located under the avalanche hazard. In the study, it was observed that the avalanche hazard map generated and the past avalanche events overlapped well. Forested areas providing potential protective function against snow avalanches were determined as 6.628,84 Ha.

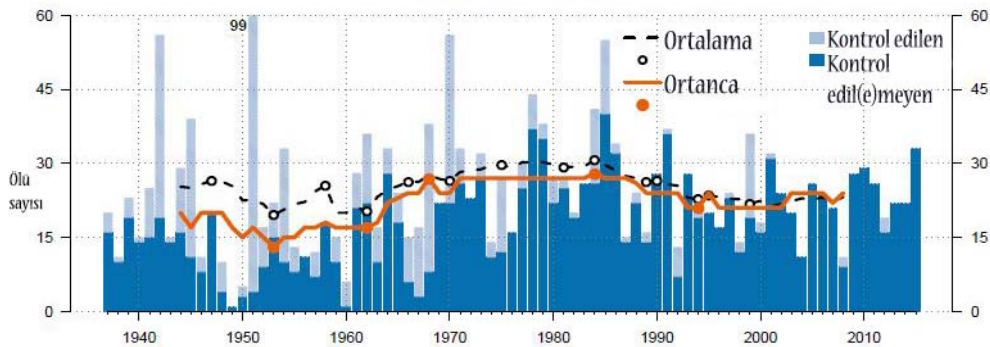
Keywords: Avalanche, Çaykara, Hazard indication map.

1. GİRİŞ

Dağlık havzaların yüksek ve eğimli yamaçlarında kar yağışıyla biriken örtünün zaman zaman çeşitli nedenlerle dengesini kaybederek yamaç aşağısına veya vadi tabanına doğru hareketi çığ olarak tanımlanmaktadır. Çığ kütleleri içerisinde buz, ağaçların kök ve gövde parçaları ile taş ve toprak bulunabilmektedir [1].

Dünya ölçeğinde çığdan ölen insan sayısı tam olarak bilinmemekle beraber [2], İsviçre’de yılda ortalama 25 kişi (1936/37-2014/2015 arası), Avusturya’da 26 kişi (1969/70-2014/2015), Fransa’da 27 kişi (1969/70-2014/2015) ve İtalya’da 20 kişi hayatını kaybetmektedir [3]. Türkiye’de ise bu rakam resmi kurumların bildirdiğine göre yıllık ortalama 24 kişidir [4].

Çığlardan etkilenenlere bakıldığında ise Orta Avrupa ve Amerika gibi çığ yönetimi ve önleme konusunda uzun yıllara dayalı tecrübe ve uygulamalara sahip olan ülkelerde ölen kişilerin önemli bir yüzdesinin genellikle yerleşim yerlerinin dışında yer alan veya sınırları belli, yetkililerce işletilen kayak tesislerinin dışındaki dağcı/kayakçı gibi kişilerin kendi başına ziyaret ettikleri tehlikeli yamaçlar olan kontrol edil(e)meyen alanlarda yer aldığı görülmektedir. Örneğin 1970-2015 yılları arasında ölenlerin toplamının Avusturya’da %76’sı, İsviçre’de %87’si ve Fransa’da %89’u kontrol edil(e)meyen alanlarda hayatlarını kaybetmişlerdir [3]. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi Türkiye’de ölenlerin %5’e yakın bir kısmı kontrol edil(e)meyen alanlarda hayatını kaybetmişlerdir.



Şekil 1.1. University of Northern Colorado’ya (CO/UNCO) göre İsviçre’de çığ ölüm istatistikleri (açık mavi kontrol edilebilen, koyu mavi kontrol edil(e)meyen alanlar).

Türkiye’de son yıllarda dağlık alanlarda hem turistik tesislerde, hem de kara ve demiryolları ile Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) gibi yapılarda artış gözlenmektedir. Bu artışa bağlı olarak inşa edilen yapı ve tesisler ile bu tesislere bağlı artan insan aktivitesi sonucu daha fazla çığ olayı riski ile karşı karşıya kalınmaktadır. Nitekim 7 Ocak 2013 tarihinde Erzurum-Çat Karayolu 85. km’de yol üzerine düşen çığ enkazını yoldan temizlemeye çalışırken dozer operatörü, alana düşen ikinci bir çığdan dolayı hayatını kaybetmiştir. Başka bir örnek olarak 10 Ocak 2015 tarihinde Trabzon Çaykara Uzuntarla mevkiinde HES inşaatı üzerine düşen ve 5 işçinin hayatını kaybettiği olay gösterilebilir [5].

Bilindiği gibi ormanlar, özellikle başlama bölgelerinde yer alıyorsa çığlara karşı daha etkin bir koruyucu işlev görebilmektedirler. Örneğin 19. yy’dan itibaren Alplerde yamaç eğiminin 30°’nin üzerinde olduğu alanlarda gözlenen orman varlığı artışının belirgin şekilde çığ aktivitesini azalttığı belirlenmiştir [6]. Bunun başlıca sebepleri arasında; i) ormanlık alanlar içerisinde açık alanlara nazaran ağaç kompozisyonunun ve dolayısıyla intersepsiyonunun da etkisiyle daha az kar birikmesi, ii) orman içerisinde kar örtüsü homojenitesinin tepe ve dallardan düşen kar kümelerinin etkisiyle değişmesi ve dolayısıyla duraylılığının bozulması, iii) rüzgâr ile kar birikmesinin çok daha az olması gibi hususlar sayılabilir [7]-[13].

Çığ meydana gelme olasılığı bulunan alanlarda ormanların koruyucu işlev görebilmesi ancak başlama bölgelerinde bulunması halinde mümkündür [14]. Başlama bölgelerinde ormanların varlığı mutlak bir koruyucu etki meydana getirmez. Çünkü meşcerenin yapısına göre koruyucu işlevden bahsetmek mümkün hale gelmektedir [6].

Çığ meydana gelebilecek yerlerin belli edilmesi, oluşturabileceği muhtemel zararların minimize edilmesi veya ortadan kaldırılması için gereklidir. Çığdan etkilenen orta Avrupa ülkelerinde çığlarla mücadele, orta çağlara kadar geriye giderken [10] çığ haritalama çalışmalarının 19 yy. sonlarına doğru yapılmaya başlandığı görülmektedir. Bu bağlamda İsviçreli Orman Başmüfettişi J. Coaz’ın 1881 yılında yayınlanan “İsviçre Alplerinde Çığlar” isimli kitabında ek olarak verilmiş haritalar, çığların meydana geldiği dağlık vadilerin işaretlenerek numaralandırıldığı ilk çığ haritalama çalışması olarak kabul edilmektedir [15].

Orta Avrupa’da çığlarla mücadele, 20 yy. boyunca gündemden düşmemiş ve buna paralel olarak çığlarla mücadele ve haritalama çalışmaları da özellikle can ve mal kaybının

yaşandığı büyük çığları takiben gündeme gelmiştir. Nitekim 1960-70’li yıllardan itibaren Fransa, İsviçre ve Avusturya Alplerinde farklı detay derecelerine sahip haritaların üretilmesi ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır [16].

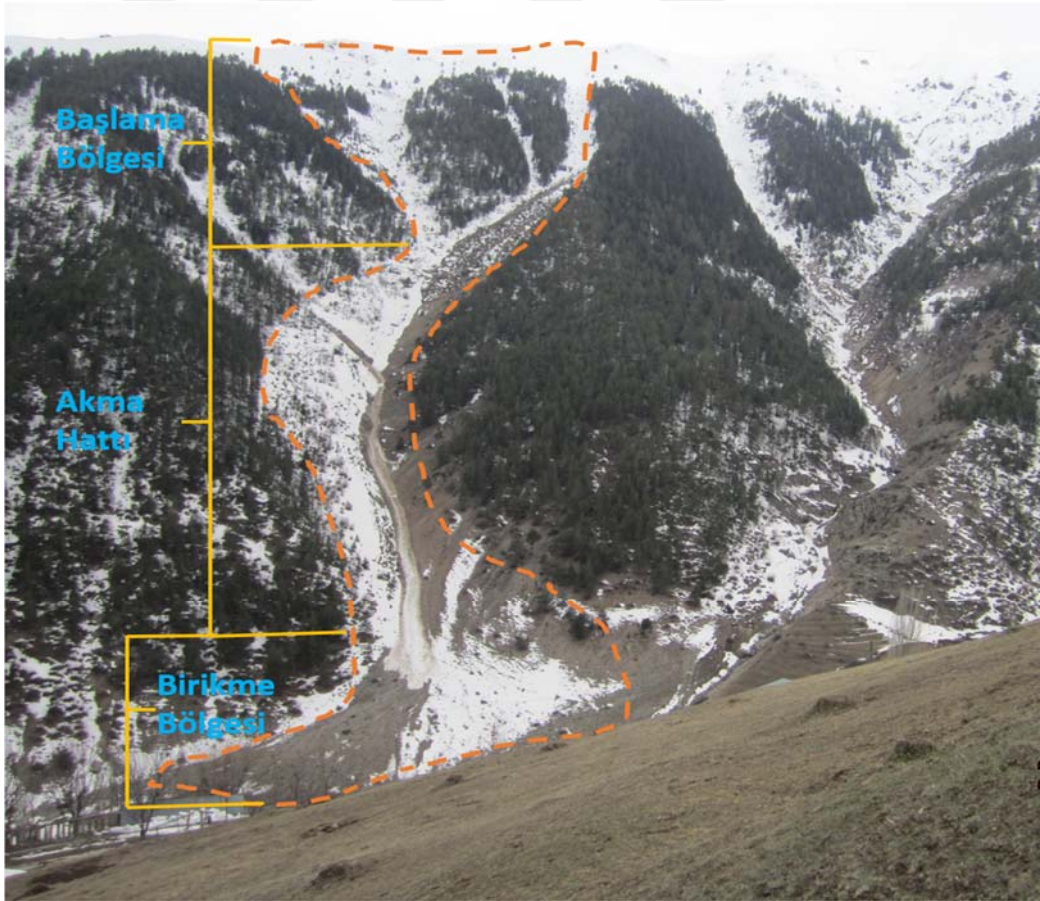
Bu tez çalışmasında Trabzon İli, Çaykara İlçe sınırları içerisinde kalan alanların çığ tehlike gösterim haritasının çıkarılması amaçlanmıştır. Bilindiği gibi Uzungöl özel çevre koruma alanının da bulunduğu bu alanda ormanlık alanlar, toplam alan içerisinde önemli bir yer kaplamakta ve bu yönüyle başlama bölgesinde koruyucu işleve sahip olabilecek ormanlık alanların dikkate alındığı bir çalışma niteliğine haizdir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında hem ormanlık alanlarda hem de ormanlık alanlar dışında kalan ve potansiyel çığ başlama bölgesi olabilecek alanlar belirlenerek bu alanlardan çığ meydana gelmesi halinde etki edebileceği yerlerin, 2D ELBA+ (Energy Line Based Avalance) dinamik çığ simülasyon yazılımı kullanılarak haritalandırılması hedeflenmiştir. Bu tez çalışmasında çığ tehlike gösterim haritasının üretilmesinin yanı sıra çığ önleme açısından potansiyel koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanlar da belirlenerek haritalanmıştır.

2. ÇIĞ SINIFLANDIRILMASI, TEHLİKE VE RİSK KAVRAMI VE ÇIĞ HARİTALARI

2.1. ÇIĞLAR VE SINIFLANDIRILMASI

Çığlar, eğimli yamaçlarda biriken kar kütlelerinin çeşitli nedenlerle dengesini kaybedip yamaç aşağısına doğru hareketi olarak tanımlanmaktadır [17]. Çığlar, içlerinde taş ve kaya parçaları, toprak ve buz kütleleri de bulundurabilmektedir [18].

Bir çığın hareketinin başladığı yerden biriktiği yere kadar olan kısma çığ yolu denir. Bir çığ yolu başlama bölgesi (starting zone), akma hattı (avalanche track) ve birikme bölgesinden (run-out zone, deposition zone) oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Erzurum-İspir Başyurt'ta ormanlık alanda sınırlanmış bir yamaç üzerinde çığ yolunun bölümleri [19].

Başlama bölgesi, kar örtüsünün çeşitli nedenlerle dengesini kaybederek zemin üzerinden veya daha önce yağmış kar tabakası veya tabakaları üzerinden kayarak hareketin başladığı bölgedir. Bu bölge yüksek eğimli ve genellikle ağaçsız veya hareketin başlamasını engelleyecek sıklıktaki ağaç varlığından yoksundur. Başlama bölgesinin en üst noktası, tabaka çığlarında kırılma hattının, gevşek kar çığlarında da hareketin başladığı nokta olarak kabul edilir. Buna karşın başlama bölgesinin en alt noktası çoğu zaman tam ve kesin bir şekilde belirlenmemektedir [15], [20], [21].

Akma hattı, çığ yolunun başlama bölgesi ile birikme bölgesini birbirine bağlayan kısmı olup hareket halindeki çığın maksimum hızına ulaştığı kesimidir. Büyük alanları etkileyen çıglarda, çığ yolunun en büyük kesimini oluşturup çoğu zaman bitki örtüsünden yoksundur. Sınırlanmış çıglarda akma hattını tespit etmek nispeten kolay olsa da küçük çıglarda akma hattını tam olarak tespit etmek her zaman mümkün değildir. Genel bir kabul olarak arazi eğiminin 10° 'nin altına düşmesiyle çığın hızı ve enerjisinin azaldığı ve birikmenin başladığı yer akma hattının bitim noktasıdır [15], [17], [20].

Birikme bölgesi, çığın yavaşlamaya başlayarak hareket halindeki kütlelenin depolanmaya başladığı ve hareketin sonlandığı kesimidir [15], [20].

Çıglar detaylı bir şekilde [22] tarafından tanımlanmış ve yayınlanmıştır (Çizelge 2.1). Ancak genel bir yaklaşım olarak çıglar, gevşek kar çığı ve tabaka çığı olmak üzere iki temel sınıfa ayrılmaktadır [23]. Bununla birlikte [22]'ye göre çıglar; kar örtüsünün gevşek ve sıkı olmasına, su içeriğine, arazide kalış süresine, tabakalaşma sayısına, açık arazide veya vadi içerisinde oluşmasına, kayma zeminin özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır.

Çıglar, kar örtüsünün gevşek veya sıkışmış olmasına ve kopma sınırının durumuna göre ise; tabaka çığı ve gevşek kar çığı (kopma sınırı nokta halinde) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Tabaka çıgları, kayan kar kütlesi üst kesimdeki durağan kar katmanından belirgin bir kırılma hattı boyunca koparak uzaklaşır. Bu tip çıglarda kar katmanının yeni yağmış veya düşük yoğunlukta eski kardan oluşmasına göre sert veya yumuşak tabaka çığı olarak da alt tiplerinden söz edilmektedir. Gevşek kar çığlarında, kar örtüsünün adeta kepek gibi gevşek olması halinde tanelerin birbirlerine yapışma özelliği olmamaktadır. Bu tip çıglar, iç kohezyonu bulunmayan veya çok az olan kar katmanlarını içermektedir.

Çizelge 2.1. UNESCO'ya göre çığların sınıflandırılması [22].

Bölge	Kriter	Diğer Belirteçler	
Başlama bölgesi	Başlama şekline göre	Başlama şekli noktasal (Gevşek kar çığı)	Başlama hattı çizgisel (Tabaka çığı)
	Kayma düzlemine göre	Kar örtüsü üzerinde (üst çığ, kalkan çığ)	Zemin üzerinde (zemin çığı)
	Su içeriğine göre	Yok (kuru kar çığı)	Var (ıslak kar çığı)
Çığ yolu (yamaç)	Yamaç formuna göre	Serbest yamaç (sınırlanmamış çığ)	Kanal veya oyuntu şeklinde yamaç (Kanal çığı)
	Hareket şekline göre	Toz içeriği yüksek (toz kar çığ) Karışık (karışık çığ)	Zeminde akmakta (akan çığ)
Birikme bölgesi	Depolanmış malzeme yüzey pürüzlülüğüne göre	İri depolanmış çığ (>0.3 m)	İnce depolanmış çığ (<0.3 m)
	Birikme anında su içeriğine göre	Yok (kuru depolanmış çığ)	Var (ıslak depolanmış çığ)
	Karın içerdiği diğer malzemelere göre	Görünmüyor (temiz çığ)	Var (kirli çığ)

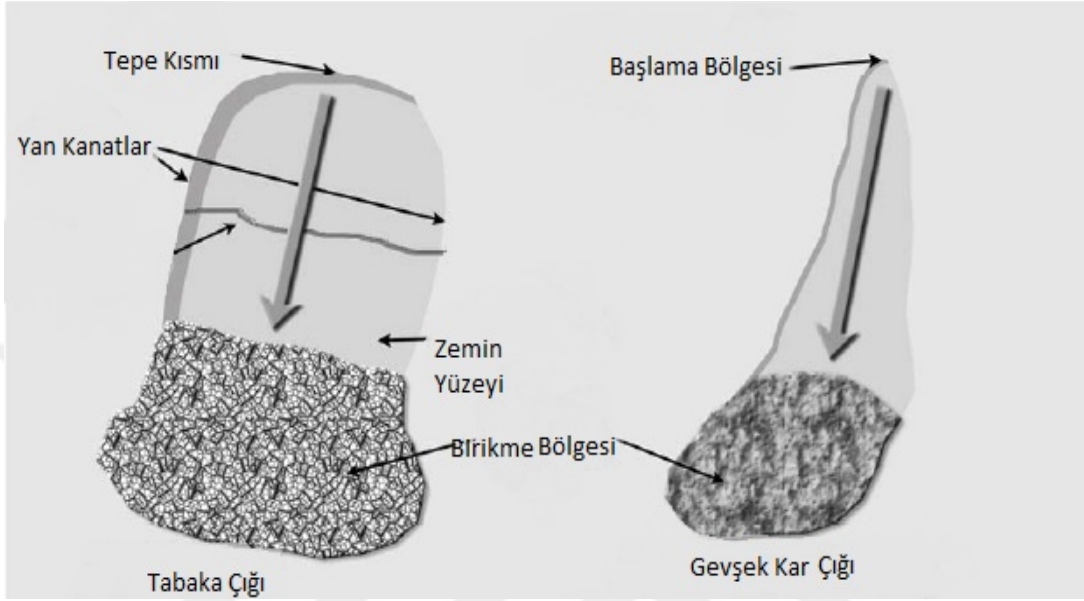
Gevşek kar çıkları, genellikle kar taneleri arasındaki kohezyonun zayıf olduğu ve ıslak ya da kuru olabilen yüzeydeki veya yüzeye yakın bir noktadan başlamaktadırlar (Şekil 2.2). Bundan dolayı gevşek kar çıkları, noktasal kopma çıkları olarak da bilinmektedirler [24]. Hareketi başlatmak için genel olarak 28°'den daha fazla yamaç eğimine ihtiyaç vardır [25].

Gevşek kar çıkları genellikle, güneş radyasyonuna maruz kalma ile kar düşmesi ya da yağmur gibi doğal yollarla ve genellikle çok dik, gayri muntazam yamaçlar üzerinde ve karın henüz tüy gibi yumuşak olduğu, yağış esnasında veya ondan hemen sonra meydana gelmektedir. Bir çatlama veya kırılma çizgisi olmadığı için başlangıç zonunu belirlemek güç olabilmektedir.

Tabaka çıkları, Şekil 2.2'de kar tabakasının durumuna bağlı olarak kar blokları zayıfladığında ıslak kar çığı, kuru kar çığı ya da zemin yüzeyinden akmalar şeklinde

görülebilmektedir. Çığ başladığı anda harekete geçen tabakalar şekil olarak kabaca dikdörtgen biçimindedir. Tabakanın yan kısımları kanat olarak adlandırılır.

Kuru sert tabaka çığları, yumuşak tabaka çığlarının akma sırasında küçük kümeler halinde parçalara ayrışması sonucu oluşur [26].



Şekil 2.2. Tabaka ve gevşek kar çığları.

Kar örtüsünün içerdiği su miktarı göz önüne alındığında; çığın meydana geldiği arazideki kar örtüsünün içerdiği serbest su miktarına göre çığlar; kuru kar çığları, nemli kar çığları ve ıslak kar çığları olarak üç gruba ayrılmaktadır. Yeni yağın yoğunluğu oldukça değişkenlik gösterebildiğinden [27] bu sınıflandırma, çığın başladığı üst yamaçlarda geçerlidir. Kuru kar çığları genellikle düşme, nemli kar çığları zeminde kayma, ıslak çığlar ise düşme ve kayma karışımı şeklinde hareket etmektedir.

İlkbahar çığları veya ıslak çığlar, çok az kohezyona sahip ıslak kar katmanlarından oluşmaktadır. Çığın hareketi; içerdiği su nedeniyle, viskozitesi yüksek bir sıvı gibi olmaktadır. Yoğunluğu 200 kg/m³ ile 600 kg/m³ arasındadır. Bu durumda kar kütesinin sıcaklığı genellikle 0 °C'dir [12].

Çığ oluşan arazinin özelliklerine göre çığlar; üzerinde oluştukları arazinin özelliklerine göre; açık (yayvan, sınırlanmamış) arazi çığları ve vadi (yatak, kanalize olmuş) çığları olarak iki grupta incelenmektedirler. Arazi incelemeleri sırasında, o bölgede hangi tip çığ oluşabileceğini belirlemek mümkündür. Bu konu, çığlara karşı alınacak önlemlerde ilk

adımı oluşturmaktadır. Ayrıca, arazi etütlerinde çığların izleyeceği güzergâh tespit edilerek önlemler buna göre planlanmaktadır [28].

Kayma düzleminin durumuna ve tabakalaşma sayısına göre sınıflandırmada; kar örtüsü belirli zaman aralıkları ile yağın kardan oluştuğundan, kar örtüsünde yoğunluk bakımından değişik tabaklar oluşmaktadır. Böyle durumlarda üst tabaka(lar), alttaki tabaka(lar) ile birlikte veya ayrı ayrı kayabilir. Bu duruma göre çığlar; yüzey çığları ve taban çığları olarak iki grupta ele alınmaktadır. Bazı kaynaklarda bu sınıflandırma değiştirilerek yüzey çığları, ara tabaka çığları ve zemin çığları olarak sınıflandırılmaktadır [24].

Arazide kalış süresine göre; çığ düşmeden önce arazideki kar örtüsünün uzun zaman kalarak iklim etmenlerinden dolayı değişime uğramış olması veya tek bir kar tipiyle gelen çok fazla kar düşmesinden meydana gelmesi, oluşacak çığların türünü etkilemektedir.

Bu özellikleri dikkate alınarak çığlar; doğrudan çığ (direkt) ve olgun çığ (gecikmiş, tam) olarak sınıflandırılır. En son kar yağışı ile oluşan çığ gecikmemiştir ve doğrudan oluşmuştur [24].

2.2. RİSK VE TEHLİKE KAVRAMLARI VE ÇIĞ HARİTALARININ SINIFLANDIRILMASI

Risk kavramı, ölüm, para ya da mal kaybı dâhil olmak üzere tüm potansiyel hasarları içeren olasılık ve yan etki şiddetinin bir ölçüsüdür [29], [30]. Tehlike ise meydana gelen olayın yaşam, sağlık, mülkiyet ya da çevreyi tehdit etmesi durumudur. Tehlikeler, meydana getirebileceği etkiye bağlı olarak teorik olarak, atıl veya potansiyel olarak değerlendirilir. Buna göre atıl ya da potansiyel bir tehlike "aktif" hale geldiğinde bu acil bir durum oluşturabilir.

Çığların haritalanmasında genel olarak tehlike gösterim haritaları, süreç haritaları, tehlike bölgeleme haritaları ve risk haritaları olmak üzere dört farklı sınıflandırma kabul edilmektedir [31].

2.2.1. Tehlike Gösterim Haritaları

Çığ tehlike gösterim haritaları, çığ olma ihtimali olan alanların genel olarak gösterimini sağlayan haritalardır (Harita 2.1). Bu haritalar sadece başlama ve akma hatlarını genel

olarak gösterir fakat özel bir alandaki çığ hakkında kapsamlı bir bulgu gösteremez [32]. Tehlike gösterim haritaları İsviçre’de 1/10.000–1/50.000 ölçekte üretilmektedir. Avusturya’da tehlike gösterim haritaları üretilmemektedir fakat buna karşın tehlike bölgeleme haritalarınıninkine benzer özelliklere sahip genel görünümü haritaları (1/10.000–1/50.000) üretilmektedir. İtalya’da ise 1/25.000 ölçekli çığ tehlike gösterim haritaları, çığ sorunu olan bölgeler için üretilmektedir. Almanya’da yalnızca tehlike gösterim haritaları yapılmakta, zonlama haritaları üretilmemektedir [32].



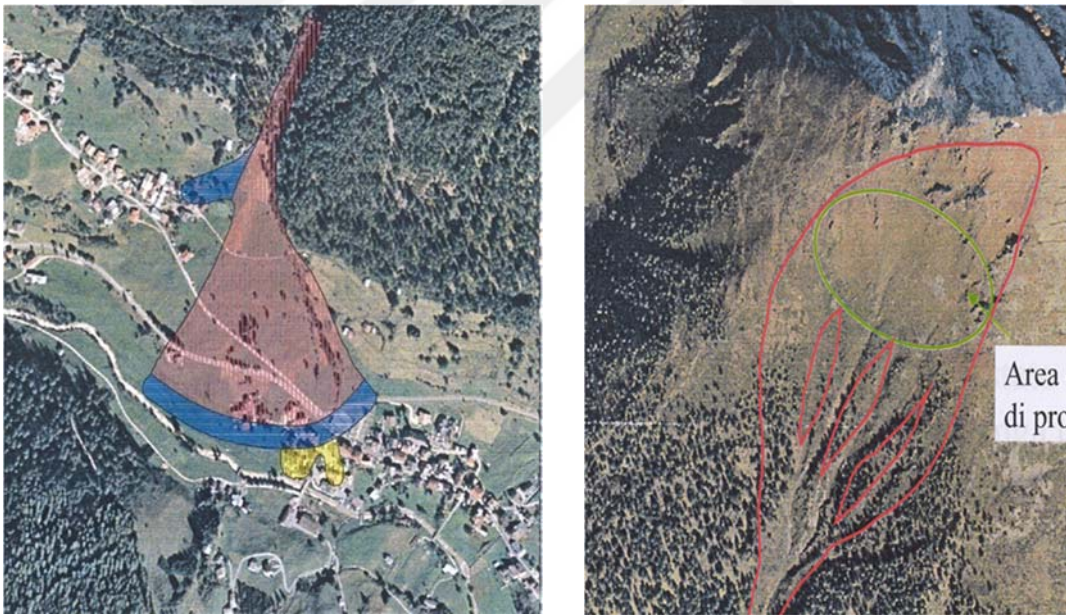
Harita 2.1. Çığ tehlike gösterim haritası örnekleri.

2.2.2. Süreç Haritaları

Çığ süreç haritaları, çığların akma hattında dinamik parametreleri ortaya koymak ve çığın ulaşabileceği en uzak nokta ile yayılım alanını belirlemek için dinamik çığ yazılımları (AVAL-1D, ELBA+, RAMMS vb.) veya istatistik modeller (topografik modeller) kullanılarak ortaya konulan haritalardır [16]. Simülasyon modellerinin kullanımı, kuşkusuz çığ hareketlerinin (hız, etki basıncı, akış yüksekliği) karakteristik parametrelerinin belirlenmesinde en gerçekçi yaklaşımdır. Süreç haritaları, genellikle çığ akma hattında daha önce meydana gelmiş veya belli bir tekerrür aralığı için meydana gelebilecek çığların etkilerini ortaya koymak, alınabilecek önlemleri belirlemek ve çığ bölgeleme ve risk haritalarının oluşturulmasında altlık olarak kullanılmaktadır. Bu haritaların hazırlanmasında kullanılan harita altlığı çoğu zaman 1/5.000–1/10.000 arasında değişmektedir. Raster formatta ise 2 m ve 5 m grid çözünürlüklü verilerin altlık olarak kullanılması önerilmektedir [33].

2.2.3. Tehlike Bölgeleme Haritaları

Tehlike bölgeleme haritaları, arazide geçmiş yıllarda olmuş çığ kayıtlarını temel alarak çığ frekansları ve çığ yoğunluğunu gösterir (Harita 2.2). Çığ tehlikelerinin yanı sıra sel, kaya yuvarlanması ya da kütle hareketlerini de 1/2.000–1/10.000 ölçek arası gösterir. Bu haritaların yasal dayanağı ilgili ülkelerin kanun veya yönetmeliklerinde düzenlenmiş olup arazi planlanmasında kullanılabilir. Çığ bölgeleme haritaları, İsviçre’de kırmızı, mavi, sarı ve sarı-beyaz bölgeler, farklı derecelerde tekerrür aralığı ve yoğunluğa bağlı olarak çığdan etkilenebilirliği haritalamakta ve her bölge için uyulması gereken kuralları belirlemektedir. Kırmızı bölgede herhangi bir yapının yapılması yasak iken (yapı yasak bölge), mavi bölgede ancak gerekli önlemlerin alınması halinde yapılaşmaya izin verilmekte (önemli yapılaşma bölgesi), sarı bölgede ise çığ tehlikesine dikkat çekilmekte ve bazı kamu binalarının bu bölgede bulunmaması gerektiği vurgulanmakta sarı-beyaz bölge ise ancak çok ekstrem koşullarda (örneğin 300 yıl) meydana gelebilecek bir olayda etkilenebilecek alanları bilgilendirme amacıyla göstermektedir [16].



Harita 2.2. Çığ tehlike bölgeleme haritası.

2.2.4. Risk Haritaları

Çığ olayları için yüksek değerli risk haritaları yalnızca bireysel çalışmalarda oluşturulmuştur ve şimdiye kadar Avrupa’daki standart çığ koruma planlarında kullanılmamıştır. Çığ tehlike haritalarının temel alınması ile yapılan ve "risk haritaları" olarak isimlendirilen haritalardır. Bu haritalarda, ilgili alanların çığdan etkileşim

derecesine (Çığ büyüklüğüne göre etkilenecek kişi, taşınmaz varlıklar, ekonomi) göre yerleşime veya herhangi bir yapılanmaya yasaklanıp yasaklanmadığı veya belirli koşullar altında kullanıma sınırlamalar getirilip getirilmediğı gösterilir.



3. ORMANCILIK VE ÇIĞLAR

Ormanlar topluma çok geniş bir alanda ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Bu hizmetlerden birisi de, insanları ve altyapı tesislerini çığ gibi doğal afetlerin zararlarından korumaktır [34]. Koruma ormanları Şekil 3.1’de görüldüğü gibi öncelikli işlev olarak zor iklim koşulları veya doğal afetlere karşı insanların can ve mal güvenliğini sağlayan ormanlardır [35].



Şekil 3.1. İsviçre-Andermatt’ta koruyucu işlev gören bir orman [36].

Çığlar, dağlık alanlarda sık rastlanan bir doğal afet olup bu alanlardaki orman varlığı ve yapısı, çığ oluşumunu engelleyebileceği gibi zararını da azaltabilmektedir. Ormanlık alanlarda zeminde kar derinliği, açık alanlara nazaran daha azdır [11]. Çünkü ağaçların tepe çatısı, kapalılığına bağlı olarak yağın karın %50-90’lık bir kısmının zemine geçmesine izin vermektedir [37]. Meşcere tepe çatısı üzerinde tutulan kar örtüsü, zamanla ya dalların kar yükünü taşıyamaması nedeniyle yığınlar halinde veya sıcaklığın artmasıyla beraber eriyip damlayarak yere düşer. Bu durum kar örtüsünün homojenliğinin bozulmasına, yoğunluğunun artmasına ve direncinin zayıflamasına neden olur [8]. Ayrıca ağaç gövdeleri, yerdeki kar örtüsüne mekanik destek sağlayarak Şekil 3.2’de gösterildiği gibi yamaç aşağı yönde hareket etmesini engeller [38].



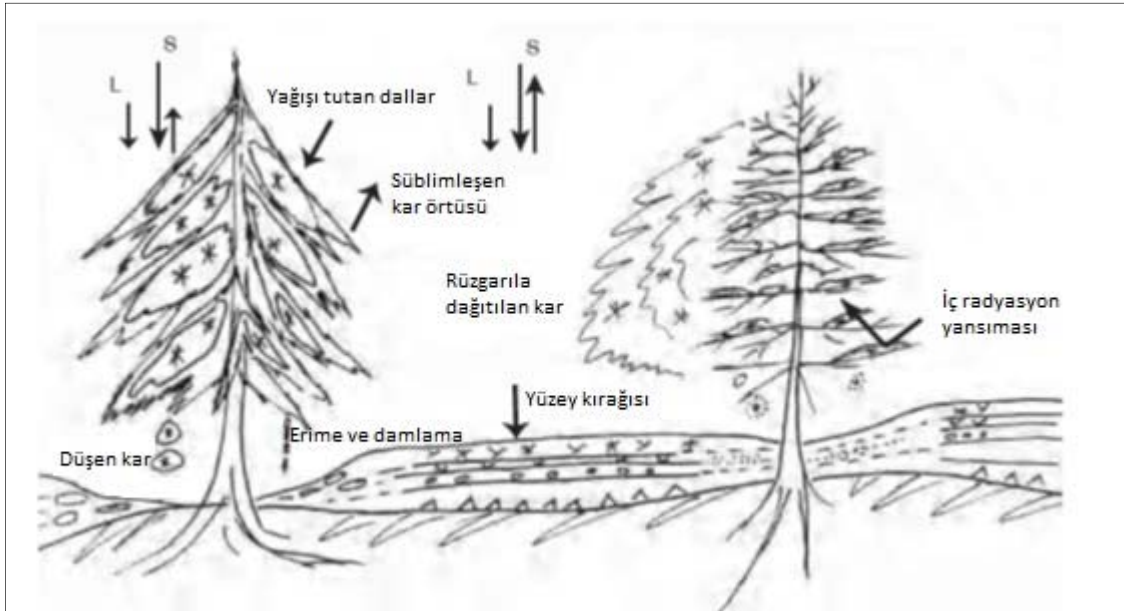
Şekil 3.2. Kar örtüsü içerisinde gövdesi ve dallarıyla bir ankraj görevi gören kayın ağacı [39].

Ormanlık alanlarda meydana gelen çığlar (orman çığları) görece olarak daha küçük olmalarına rağmen, ekolojik, meteorolojik ve topografik faktörlere bağlı olarak büyük çığlara dönüşebilir ve ormanlık alanların altında bulunan yerleşim yerleri ve altyapı tesisleri için tehlike arz edebilirler. Ormanlık alanlarda çığlar, ancak eğimin 30°'yi aştığı yamaçlarda meydana gelmekte [41], çığların oluşum ve davranışı üzerinde ise meşcere yapısının etkisi önemli rol oynamaktadır [42].

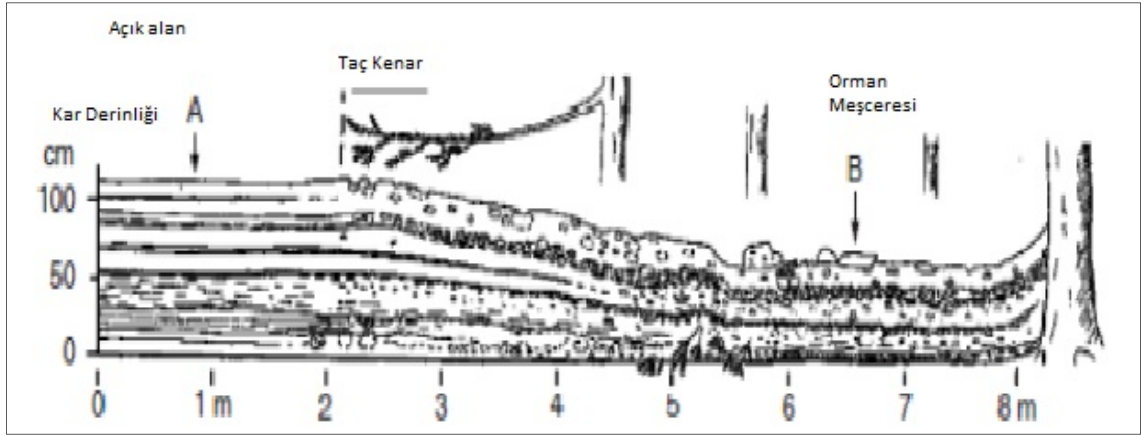
3.1. ORMAN-KAR ÖRTÜSÜ İLİŞKİSİ

Orman içerisinde yağın kar, zeminde açık alanda olduğu gibi düzenli olarak değil ancak dengesiz bir şekilde depolanabilmektedir. Bununla birlikte yağın karın bir kısmı ağacın üst kısımlarında tutulur ve daha sonra ya yığınlar halinde veya eriyip damlayarak yere düşer. Bir kısmı da atmosfere uçunum (süblimleşme) ile geri döner. Bu süreç, ağaç türleri ve hava durumuna bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Gelen ve yansıyan kısa dalga radyasyonu (S) ile uzun dalga radyasyonu (L) ağaç türü, intersepsiyon miktarı ve topografyaya göre değişiklik arz eder (Şekil 3.3). Bu durum kar erimesi ve başkalaşımı üzerinde etkilidir [41], [43]. Yapılan çalışmalar, ormanlık alanlarda intersepsiyon ve uçunum kayıplarının sırasıyla %60 ve %40'a kadar olabileceğini göstermektedir [44]. Yine yapılan çalışmalarda ormanlık alanlar içerisinde zeminde kar yüksekliğinin civardaki açık alanlara göre %40 daha az olabileceğini Şekil 3.4'te ortaya koymaktadır [37], [41], [45].

Orman örtüsü, rüzgâr ile kar taşınımını [37] ve rüzgâr hızını azalttığından dolayı, burada hissedilen ve latent haldeki ısı akışlarını da azalttığı için [46] orman içerisindeki kar erimesi oranı, açık alanlara oranla %70'e kadar daha az olabilmektedir [47].



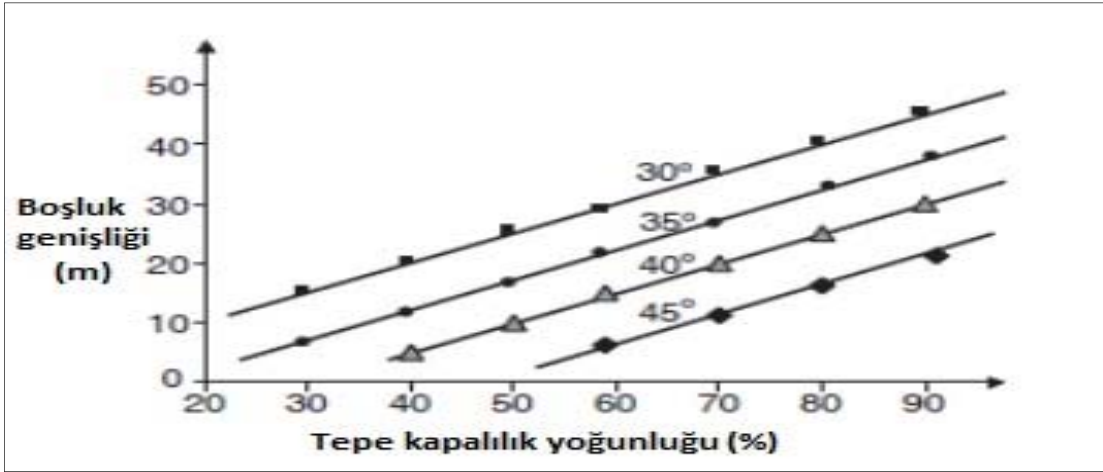
Şekil 3.3. Ormanlık alanda kar davranışı [41].



Şekil 3.4. Ormanlık alanda kar profili. Meşçere altında, civarındaki açık alanlara kıyasla daha düzensiz ve daha sığ kar örtüsü oluşur [41].

3.2. ORMAN-ÇIĞ İLİŞKİSİ

Ormanlık alanlarda daha az sayıda ve görece daha küçük çığların meydana gelmesi, orman örtüsünün sıklığı (hektardaki ağaç sayısı ve çapı) ve kapalılığı ile doğrudan ilgilidir [41]. Orman içerisindeki açıklıkların (gap) boyutu (en ve boy), orman içinden çığların başlayabilmesinde önemli bir etmendir. Özellikle yamaç eğimi arttıkça kapalılığa bağlı olarak orman içi açıklıkların da boyutunun küçülmesi gerekir (Şekil 3.5). Örneğin 35° yamaç eğimine ve %60 kapalılığa sahip bir alanda, yamaca paralel boşluk uzunluğunun yapraklı ormanda 10-15 m ve iğne yapraklı ormanda 20 m olduğu yerde çığ meydana gelmesi mümkündür [34], [48]. Çığ tehlikesi olan ormanlık alanlarda yamaca dik (akış hattında) boşluk uzunluğu 50 m'yi geçmemeli ve yamaç eğimi arttıkça boşluk uzunluğu daha az olmalıdır. Örneğin 45°'lik bir yamaçta bu uzunluk 25 m'den fazla olmamalıdır [49].



Şekil 3.5. Yamaç eğimi ve kapalılığa bağlı olarak yamaca paralel kritik boşluk uzunluğu [41].



Şekil 3.6. Davos-İsviçre'de ormanlık alan içerisinde oluşan boşluklar ve potansiyel çığ başlama bölgeleri [50].

Ormanlık alanlarda zemindeki vejetasyon, örneğin ağaç gövdesi, yatan tomruklar ve diğer zeminde duran yapılar, kar tabakası ile alt tabaka arasındaki sürtünme katsayısını artırır [51] ve ormanlık alan içerisinde küçük çığların başlamasını engelleyebilir [52]. Ormanlık alanın üstünden başlayan bir çığın hektardaki gövde sayısı ve ağaç türüne bağlı olarak hemen altındaki orman tarafından tutulabilmesi veya yavaşlatılarak durdurulması ancak ilk 150 m'de mümkündür [41], [53]. Bu husus şüphesiz çığın büyüklüğü ile yakından ilgilidir. Çünkü çığ yüküne dayanabilmek için çığ henüz yeterince malzeme ile büyümemesi, hız ve yıkıcı etkiye sahip bir basınca ulaşmamış olması gerekir. Ormanların koruyucu işlevi küçük ve frekansı yüksek çıglarda çok belirgindir [54].

Küçük çığlar ağaçları yıkabilecek kadar etki basıncına ulaşmamakta ve ağaç gövdeleri çığa karşı rijit bir engel gibi mekanik destek sağlayarak çığı yavaşlatmaktadır [55].

Büyük çığlarda ise kırılan ağaçlar, hareket halindeki çığın enerjisinin ancak küçük bir kısmını sönmüleyebildiklerinden, orman örtüsünün kayda değer bir yavaşlatması görülmemektedir [14].

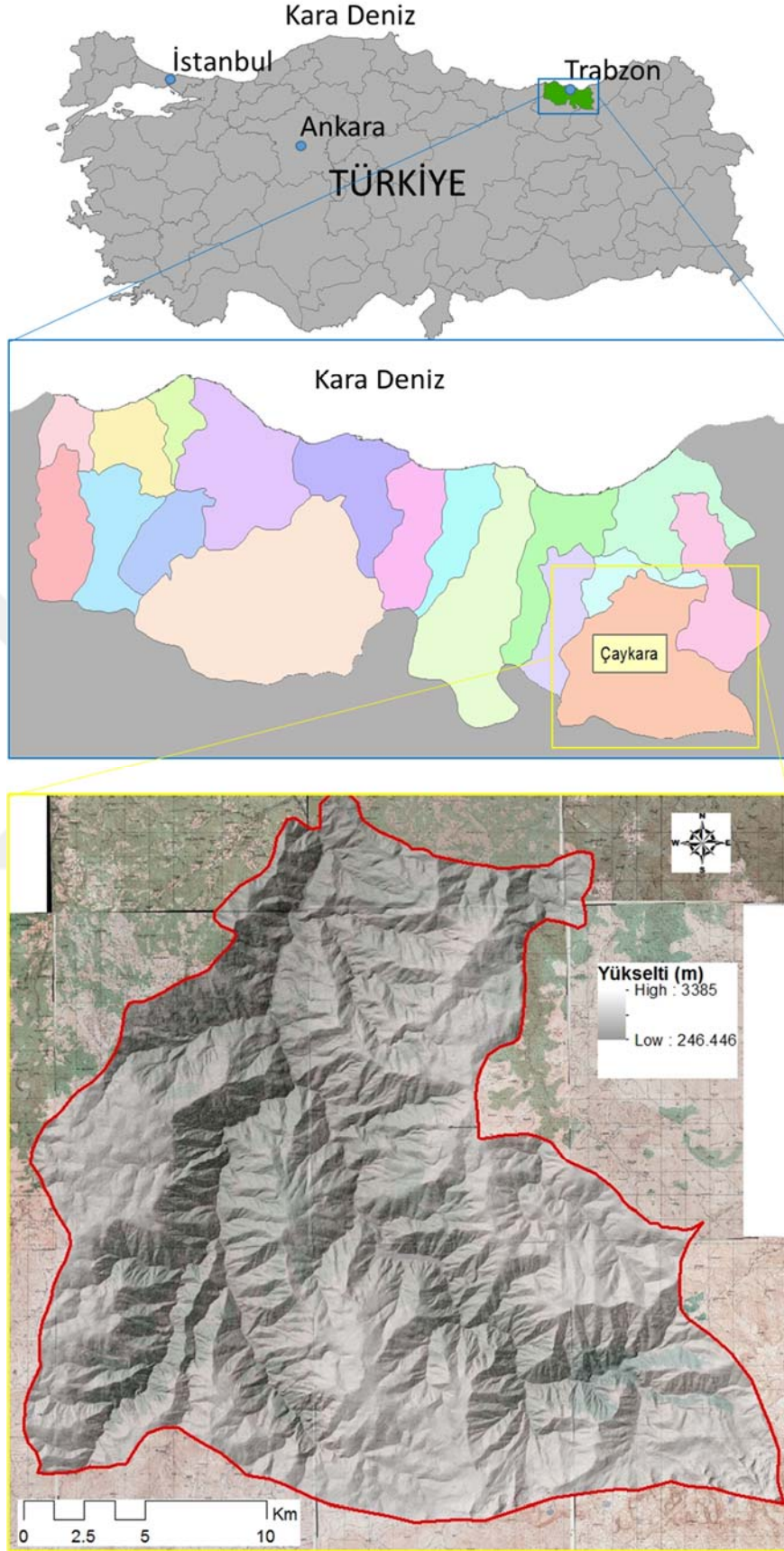


4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. MATERYAL

4.1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Ülkemizde çığ olaylarının sık olarak gözlemlendiği Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Trabzon İli, Çaykara İlçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir (Harita 4.1). Çalışma alanının ortalama yükseltisi 1.662 m olup, ortalama eğimi %34,8'dir [56]. Çalışma alanı European Datum (ED) 1950, Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 37 koordinat sisteminde 606728D-4516758K ve 609868D-4486552K koordinatları arasında konumlanmaktadır. Alansal büyüklüğü ise 56.581 Ha'dır. Trabzon İli'nin Karadeniz sahilinden daha içeride bulunan 6 ilçesinden biri olan Çaykara, Trabzon İl merkezine 75 km uzaklıktadır. Dağlık bir yapıya sahip olan ilçe, 246 m ile 3.385 m yükseltileri arasında bulunmaktadır. Diğer yerçekimi etkisi altında meydana gelen doğal afetler gibi çığ olayları üzerinde de etkili olan bir topoğrafik parametre olan eğim açısından değerlendirildiğinde alanının %48,7'sinde eğim 0°-28° arasında, %48,2'sinde eğim 28°-55° arasında ve geri kalan %3,1'inde ise eğim >55°'dir. Çaykara İlçesi genelinde ortalama eğimin fazla olmasından dolayı, yerleşim yerleri dağınıktır ve meydana gelen sel, çığ, heyelan, kaya düşmesi vb. olaylar fazlaca yaşanmaktadır. Çaykara İlçesinde genel olarak sıcak ve ılıman iklim hâkimdir ve mevsimsel yağışlar görülmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Çaykara İlçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 13,3 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 1.111 mm'dir [57]. Devlet meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre, yıllık ortalama yağış miktarı Uzungöl'ün bulunduğu havzada 1.121,7 mm, Köknar Mahallesi'nin bulunduğu havzada ise 881,5 mm olarak ölçülmüştür [57]. İlçede hemen her mevsim yağışların meydana gelmesi, orman ve bitki örtüsünün gür ve yoğun bir yapıda olmasını sağlamıştır. 900 m rakıma kadar nemli ortamı seven geniş yapraklı ormanlar (kayın, gürgen, meşe, kızılğaç, kestane, ceviz ve çeşitli meyve ağaçları), 900-1.300 m arası ise iğne yapraklı ile kayın karışık ormanlar, 1.300-2.200 m'ye kadar olan rakımda ise iğne yapraklı (karaçam-köknar gibi) ormanlar bulunmaktadır [57].



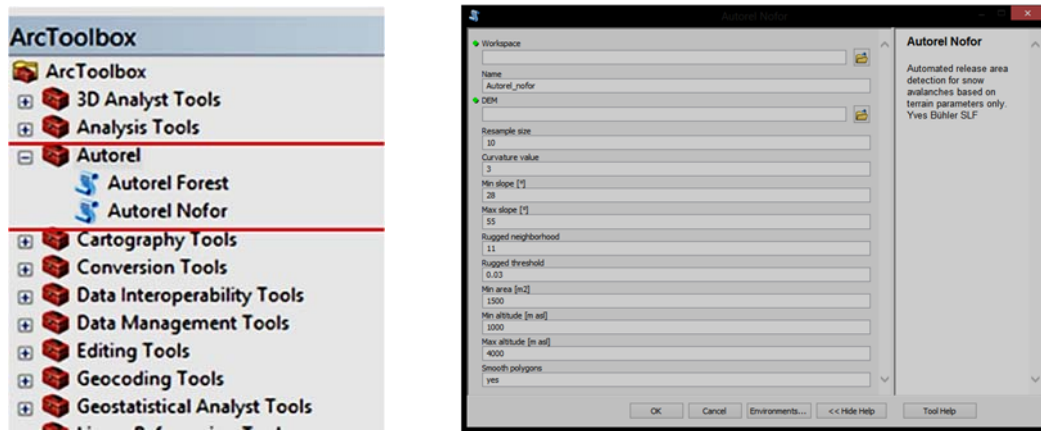
Harita 4.1. Çalışma alanı konum ve yükseklik haritası.

4.1.2. Kullanılan Harita ve Yazılımlar

Tez çalışmasında 1/25.000 ölçekli 12 adet topoğrafik harita ile sayısal meşcere haritası, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ayrıca Çaykara İlçesini kapsayan 10 m yersel çözünürlüklü sayısal arazi modeli (SAM), ÇEM. GEN. MÜD.'den alınmıştır (Harita 4.1). Çalışmada ayrıca Esri-ArcGIS tarafından çevrimiçi (online) erişimi sağlayan temel harita (basemap) verilerinden ve Google Earth görüntülerinden faydalanılmıştır.

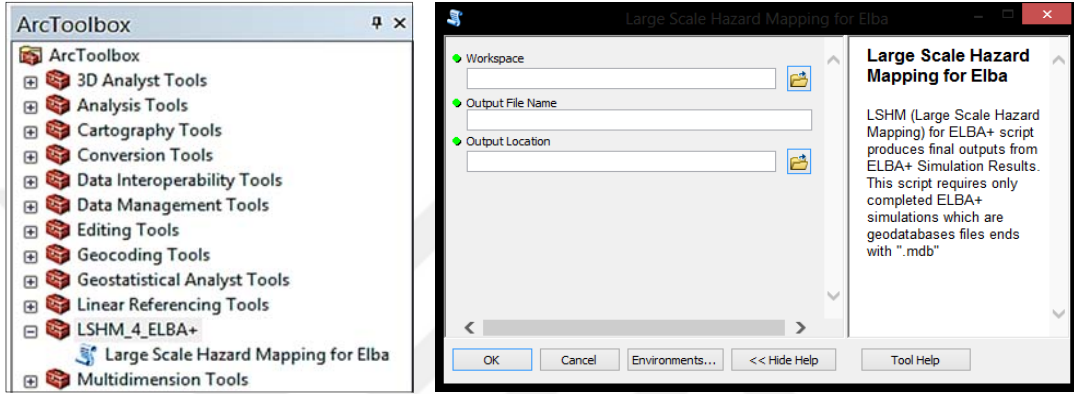
Tez çalışması sürecinde çeşitli yazılımlar kullanılmıştır. Bunlar; ArcGIS 10.1 CBS yazılımı, ELBA+ iki boyutlu çığ simülasyon yazılımı ile Microsoft Office yazılımlarıdır. ArcGIS 10.1 yazılımı her türlü konumsal verinin sayısal ortamda oluşturulması, analiz edilmesi ve sonuçların sunumunda gerekli görselleştirmelerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Ayrıca ArcGIS yazılımı içerisinde konuyla ilgili olarak geliştirilmiş Autorel ve LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA+) isimli algoritmalar (araç kutusu (toolbox) şeklinde çalışmaktadır) kullanılmıştır.

İsviçre SLF enstitüsü tarafından geliştirilen Autorel isimli algoritma, potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Autorel, temelde iki farklı kod içermektedir. Autorel Nofor olarak isimlendirilen birinci algoritma, ormanlık alanları dikkate almadan potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Autorel Forest olarak adlandırılan ikinci algoritma ise ormanlık alanları dikkate alarak potansiyel başlama bölgelerini belirlemektedir. Algoritmanın temel girdisi SAM verisidir. Algoritmanın ArcGIS Toolbox görüntüsü ve ara yüzü Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



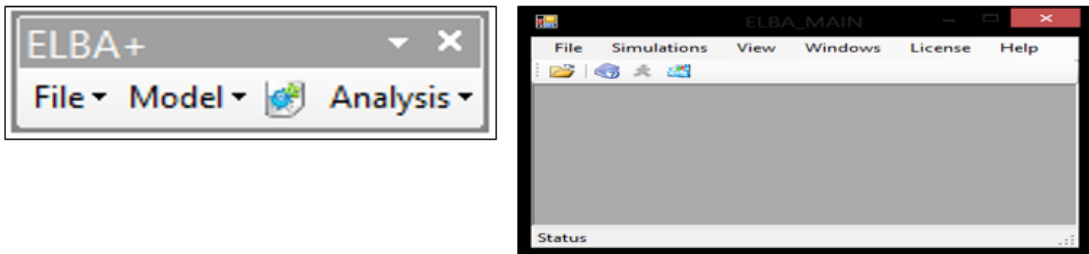
Şekil 4.1. ArcMap araç kutusu (solda) ve Autorel Nofor ara yüz görüntüsü (sağda).

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesinde araştırmacılar tarafından geliştirilen LSHM4ELBA+ isimli algoritma, ELBA+ iki çığ simülasyon yazılımı sonuçlarından otomatik olarak çığ tehlike gösterim haritası üretmektedir. LSHM4ELBA+, ArcGIS 10.1 yazılımında çalışan araç kutusu (toolbox) olarak Python programlama dili kullanılarak tasarlanmıştır (Şekil 4.2). Kullanıcı ara yüzü görüntüsü Şekil 4.2’de gösterilen LSHM4ELBA+ araç kutusu altında bulunan kodlar (scripts) çalıştırılarak uygulama gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2. LSHM4ELBA+ ArcMap araç kutusu (solda) ve kullanıcı ara yüzü (sağda).

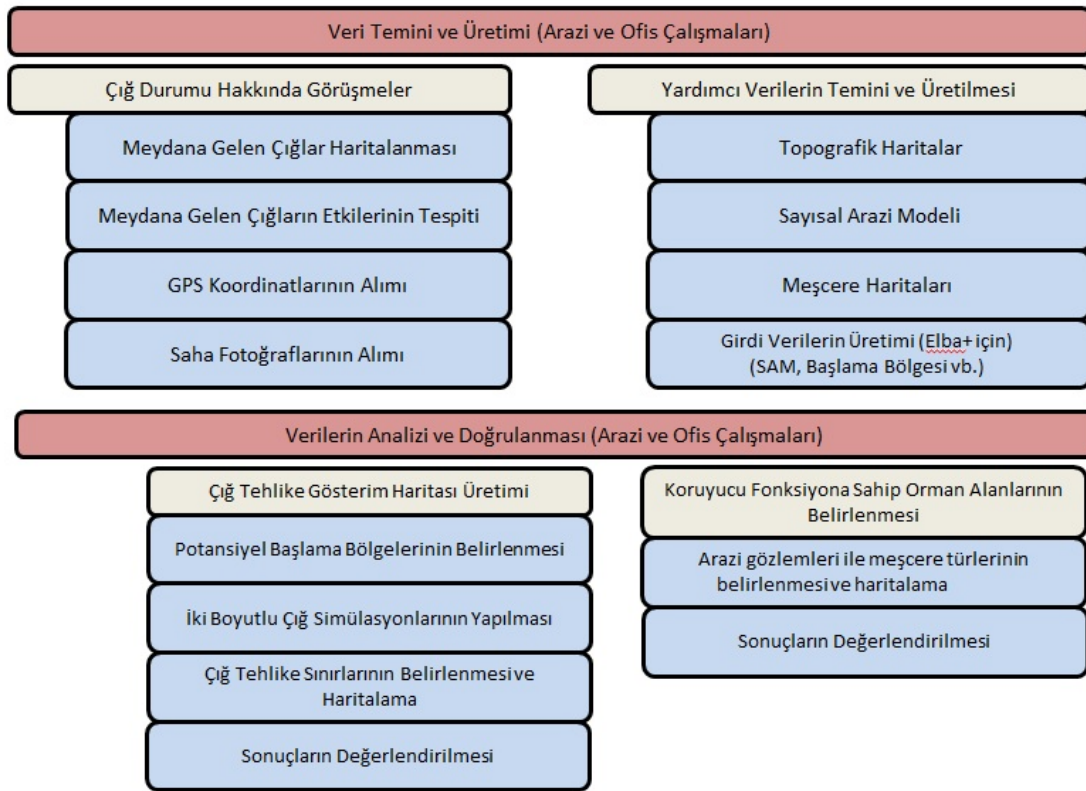
Çalışmada ELBA+ yazılımı, tehlike gösterim haritasının üretilmesinde çığ akma sınırlarının elde edilmesi amacıyla iki boyutlu çığ simülasyonlarının yapılmasında kullanılmıştır. ELBA+ yazılımı Avusturya Bodenkultur Üniversitesi’nde Voellmy modelini esas alarak geliştirilmiş ve Avusturya genelinde detaylı kayıt edilen 147 çığ olayının analizi ile parametreleri kalibre edilerek kullanıma sunulmuş bir yazılımdır. Yazılımın iki ana modülü bulunmaktadır; I) ELBA+ ArcGIS eklentisi ve II) ELBA+ Simülasyon Modülü. Bu modüllerin görüntüleri Şekil 4.3’te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. ELBA+ ArcGIS eklentisi (solda) ve ELBA+ simülasyon modülü görüntüsü (sağda).

4.2. YÖNTEM

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar, arazi ve ofis çalışmaları olarak temel iki aşamada kategorize edilmektedir. Arazi çalışmaları kapsamında Çaykara İlçesinde bulunan çığ alanları hakkında bilgi ve veri (geçmiş çığ olaylarının ne zaman, nerede ve hangi büyüklükte meydana geldiği gibi) toplanmıştır. Ofis çalışmaları ile araziden toplanan bilgiler ve elde edilebilen veriler kullanılarak çığ tehlike gösterim haritasının üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen işlem adımları detaylı olarak ileriki bölümlerde anlatılmıştır. Çalışmanın iş akış şeması Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. İş akış şeması.

4.2.1. Çığ Tehlike Gösterim Haritası ve Koruyucu Fonksiyona Sahip Ormanlık Alan Haritalarının Üretilmesi

CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası ve koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının harita üretimi işlemi 4 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) Potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) Çığ koruma fonksiyonuna sahip ormanlık alanların belirlenmesi ve haritalanması, 3) İki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi, 4) Çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi.

Bu bölümde tez kapsamında yapılan bu uygulamalar detaylı olarak anlatılmaktadır.

4.2.1.1. Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin Belirlenmesi

CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretiminin ilk aşaması olan potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan algoritma eğim, yükselti, engebelilik, arazi kullanımı, minimum alan ve eğrisellik parametrelerini dikkate almaktadır. Algoritmada kullanılan parametreler burada detaylandırılmıştır. Geometrik olarak yatay düzlem ile yüzey teğeti arasındaki açıyı ifade eden ve çığların oluşumunda birincil topoğrafik faktör olan eğim, çığın başlaması ve hızlanmasında önemli rol oynamaktadır [58]-[62]. Literatürde genellikle çığların oluşumunun yaklaşık olarak 25° - 50° (55° ; [59]'a göre) eğim sınıfları arasında meydana geldiği yaygın olarak kabul edilmektedir [59], [60]. Eğim açısı 25° 'den daha az olan yamaçlardaki kar kütesinin kırılmaya neden olacak kesme gerilmesine sahip olmamasından dolayı çığın oluşumu çoğu zaman mümkün olamamakta iken, eğimi 55° 'den daha dik yamaçlarda ise gevşek çığların oluşması sonucunda derin kar kütlelerinin birikmemesi yüzünden tabaka çığlarının meydana gelmesi önlenmektedir [60]. [28]'de eğimin 60° 'yi aşması durumunda büyük çığların oluşumuna neden olan derin kar kütlelerinin bu tür yamaçlarda birikmediği belirtilmektedir. Yine aynı çalışmada Roger Pass karayolundaki çığ yollarında yapılan analiz sonucu çığların en fazla 40° eğimlerde meydana geldiği de ifade edilmektedir. [59]'a göre uzun periyotlu büyük çığlar 30° - 40° gibi daha dar eğim aralıklarında oluşmaktadır. Ayrıca [63] tabaka çığlarının çoğunlukla eğimi 30° - 45° arasında olan yamaçlarda başladığını vurgulamaktadır. Eğim açısı 45° 'den daha fazla olan yamaçlarda büyük çığlara neden olacak kar kütesinin birikmediği veya birikiminin sınırlı olduğu [64] ancak böyle yamaçlarda ciddi stabilite bozukluklarına neden olabilecek kısa aralıklarla küçük çığların oluşabileceği de belirtilmektedir [63]. [61] çalışmalarında yine yukarıda belirtilen gerekçelerden dolayı potansiyel çığ başlama alanlarını 30° - 60° eğim aralıklarında seçmişlerdir. [65] ise çalışmalarında eğim sınıflarını çığların oluşumu açısından 0° - 25° arasını çok nadir, 25° - 35° arasını yüksek, 35° - 45° arasını çok yüksek olarak ve 45° - 90° arasını ise çığ oluşumu çok yüksek ancak kar yağışı boyunca kütlelerin hareketinden dolayı boyutları küçük olarak sınıflandırmıştır.

Yükselti, çığların oluşumunda rol oynayan önemli bir parametredir çünkü yükseltiye bağlı olarak kar yağışı, rüzgâr, sıcaklık gibi faktörler değişmektedir [60]. Daha yüksek zonlarda daha fazla kar yağışı meydana gelmektedir. Ayrıca hava sıcaklıklarında yüksek basamaklarda daha fazla soğuma olmaktadır.

Yine yükselti arttıkça vejetasyon seyrelebilmekte ve güneş radyasyonuna maruz kalma daha düşük yamaçlara göre daha fazla olmakta, daha kuvvetli rüzgârlar görülmektedir [66]. Denizden olan yüksekliğe bağlı olarak ortaya çıkan bu tür değişimlerin kombine etkisi ile çığların oluşumu için daha uygun koşullar oluşturabilmektedir [28]. Engebelilikte zemin yüzeyinin pürüzlülüğü, kar örtüsünün zemine sabitlenmesinde önemli rol oynayan anahtar faktördür [64]. Pürüzlülük, kesiksiz ve zayıf kar tabakalarının oluşumuna engel olarak çığ oluşumunu etkiler [67]. Anakaya, kaya parçaları (2 m-3 m büyüklüğünde), kesilmiş ağaç gövdeleri, kütükler, kısa sert çalılar ve basamaklar (benches) genellikle karın miktarını sınırlayarak çığın oluşumunu engellemektedirler [37]. [63] Sert ve düzgün yüzeylerin tabaka çığları için ideal yatak yüzeyleri oluşturduklarını ifade etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, kar ve zemin arasındaki tutunmayı kuvvetli şekilde etkilemektedir [59]. Ancak [28] pürüzlü yüzeyler kar kütlesini, karın derinliği yüzeyi nispeten düzgün hale getirinceye kadar sabitleyeceğini ve büyük kaya parçalarının kar örtüsünü tutucu etkisinin, üzerleri kar ile kaplandıktan sonra tersine dönebileceğini belirtmektedir. Diğer bir deyişle yüzey pürüzlülüğü sağlayan elementler kar ile kaplandıktan sonra çığlar başlayabileceklerdir [37]. Ayrıca çığın önlenmesi için kar derinliğinin minimum 0,3 m-1 m olması gerektiği vurgulanmıştır [37].

Arazi kullanım şekli, çığların meydana gelmesi üzerinde etkili olan diğer bir parametredir. Dik yamaç üzerindeki bir orman, kar örtüsünün karakteristiğini etkilediğinden büyük çığların oluşumunu engellemektedir [37], [68]. Büyük tabaka çığları veya ıslak çığların gelişimine müsait olan yükselti ve bölgelerde eğimi 30°'den daha yüksek olan yamaçlarda ormanların çığlara karşı koruyucu bir fonksiyona sahip olduğu bilinmektedir. Açık, büyük boşluklu ormanlar, kar kütlesini sabitleyemeyeceklerinden çığ oluşumunu önleyemeyeceklerdir [59]. Ormanlar; karın rüzgâr ile taşınmasını önleyerek, ağaç tepelerinin yağın karı tutarak yalnızca %50-90'ının zemine ulaşmasına izin vererek ve aynı zamanda ağaç tepelerinin gelen/giden radyasyonu da kontrol etmesini sağlayarak çığlar üzerinde etkili olmaktadır [37]. Yağın kar, ağaçların arasında yavaş yavaş öbekler halinde birikerek ve düzensiz bir kar örtüsü oluşturarak suya karışmaktadır. Ayrıca ağaç gövdeleri, kar örtüsünün zemine sabitlenmesini destekleyerek çığların meydana gelmesini önleyebilmektedir. Çığlar, ormanlık alanlarda eğim değişimi en az 10° olan alanlarda meydana gelmektedir ve yükseltisi 1.600-2.200 m aralıklarında değişen ibreli ormanlarda başlama zonları genellikle kuzeydoğu ile kuzeybatı yamaçlarda bulunmaktadır. Bu alanlarda çoğunlukla kuru tabaka çığları meydana gelmektedir [37].

Yaklaşık 500 ibreli adet/hektar yoğunluğundaki ormanların fazla eğimli olmayan yamaçlar için ideal olduğunu ancak yaklaşık 1.000 ibreli adet/hektar yoğunluktaki ormanların dik yamaçlar için ideal olduğunu belirtmektedir. Yine 1.200 m yükseltinin altındaki geniş yapraklı veya karışık ormanlarda ise çoğunlukla güneşli bakılarda ıslak çığlar veya nemli gevşek çığlar oluşabilmektedir. Ayrıca ağaç zonunun üzerindeki ormanların çoğunlukla seyrek olduğu ve sırtlar boyunca yoğunlaştıkları ve bu zondaki derelerde ormanların meydana gelen çığlar ve kar örtüsünün uzun süre kalkmamasından ve yetiştirme imkânı bulamamasından dolayı bu ormanların çığlara karşı koruyucu fonksiyonlarının azaldığı ifade edilmektedir. [69] Çalışmalarında oluşturdukları model ile daha önce meydana gelen çığların başlama zonları arasında tutarsızlıklar meydana geldiğini ve bunun nedeninin son 20 yılda bu alanlarda doğal şekilde orman yetiştirmeye başlamasının neden olduğunu ve çığ meydana gelme olasılığının minimuma indiğini ifade etmektedirler.

Stresin kar örtüsü içerisindeki dağılımı ve kar derinliğindeki değişim, zeminin boylamasına değişimine bağlıdır. Bundan dolayı çığ başlama alanlarının sınırlanmasında belirleyici bir faktör olan küresellik [62] çığların oluşumu açısından etken bir faktördür [28]. Küresellik, profil ve plan olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Profil küresellik, maksimum eğim yönünde olan, plan küresellik ise maksimum eğim yönüne dik küresellik olarak tanımlanmaktadır [70]. Toprak yüzeyi ile kurgusal dikey düzlemin kesişimi ile oluşan küresel hat olarak tanımlanan profil küresellik değeri sıfır olduğunda düz yüzeyleri gösterirken, negatif değerleri iç bükey yüzeyleri ve pozitif değerleri de dış bükey değerleri temsil etmektedir [71], [72]. İçbükey alanlar çoğunlukla yatak nehirleri ile gösterilirlerken, dışbükey alanlar çok yüksek eğim değerleri ile temsil edilirler [72]. İçbükey profil küresel arazilerde çığların oluşum sıklığı daha fazla olmaktadır [71]. Plan küresellik ise çığın akış yolundaki en az 5°'lik eğim değişimi ile oluşan birtakım kırıklıklar olarak da tanımlanmaktadır [73]. Dış bükey yamaçlar genellikle kar kütesinin stabilitesinin bozulmasına neden olan kar derinliğindeki değişimle ilgili stresi yoğunlaştırmaktadır [64]. Kar örtüsünün gerilim altında olduğu bölgelerde tabaka çığlarının tepe duvarını (crownwall) ortaya çıkaran enine kırıkların oluşması daha muhtemeldir. Gerilme zonundaki veya hemen altında bu tür kırılmalar dışbükeylikten kaynaklanmaktadır [63].

Ancak içbükey alanlarda da tabaka çığları meydana gelebilmektedir. İçbükey alanlar dışbükey alanlardan aşağıdaki kural ile ayrılmaktadır [61];

- Plan içbükey alanlar: plan küresellik değeri $< - 0,2$
- Plan dışbükey alanlar: plan küresellik değeri $> + 0,2$
- Düz alanlar: $- 0,2 < \text{plan küresellik değeri} < + 0,2$

Potansiyel çığ başlama bölgeleri, topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak otomatik şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla [40] tarafından geliştirilen “Autorel” isimli algoritma kullanılmıştır. Algoritma ArcGIS 10.1 yazılımı altında ArcMap araç-kutusu olarak tasarlanmıştır. Algoritma, potansiyel başlama bölgelerini ormanlık alanı dikkate alarak veya almadan belirlemektedir. “Autorel Forest” isimli algoritma, ormanlık alanları dikkate alarak potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlemektedir. Bu çalışmada havza içerisinde çığ başlamasına engel olabilecek özellikte orman alanı mevcut olduğundan dolayı ormanlık alanı dikkate alan algoritma kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan algoritma gereği koruyucu bitki örtüsü ile kaplı olmasından dolayı çığ başlama bölgesi olamayacak alanlar “1”, koruyucu bitki örtüsü ile kaplı olmayıp potansiyel başlama bölgesi olabilecek alanlar “0” kodu verilerek ikili özellik taşıyan (binary) raster formatta bir katman olarak üretilmiştir. Çalışma alanında yapılan arazi çalışmalarında koruyucu bitki örtüsüne sahip olmayan, dolayısıyla başlama bölgesi olabilecek alanlar “Meşcere Tipleri Haritası” altlık olarak kullanılmasıyla belirlenmiştir. Buna göre “0” kodu ile kodlanan alanlar; Meşcere Tipleri Haritasında “OT”, “Z”, “is”, “T”, “E”, her türlü bozuk ve çok bozuk baltalıklar “BBt” ve ÇBBt”, gelişim çağı olarak “a” çağındaki meşcereler ile bir (1) kapalı her türlü yapraklı meşcerelerdir. Bunun dışındaki meşcereler ise koruyucu bitki örtüsü ile kaplı meşcere anlamına gelen “1” kodu atanmıştır. Algoritma, gerekli topoğrafik parametreleri temel girdisi olan SAM verisinden türetmektedir. Çalışmada girdi olarak kullanılan SAM verisi 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritadan üretilmiştir. Algoritma ile potansiyel çığ başlama bölgeleri vektör veri olarak üretilmektedir. Ancak SAM verisinden türetilen parametreler raster veri olduğundan piksel boyutu (resample size) ayarlanabilmektedir. Çalışmada piksel boyutu 10 m olarak seçilmiştir. Eğrisellik değeri (curvature value) 3, eğim değerleri 28° - 55° arasında, pürüzlülük eşiği (rugged threshold) 0,03, pürüzlülük komşuluk (rugged neighborhood) değeri 11 olarak seçilmiştir. Yükseklik değerleri 1.000 m ile 4.000 m arasında seçilmiş ve potansiyel çığ başlama bölgelerinin alanı minimum 1.500 m² olarak tanımlanmıştır. Çığ başlama bölgesi alanları genellikle minimum 1.000 m² civarında olmaktadır.

Bunun altındaki alanlarda genellikle akma-kayma meydana gelebilse de bu hareketleri çığ olarak tanımlamak pek mümkün değildir. Çalışma alanında çok küçük alanlara sahip ve gerçekçi olmayan potansiyel başlama bölgelerinin engellenmesi için minimum alan kriteri 1.500 m² seçilmiştir. Algoritma ile üretilen başlama bölgeleri ham olarak kullanılmamalı, ancak bir uzman denetiminden geçtikten ve gerektiğinde düzeltmeler yapıldıktan sonra potansiyel başlama bölgesi olarak tanımlanmalıdır. Bu çalışmada da vektör tabanlı veri daha sonra revize edilerek potansiyel çığ başlama bölgeleri gerçeğe uygun olarak elde edilmiştir. “Autorel Nofor” isimli algoritma ise potansiyel çığ başlama bölgelerini ormanlık alanları dikkate almadan belirlemektedir. Bu algoritmanın “Autorel Forest” algoritmasından farkı, girdi raster veri olarak ormanlık alan verisi tanımlanmamasıdır. Çalışma kapsamında potansiyel çığ başlama bölgeleri bu algoritma kullanılarak yine yukarıda verilen parametreler kullanılarak üretilmiştir.

4.2.1.2. ığ Koruma Fonksiyonuna Sahip Ormanlık Alanların Belirlenmesi ve Haritalanması

Çalışma kapsamında çığ nleme açısından potansiyel koruyucu fonksiyona sahip olan ormanlık alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar bir önceki bölümde ormanlık alanları dikkate alan “Autorel Forest” isimli algoritmanın ıktıları ile ormanlık alanları dikkate almayan “Autorel Nofor” isimli algoritmanın ıktıları kullanılarak elde edilmiştir. Her iki algoritmanın çıktısı çakıştırılarak “Autorel Forest” algoritması ile kesişen alanlar “Autorel Nofor” algoritmasının çıktısından silinmiştir. Daha sonra elde edilen vektör veri ile çalışma alanına ait meşcere haritası akıştırılmak suretiyle potansiyel koruyucu fonksiyona sahip meşcere tipleri belirlenerek haritalanmıştır.

4.2.1.3. İki Boyutlu ığ Simülasyonlarının Yapılması

Potansiyel başlama bölgeleri belirlendikten sonra, bu kopma bölgelerinden meydana gelebilecek çığ olaylarının akma sınırları yani tehlike sınırlarının belirlenmesi için iki boyutlu çığ simülasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda ELBA+ iki boyutlu dinamik çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. ELBA+ yazılımı Voellmy modelini temel alarak çığ simülasyonlarını SAM üzerinde gerçekleştirmektedir. ELBA+ yazılımı ile gerçekleştirilen simülasyonlarda başlama bölgesi (m²), başlama bölgesinde kar kırılma derinliği (m), başlama bölgesinde kar yoğunluğu (kg/m³), katkı ve direnç bölgeleri (opsiyonel), sürtünme parametreleri (yer sürtünme, Coulomb, μ ve i sürtünme, Türbülans, ξ) ve SAM’dır. Burada yine 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadan üretilmiş

SAM verisi kullanılmıştır. Başlama bölgeleri daha önce belirtildiği gibi potansiyel başlama bölgelerini belirleme algoritmasının çıktısı olan vektör format (ki burada ELBA+ yazılımında kullanılabilmek için “shapefile” formattan “Personel Geodatabase” formatına aktarılmaktadır) olarak yazılımda kullanılmıştır. Simülasyon için gerekli bahsedilen diğer parametreler (kar derinliği ve sürtünme parametreleri vs.) yazılımın önceden tanımlı (default) değerleri değiştirilmeden kullanılmıştır. Çalışma alanında muhtemel çığ tehlike haritalarının belirlenmesinde 100 yıl tekerrür aralıklı bir kopma derinliği dikkate alınmıştır. Orta Avrupa’da yapılan çalışmalar, tekerrür aralığına bağlı olarak 100 yılda bir meydana gelebilecek bir çığın oluşturacağı birikme bölgesi dikkate alınarak 150 cm kar kalınlığı, kırılma derinliği olarak alınmıştır. Çalışma alanında çığlar genellikle Ocak veya Şubat ile ikinci defa havaların ısınmasına bağlı olarak Mart ayı ortalarında düştüğünden Ocak/Şubat ayında düşen çığlar genellikle kuru kar çığı, Mart ayında ise ıslak kar çığı şeklinde olmaktadır.

Mart ayında meydana gelen çığlar için ortalama kar derinliği çoğunlukla 100 yıl tekerrür aralıklı çığlar için dahi 1 m’nin altında beklendiğinden yoğunluk tahminleri Ocak/Şubat ayında meydana gelen çığlar için hesaplamalarda esas alınmıştır. Çalışma alanında herhangi bir ölçüme dayalı gözlem olmadığından güvenli tarafta kalmak amacıyla kar yoğunluğu olarak 300 kg/m^3 değeri esas alınmıştır. Çalışma alanında tehlike haritası üretme amaçlandığından güvenli tarafta da kalmak amacıyla hareket halindeki çığın hareketinden sonra herhangi bir yavaşlatıcı unsur ile (orman vb.) karşılaşmadığı varsayılmıştır. Bununla birlikte yine güvenli tarafta kalmak amacıyla çalışma alanında akış yolu boyunca çığ hareketinden kaynaklı olarak, yerdeki kar örtüsünden 20 cm’lik bir tabakanın çığ kütlesine katılarak harekete geçeceği kabulü ile simülasyonlar yapılmıştır. Sürtünme parametrelerinin değeri çığın hacmi, yükselti, tekerrür aralığı ve zemin pürüzlülüğüne bağlı olarak değişkenlik gösteren önemli girdi parametreleridir. ELBA+ yazılımı, Voellmy tabanlı bir simülasyon yazılımı olduğu için sürtünme parametresi olarak “ μ ” (μ -yer sürtünme parametresi) ve “ ξ ” (ξ -türbülans sürtünme parametresi) parametrelerini kullanmaktadır. Bu parametrelerden “ μ ” parametresi kullanıcı tarafından seçilmekte ancak “ ξ ” parametresi hareket anında çığın akış yüksekliği ve pürüzlülük uzunluğunun bir fonksiyonu olarak yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Sürtünme parametreleri İsviçre ve Avusturya gibi dinamik simülasyonların geliştirildiği ve kullanıldığı ülkelerde kalibre edilmişken bu değerler tez çalışma alanı için yeniden kalibre edilmemiştir. Çünkü çalışma alanında esas amaç çığ kontrol amaçlı çalışma

yapmak değil çığların haritalanmasıdır. Dolayısıyla varsayılan değerler kullanılmıştır. Seçilen μ (mü) parametresi başlama aşaması için 0,25, akış aşamasında 0,155 ve birikme aşamasında yine 0,25 olarak bırakılmıştır.

4.2.1.4. ığ Tehlike Gösterim Haritalarının Üretilmesi

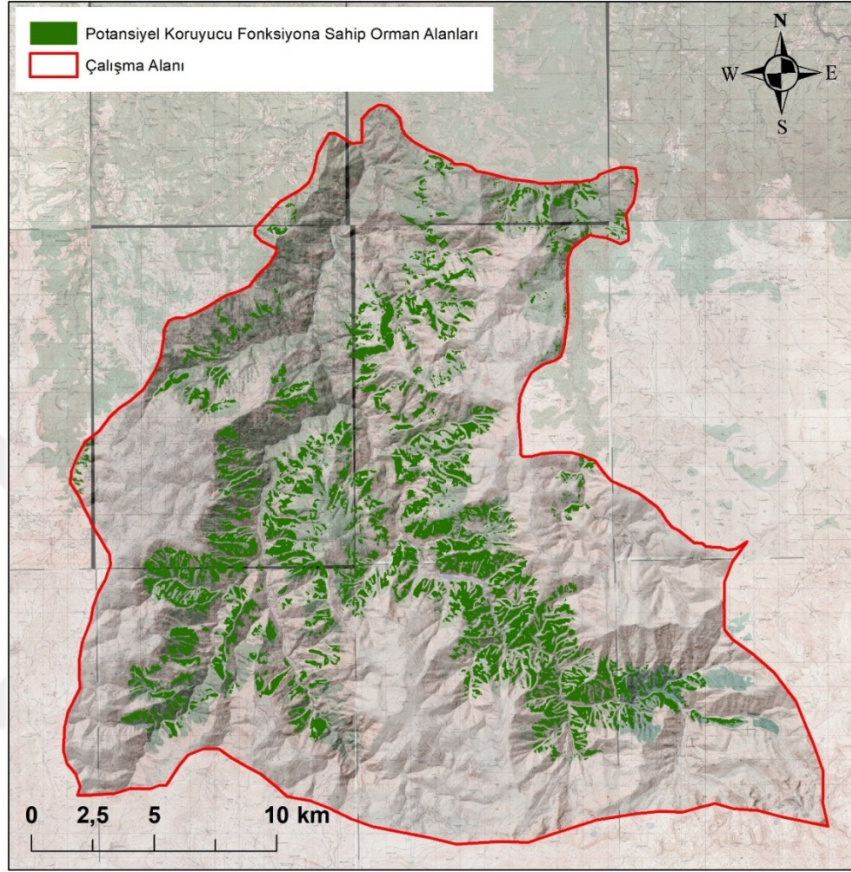
ığ akış sınırlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan iki boyutlu çığ dinamik simülasyon yazılımı ELBA+'ın ıktıları, yazılım ile gerçekleştirilecek simülasyon için gerekli tablo ve vektör (feature) verilerin saklandığı ArcGIS veri seti (dataset) içerisinde tablo olarak saklanmaktadır. ığ tehlike gösterim haritasının üretilmesi için, ELBA+ yazılım tarafından üretilen bu çıktıların görselleştirilmesi gerekmektedir. Yazılımın kendi bünyesinde bulunan sonuçların görselleştirilmesi işlemi her bir simülasyon için ayrı ayrı yapılabilir. Bu ise binlerce başlama bölgesi dikkate alındığında oldukça zaman kaybına sebep olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için geliştirilen LSHM4ELBA+ algoritması ile çığ tehlike gösterim haritası üretimi gerçekleştirilmiştir. LSHM4ELBA+ algoritmasının girdisi ELBA+ yazılımının çıktılarıdır. LSHM4ELBA+ algoritmasının çıktısı ise “shapefile” formatında vektör veridir. Bu vektör veri çığ tehlike sınırlarını göstermektedir.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez kapsamında çalışma alanında gerçekleştirilen çığ tehlike gösterim haritası üretimi ve koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının belirlenmesi ve harita üretimi uygulaması temel olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalardan birincisi topoğrafik parametreler kullanılarak CBS tabanlı potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda “Autorel Forest” isimli algoritma kullanılmıştır. Algoritma ile üretilen potansiyel çığ başlama bölgeleri revize edilmiştir. Revize edilen potansiyel çığ başlama bölgeleri Harita 5.2’de gösterilmektedir. Buna göre çalışma alanında toplam 5.525 adet potansiyel çığ başlama bölgesi belirlenmiştir. Potansiyel çığ başlama bölgeleri toplam alanı 8.446 Ha olup genel çalışma alanına oranı %15’dir. Çalışmada ayrıca çığ önleme açısından koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının belirlenmesi için “Aurorel Nofor” algoritması ile de potansiyel başlama bölgeleri tespit edilmiş ve çakıştırma analizi yapılarak belirlenmiştir. Elde edilen harita ve potansiyel koruyucu orman alanlarına ait bilgileri sırasıyla Harita 5.1 ve Çizelge 5.1’de verilmektedir. Ayrıca çığ önleme açısından koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanların orman tiplerine ve kapalılıklarına göre dağılımları Şekil 5.1’de verilmektedir. “Autorel Nofor” ile ormanlık alanı dikkate almadan belirlenen potansiyel çığ başlama bölgeleri (revize edilmemiştir) toplamda 8.506 adet olup alanları 0,15 ile 73,87 Ha arasında değişmektedir. Toplam alanları ise 18.667,29 Ha olup “Autorel Forest” ile belirlenerek revize edilen potansiyel başlama bölgelerinin 2 katından fazladır. Çalışma alanında yapılan çakıştırma analizi sonucu belirlenen çığ önleme açısından potansiyel koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanlar ise 6.628,84 Ha olarak belirlenmiştir. Orman tipleri açısından koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanların %40,5’i ibreli ve yapraklı karışık ormanlardan oluşmaktadır. Saf ibreli ve saf yapraklı ormanlık alanlar ise %23,9 olarak elde edilmiştir. Yapraklı karışık ormanlar ise ibreli karışık ormanlardan %11,2 daha fazla elde edilmiştir. Potansiyel koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanlar, kapalılık açısından değerlendirildiğinde ise 3 kapalılığa sahip alanlar toplam koruyucu fonksiyona sahip ormanlık alanların yarısına karşılık gelmektedir. Potansiyel koruyucu fonksiyona sahip orman tiplerinin kapalılıklarına göre dağılımları değerlendirildiğinde ise saf ibreli ormanlar, alanda en fazla 3 kapalılıkta mevcut iken, koruyucu fonksiyona sahip 3 kapalı

yapraklı orman alanı bulunmamaktadır (Şekil 5.1). Alanda koruyucu fonksiyona sahip ve kapalılığı 2 olan orman alanı en fazla karışık orman tipidir. Yine kapalılığı 1 olan koruyucu fonksiyona sahip orman alanı karışık orman tipidir. Alanı en az olan koruyucu fonksiyona sahip orman alanları 28,52 Ha ile kapalılığı 1 olan ormanlık alanlardır.

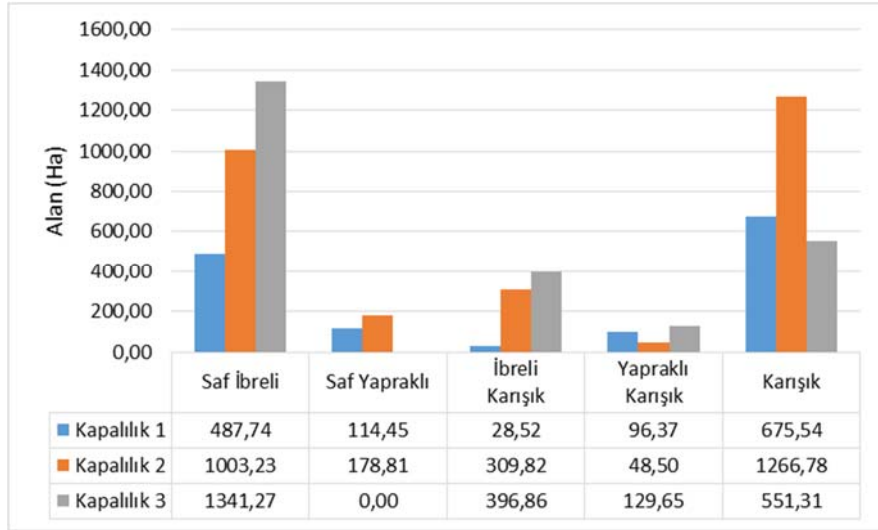
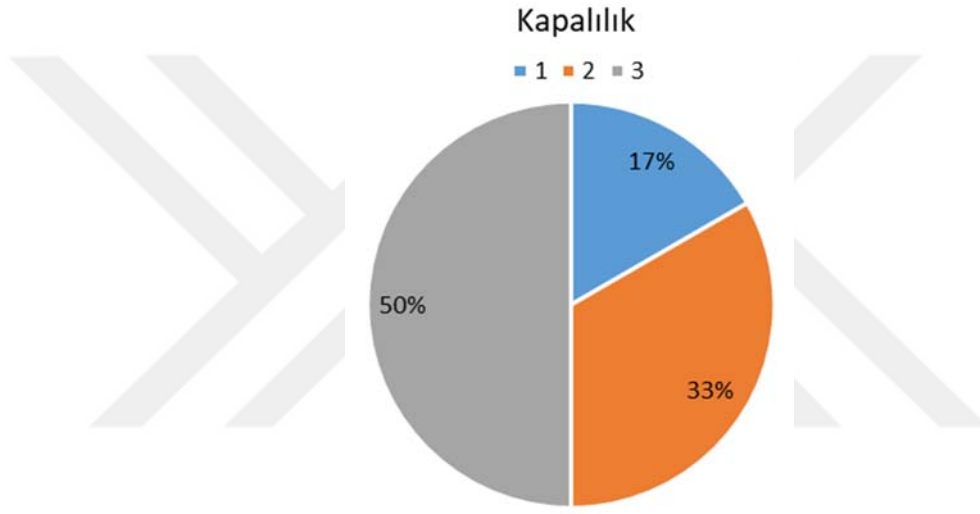
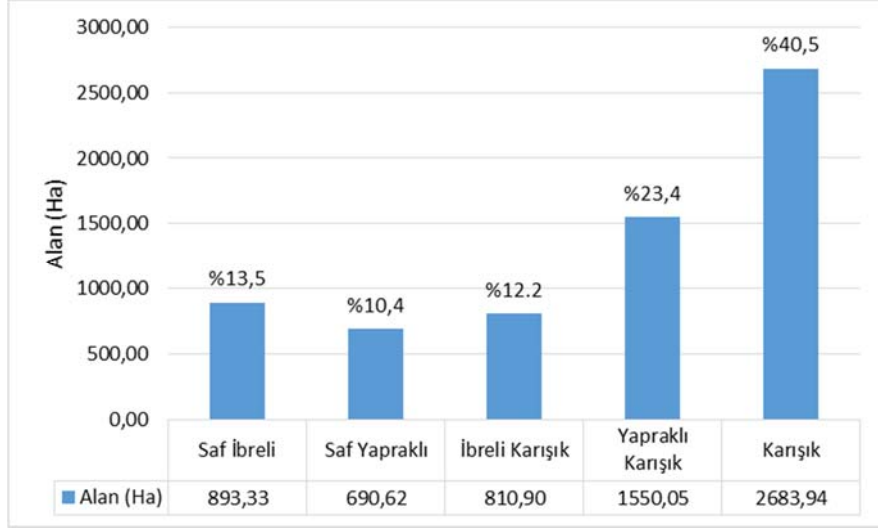


Harita 5.1. Koruyucu fonksiyona sahip orman alanları.

Potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesinden sonra buralardan kopabilecek çığların alanda tehdit oluşturabileceği tehlike sınırlarının belirlenmesi amacıyla iki boyutlu çığ simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ELBA+ iki boyutlu çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. İki boyutlu çığ simülasyonlarının gerçekleştirilmesinin ardından simülasyon sonuçlarının görselleştirilerek çığ tehlike gösterim haritalarının üretilebilmesi için LSHM4ELBA+ algoritması kullanılmıştır. Kullanılan bu algoritmanın çıktıları birleştirilerek tek bir “.shp” uzantılı dosya altında birleştirilmiştir. Yapılan bu işlemler sonucunda elde edilen çığ tehlike sınırları, Harita 5.2’de gösterilmektedir. Buna göre çığ tehlike sınırları, çalışma alanı içerisinde toplam 22.088 Ha yer kaplamakta olup toplam alanın %39’una karşılık gelmektedir.

Çizelge 5.1. Meşcere tiplerinin alansal (Ha) dağılımı.

Meşcere	Alan	Meşcere	Alan	Meşcere Tipi	Alan	Meşcere	Alan	Meşcere	Alan
Çsc2	14,46	KnLc1	176,14	KsKzc3	0,45	Lbc2	212,56	LGcd2	23,39
Çsc3	5,77	KnLc2	55,73	KsKzcb1	2,58	Lbc3	221,09	LGcd3	8,83
Çscd1	0,06	KnLc3	59,60	KsKzKnGnLbc1	62,71	Lc1	171,65	LKnbc2	22,51
Çscd2	5,42	KnLcb1	30,89	KsKzKnGnLbc2	85,87	Lc2	283,18	LKnbc3	2,34
ÇsLb3	7,37	KnLcb2	90,14	KsLb3	7,25	Lc3	618,55	LKnc3	139,06
ÇsLbc2	2,29	KnLcb3	23,32	KsLc1	3,62	Lcb1	115,20	LKnbc1	124,77
ÇsLc2	146,68	KnLcd2	169,79	Kzbc1	7,21	Lcb2	344,78	LKnbc2	384,12
GLbc3	12,38	KnLcd3	3,85	Kzbc2	30,51	Lcb3	148,56	LKnbc3	202,93
GLcb2	38,46	KnLd1	11,81	Kzc1	0,50	Lcd1	58,83	LKnbc1	171,41
Lcb3	37,36	KnLd2	1,20	Kzc2	17,85	Lcd2	142,83	LKnbc2	278,89
GLcd1	3,03	KnLdc1	17,84	Kzcd1	6,62	Lcd3	47,74	LKnbc3	59,37
GnKsKzLbc2	4,88	KnLGc3	2,49	Kzcd2	37,42	LÇsc3	121,30	LKnbc1	18,27
Knbc2	47,36	Ksbc2	5,86	KzKnbc1	70,17	LÇscb2	5,46	LKnbc2	4,67
Kncd2	5,09	KsKnbc3	24,76	KzKnc1	5,81	LÇscd2	1,83	LKnbc3	3,35
Knd1	99,46	KsKnbc2	6,18	KzKncd1	2,05	Ld1	35,22	LKnbc1	4,52
Knd2	34,72	KsKnLc3	31,33	KzKncd2	13,62	LGbc2	21,44	LKnbc2	2,61
Kndc1	0,66	KsKzb3	93,26	KzKnLcd1	23,84	LGc3	32,62	LKnbc3	25,60
KnKzLcd2	9,43	KsKzbc1	15,76	KzKsc3	10,84	LGcb1	25,49	LKnbc1	103,49
KnLbc1	4,13	KsKzbc2	14,40	Lb3	299,55	LGcb2	70,26	LKnbc2	3,58
KnLbc2	67,02	KsKzbc3	0,33	Lbc1	106,79	LGcb3	176,99	LKnbc3	13,58



Şekil 5.1. Orman tiplerine (üstte), kapalılıklarına (ortada) ve orman tiplerinin kapalılıklarına göre koruyucu fonksiyona sahip orman alanlarının dağılım grafikleri.

Çalışma kapsamında doğruluk değerlendirilmesi amacıyla alanda üretilen çığ tehlike gösterim haritası ile daha önce meydana gelen çığların karşılaştırması yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak Çaykara İlçesi, Uzuntarla Köyü, Kavlatan Mevkiinde, 2015 Yılı Ocak ayında HES inşaatı alanında çığ meydana gelen ve 5 kişinin ölümü ile sonuçlanan çığ yolu ile üretilen çığ tehlike gösterim haritası karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada, çığ olayının meydana geldiği alan ile tehlike gösterim haritası üretilmesi ile ortaya çıkan sonuçların bire bir örtüştüğü görülmüştür (Harita 5.3).

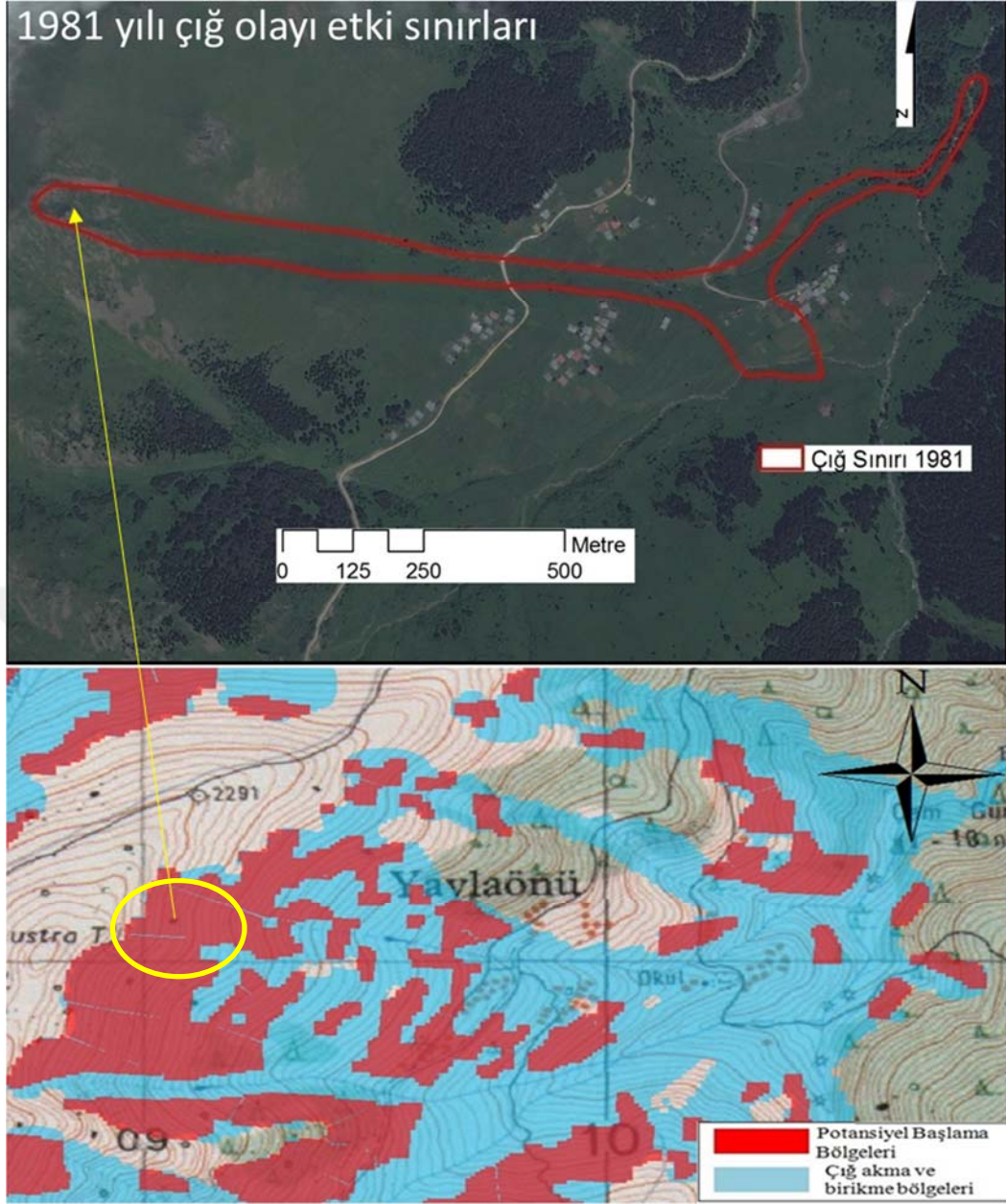


Çizelge 5.2. Çığ tehlikesi altındaki yerleşim yerleri ve altyapı tesisleri listesi.

Yerleşim Yeri/Altyapı Tesisi Adı	Açıklama	Yerleşim Yeri/Altyapı Tesisi	Açıklama
Karabağlı Mezra		Ablaryas Yaylası	Yurt tepe güneyi
Zigoyur Mezrası		Koğuktaş Yaylası	Batı alt kısmı hariç
Yaylıca Mezrası		Şeyhi Yaylası	Yaylanın alt kısmı (10 Ocak 2015'te 5 işçinin öldüğü yer)
Yangın mezrası		Handar Mezrası	Mezranın GD yönü
Anaboz Mezrası		Kelali Mezrası	Tamamı
Ataköy-Soğuksu Mahallesi		Karaçam (eski belde merkezi)	Kadınoç, Sefalı, Saadet ve Merkez Mahalleleri
Çamlıbel Mezrası		Taşlıgedik Ağırman- Gürpınar Mahallesi	Tamamı
Yumrutaş Mahallesi	Tamamı	Taşlıgedik Bahadırlar Mahallesi	Mahallenin doğusu
Elmalık Mahallesi	Mahallenin doğu kısmı	Çambaşı Abdulkerim Mahallesi	Mahallenin merkezi ve KD yönü
Harapoğlu Mahallesi		Çambaşı Münciriye Mahallesi	Mahallenin KD yönü
Köseli	Tamamı	Eğridere Kayran	Konuya, Kusba, Konodü, Horos ve Belegani mezrası
Alçakköprü Mahallesi	Tamamı	Taşkıran	Elmalık, Hasapoğlu Mahalleleri
Güveçli Mahallesi	Mahallenin güney kısmı	Köseli merkez	Tamamı

Çizelge 5.2 (devam). Çığ tehlikesi altındaki yerleşim yerleri ve altyapı tesisleri listesi.

Yerleşim Yeri/Altyapı Tesisi Adı	Açıklama	Yerleşim Yeri/Altyapı Tesisi	Açıklama
Esentepe Mahallesi	Tamamı	Köseli-Kırınıklı	Tamamı
Kamalaç Mahallesi	Tamamı	Demirli-Çamlık Mah	Tamamı
Kırınıklı Mahallesi	Mahallenin kuzey kısmı	Uzungöl Merkez	Sırt koruması olan yerler hariç tamamı
Yumurtalık Mahallesi	Tamamı	Uzungöl-Demirli Karayolu	
Güveçli Mahallesi	Tamamı	Uzungöl-Dorinori Mezrası	Mezranın Güneyi Akış hattı boyunca
Voydorim Mahallesi	Tamamı	Uzungöl-Yaylaönü	Köyün batısı hariç tamamı
Olaklı Mahallesi	Tamamı	Yaylaönü-Kuti Yaylası	Akma tehlikesi altında-önemli bir çığ tehlikesi yok
Irmak Mezrası	Tamamı	Multat Yaylası	Tamamı
Köknar (eski belde merkezi)	Beğazodi Mah. hariç Tamamı	Demirkapı-Dursoğlu ve civar mahalleler	Tamamı
Uzuntarla	Tamamı	Arpagözü	Orta Mah üst Kuzey bölgesi
Uzuntarla Mezraları	Mezranın üst KB yönü ile orta kısmı	Uzungöl-Pladi mezrası	Alt GB kısmı



Harita 5.4. Uzungöl Mevkii, Yaylaönü'nde 1981 yılında meydana gelen çığ ile çığ tehlike gösterim haritasının karşılaştırılması.

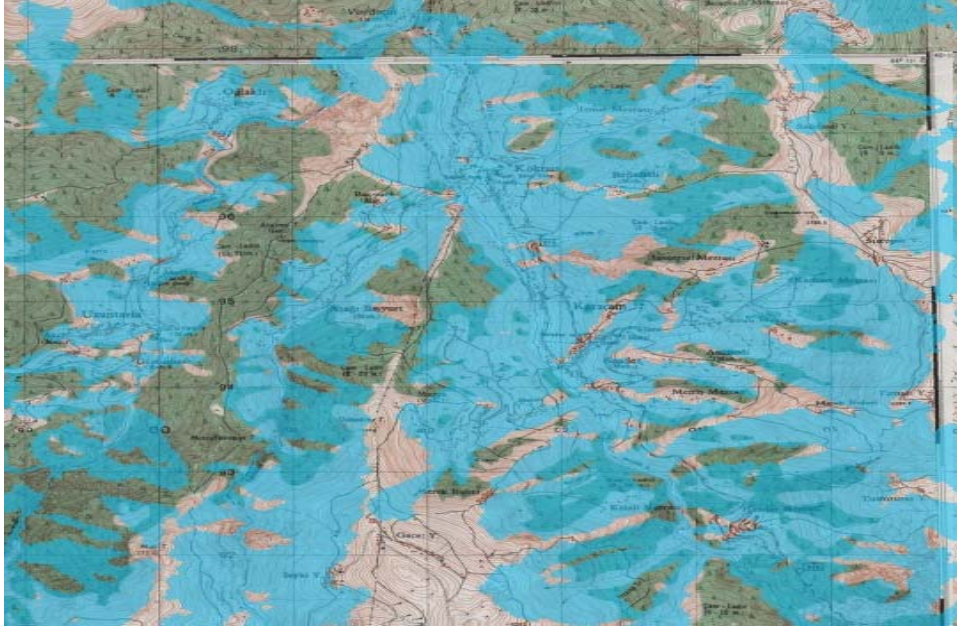
Çaykara İlçesi, Demirkapı Dursoğlu mahallesinde 1986 ve 1993 yıllarında meydana gelmiş çığların sınırları kırmızı ile gösterilmiştir. Alt kısımda ise tez çalışması kapsamında ise üretilen ve kırmızı ile gösterilen başlama bölgesi ve mavi ile gösterilen çığ akış hattının, önceki yıllarda meydana gelen çığ olayları ile örtüştüğü görülmektedir (Harita 5.5).



Harita 5.6. Uzungöl ve civarında çığ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu.



Harita 5.7. Demirkapı civarında çığ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu.



Harita 5.8. Karaçam ve Köknar civarında çiğ tehlikesi altında bulunan yerleşim yerlerinin durumu.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Engebeli ve dağlık alanların oldukça fazla yer tuttuğu ülkemizde, bu tür alanlarda nüfusun yaklaşık %47'si yaşamaktadır. Bu nedenle bu alanlarda sık karşılaşılan doğal tehlikelerden olan çığların potansiyel başlama bölgelerinin tespiti ile buralardan kopabilecek çığlardan kaynaklı tehlike sınırlarının büyük ölçekli olarak belirlenmesi amacıyla tehlike gösterim haritalarının oluşturulması oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasında genel olarak; Trabzon İli, Çaykara İlçesi sınırları içerisinde potansiyel çığ bölgelerinde, çığ başlama bölgesi alanı sınırlarının CBS teknikleriyle belirlenmesi, belirlenen alanlardan hareket eden çığların 2 boyutlu dinamik benzetim yöntemleriyle modellenmesi ve analizi, bu modelleme yapılırken kullanılması gereken sürtünme ve diğer girdi parametrelerinin optimum aralıkta seçilmesi, modelleme yapılarak çığın muhtemel etkilerinin tespiti ve koruyucu fonksiyona sahip ormanların belirlenmesi konu edilmiştir. Ayrıca tüm bu adımlarda karşılaşılabilecek belirsizliklerin ve girdi değerlerinin tespiti sırasında, arazi etütlerinin önemi ve modellemelere entegrasyonu üzerinde durulmuştur.

Arazi çalışmalarında tespit edilen ve bölgede daha önce yaşanmış çığlar, CBS'de oluşturulan veri sistemine girilerek, yine CBS teknikleriyle tespit edilen muhtemel çığ alanlarının doğrulanması için kullanılmıştır. Ayrıca, gözlenen çığların ulaştıkları sınırlar ve geliştirilen çığ tehlike gösterim haritası sonuçları kontrol edilmiştir.

Bu şekilde oluşturulan ve arazi koşullarını en iyi şekilde temsil eden modellerle, çığ güzergâhlarında yaşanabilecek diğer muhtemel çığ senaryoları da oluşturularak, ileriye dönük planlamalar için çığ açısından tehlikeli olup kullanılmaması gereken alanlar tespit edilmiştir. Çığ tehlike gösterim haritalarının tespiti için, muhtemel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi aşamasında kullanılan algoritmanın temel aldığı parametreler göz önüne alındığında, hem arazi etütlerinde tespit edilen bulguları temsil açısından, hem de kullanılan parametrelerin sayısı ve niteliği açısından bu tez çalışması, ilerleyen dönemlerde gerçekleştirilecek uygulamalar için bir temel çalışma niteliğinde olacaktır.

Dünyada bazı uygulama alanlarında geliştirilen, potansiyel çığ başlama bölgeleri tespiti çalışmalarında kullanılan; deniz seviyesinden yükseklik, yamaç eğimi, bakı, eğrisellik,

tepe sırtlarına uzaklık gibi girdilerin yanı sıra, OGM tarafından CBS ortamında hazırlanan meşcere tiplerinin gösterildiği arazi kullanım haritası, yamaç engebелiliği ve Çaykara İlçesi'nin bazı bölgeleri için belirlenen yerel karakteristikler (dere yatağı hattı boyunca çığ oluşmaması, başlama bölgesi alanı şekli vb.) gibi girdi parametrelerinin kullanılması ve tüm bunların CBS altyapısı ile gerçekleştirilmesi açısından da, çalışma önem kazanmaktadır. Ancak çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi için kullanılan parametrelerin uygun aralıklarının, havzanın tamamında aynı karakterde olmasını beklemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bu parametrelerin dağılımında yerel değişimler gözlenmesi olağandır. Örneğin; eğrisellik parametresinde içbükey alanlar değerlendirilmiş ve havzada çığ olaylarının genellikle içbükey alanlarda gözleendiği, ilgili şekiller ve görsellerle ifade edilmiştir. Ancak koruyucu ormanlık alanları bulunmayan ve tabaka çığları gözlenen bazı yörelerde, düze yakın ve kısmen dışbükey geniş arazilerden de çığ başladığı gözlenmiş ve yerel olarak algoritmanın verdiği alan sınırlarına eklenmiştir.

Başlama bölgesi algoritmasının oluşturulması sırasında, ilerleyen dönemde yapılacak araştırmalarda; özellikle tektonik hareketler açısından aktif alanlarda, deprem etkisi bir başka girdi parametresi olarak değerlendirilebilir [74]. Çığların ilk hareketini sağlayabilen önemli bir parametre olabilecek depremlerin çığlara etkisinin, ilgili bölgelerde yaşanmış çığlara ilişkisinin kaydedilmesi kalibrasyon çalışmaları için oldukça önemlidir. Çaykara İlçesinde, yaşanmış çıglarda deprem etkisinin bilinmemesinden dolayı, bu tez çalışması için depremler bir girdi parametresi olarak kullanılamamıştır. Ancak, ilerleyen dönemlerde gözlenecek çıgların, yer sarsıntılarında ne ölçüde etkilendiği ve oluş zamanları kaydedilip, bu çerçevede bir veri bankası oluşturulması halinde, hangi büyüklükteki depremlerin, çıgların harekete geçmesinde ne ölçüde tetikleyici rolü olduğu tespit edilebilir ve çığ başlama bölgesi algoritmasına bir girdi olarak eklenebilir.

Belirlenen potansiyel çığ başlama bölgelerinin bir kısmı kayıt edilmiş az sayıdaki çığ yolları ile örtüşmekte, başka bir deyişle daha önceden meydana gelen ve bilinen çığ başlama bölgelerinin tamamı kullanılan algorithmada da belirlenmiştir. Ancak algoritmanın belirlediği diğer başlama bölgeleri ile ilgili bir kayıt bulunmadığı için buraların da çığ başlama bölgesi olma potansiyelini büyük oranda barındırdığını söylemek mümkündür. Buna rağmen, çığ başlama bölgeleri doğal alanlar olduğundan, doğa bilimleri ile uğraşılacak her alanda olduğu gibi, bu çalışmada tespit edilen girdi

parametrelerinin optimum aralıkları ve özellikleri de zamanla değişebilir ve ilerleyen dönemde etki düzeylerinde farklılıklar gözlemlenebilir.

Bu nedenle, bu tez çalışması özelinde belirlenen potansiyel çığ başlama bölgesi girdi parametreleri (özellikle yükselti ve arazi kullanım parametreleri) mevcut durum koşullarını temsil etmektedir ve ilerleyen dönemde; mevsimsel, topografik ve jeomorfolojik değişiklikler sonucunda farklılık gösterebilir.

Sonuç olarak, belirlenen alanlardan başlayacak çığlar, ELBA+ dinamik çığ benzetim yazılımı ile analiz edilmiş ve çığ akma sınırları içerisindeki akma derinliği, hız ve dinamik çarpma basıncı değerleri tespit edilmiştir. Bir çığ yolu için belirlenen çığ sınırları (başlama, akma ve birikme bölgesinin tümü) çığ tehlike gösterim haritalarını ortaya çıkarmakta kullanılırken, tespit edilen akma yüksekliği, çarpma basıncı ve akma hızı gibi değerler (daha büyük ölçekli arazi modeli kullanmak ve yerel meteorolojik koşulları daha iyi bilmek şartıyla) alınabilecek önlem tiplerinin belirlenmesi ve boyutlandırılmasında değerlendirilebilecektir. Bu çalışmada, 100 yıl yinelenme dönemi için tespit edilen çığ tehlike gösterim haritaları oluşturulması süreci konu edilmiştir ve ileride bu bölge veya benzeri diğer çığ alanları için, hasar görülebilirlik değeri tespit edilerek oluşturulacak çığ risk haritalarına gerekli altyapıyı oluşturabilecektir.

Modellemelerde kullanılan SAM'ın tüm Çaykara İlçesi sınırları için sayısal ölçeği 1/25.000 olduğundan ve bu ölçekte çalışmak optimum önlem yapısının boyutlarına karar vermek açısından hatalı sonuçlar ortaya çıkarabileceğinden, ileride yapılacak muhtemel çığ kontrol projelerinde altlık olarak 1/5.000 veya 1/1.000 ölçekli haritaların kullanılması uygun olacaktır.

Kullanılan başlama bölgesi belirleme algoritması ile koruyucu fonksiyona sahip olabilecek orman alanlarının belirlenmesi mümkün hale gelmiştir. Böylelikle bu ormanlarda sürekliliğin sağlanması için gerekli silvikültürel müdahalelerin yapılması ve orman amenajman planlarına entegre edilmesi için ilgili disiplinlere altlık veri oluşturulmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalarda, geçmiş yıllarda meydana gelmiş bazı çığların sınırları yaklaşık olarak tespit edilmiş olmasına rağmen, karın kırılma derinliği, kar yoğunluğu, çığ tipi ve oluşum mekanizması, yerel hava koşulları gibi bazı parametrelerin tam olarak bilinmemesi nedeniyle kullanılan yazımlardaki parametrelerden bazılarında tahmini değerler girilmiştir. Bu verilerin Ülkemiz

koşullarına göre kalibre edilerek değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle yapılacak önerilerden birisi de gelecek dönemde gerçekleştirilebilecek çalışmalar ve araştırmalar için muhtemel çığ başlama bölgelerinin fiziksel ve meteorolojik özelliklerini yansıtan, yerleşim yerlerinin arasında kalmayan ve kar örtüsünün hidrolojik özellikleri hakkında sağlıklı verilerin toplanabileceği Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının kurulmasıdır.

Çığ tehlike gösterim haritaları oluşturulması sırasında gerçekleştirilen arazi etütlerinde organize edilen kurum ziyaretlerinde dahi, yerel yönetimlerin ve idarecilerin çığ konusundaki farkındalıklarının çok az olması, ancak araziye çıkıldığında bahsedilen bölgelerde yüzlerce çığ güzergâhı tespit edilmesi, kayıtlara daha önceden geçmeyen can ve mal kayıp bilgilerinin elde edilmiş olunması, bu konuda gerekli olan eğitim ve bilgilendirme eksikliğinin açık bir örneğidir. Bu nedenle özellikle karar vericiler ve yerel yönetimlerin de bir arada olacağı eğitim seminerleri ile çığ konusundaki farkındalık artırılmalıdır. Ayrıca, çığlara karşı alınabilecek yapısal önlem uygulamaları çoğu zaman yüksek maliyette olabildiğinden, çığın zararlı etkilerini azaltabilecek orman alanlarının korunması ve artırılması gibi doğal önlemler ile eğitim faaliyetleri gibi yapısal olmayan önlemler daha fazla tercih edilmeli ve çığ kontrolü açısından daha aktif koruma yöntemleri hayata geçirilmelidir.

Bu tez çalışması sonucunda; Trabzon İli, Çaykara İlçesi sınırlarında içerisinde incelenen potansiyel çığ başlama bölgelerini, çığ akma ve durma bölgelerini en iyi örnekleyen arazi modelinin oluşturulması, geçmiş yıllarda çığ meydana gelen ve gelecekte çığ meydana gelmesi muhtemel yerlerin analiz edilerek çığ tehlike gösterim haritalarının oluşturulması sağlanmıştır.

Çaykara İlçesinin yanı sıra, diğer çığ tehlikesi mevcut alanlarda uygulanabilecek modellemelerle kurulacak veri tabanına altlık oluşturması ve bu verileri kullanacak uygulayıcıların daha somut planlama ve uygulama yapmasına katkı sağlaması durumunda, bu tez çalışmasının diğer ve en önemli hedefi gerçekleşecektir.

7. KAYNAKLAR

- [1] D. McClung and P. Schaerer, "Avalanches as a natural hazard," in *The Avalanche Handbook*, 3rd ed., vol. 1, Seattle, USA: The Mountaineers Publications, 2006, pp. 14-20.
- [2] H. Brugger, B. Durrer, L. Adler-Kastner, M. Falk and F. Tschirky, "Field management of avalanche victims," *Resuscitation*, vol. 51, pp. 7-15, 2001.
- [3] F. Techel, F. Jarry, G. Kronthaler, S. Mitterer, P. Nairz, M. Pavsek, M. Valt, G. Darms, "Avalanche fatalities in the European Alps: long term trends and statistics," *Geographica Helvetica*, vol. 71, pp. 147-159, 2016.
- [4] A. Aydın, Y. Bühler, M. Christen and İ. Güre, "Back calculation of selected events," *Nat Hazards Earth System Sciences*, no. 14, pp. 1145-1154, 2014.
- [5] A. Aydın, R. Eker and Y. B. Odabaşı, "Uzuntarla (Trabzon-Turkey) Snow Avalanche Event," *ICENS Conference*, Skopje, Macedonia, 2015.
- [6] P. Bebi, F. Kienast and W. Schönenberger, "Assesing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests dynamics and protective function," *Forest Ecology and Management*, no. 145, pp. 3-14, 2001.
- [7] A. Aydın, "Dağ ormanlarının çığları önlemedeki rolü," *İstanbul Orman Fakültesi Dergisi*, c. 56, s. 2, ss. 147-159, 2006.
- [8] M. Bründl, "Snow interception and meltwater transport in subalpin forests," Ph.D. dissertation, Department of Natural Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland, 1997.
- [9] W. Frey and B. Salm, "Snow properties and movements in forests of different climatic regions," *XIX World Congress*, Montreal, Quebec, 1990, pp. 328-339.
- [10] R. Motta and J. C. Haudemand, "Silvicultural planning in protective forests in the European Alps: one example from Aosta Valley (Italy)," *Mountain Research and Development*, vol. 20, pp. 74-81, 2000.
- [11] P. Storck, T. Kern and S. Bolton, "Measurement of differences in snow accumulation, melt and micrometeorology due to forest harvesting," *Northwest Science*, vol. 36, pp. 63-69, 1999.
- [12] N. J. Kinar, J. W. Pomeroy, "Measurement of the physical properties of the snowpack," *Reviews of Geophysics*, vol. 2, no. 53, pp. 481-544, 2015.
- [13] D. Viglietti, S. Letey, R. Motta, M. Maggioni and M. Freppaz, "Snow avalanche release in forest ecosystems: a case study in the Aosta Valley Region (NW-Italy)," *Cold Region Science and Technology*, vol. 64, pp. 167-173, 2010.

- [14] P. Bartelt and V. Stoeckli, "The influence of tree and branch fractures, overturning and debris entrainments in snow avalanche flows," *Annals of Glaciology*, vol. 32, pp. 209-216, 2001.
- [15] A. Aydın, Çığ Kontrolü, *Ders notları*, Düzce, 2013.
- [16] H. Ersan, A. Aydın and R. Eker, "Avalanche hazard indication mapping in Davraz ski center," *Journal of Forestry*, vol. 13, pp. 28-38, 2017.
- [17] E. Görecelioğlu, "Çığların sınıflandırılması," *Sel ve Çığ Kontrolü Yapıları*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 2003, böl. 6, ss. 213-218.
- [18] D. McClung and P. Schaerer, "Avalanches as a natural hazard," in *The Avalanche Handbook*, 3rd ed., vol. 1, Seattle, USA: The Mountaineers Publications, 2006, pp. 14-15.
- [19] A. Aydın, Artist, *Erzurum-İspir Başyurt, Ormanlık alanda çığ yolu bölümleri*. [Art]. Düzce Üniversitesi, 2013.
- [20] D. McClung and P. Schaerer, "Definitions," in *The Avalanche Handbook*, 3rd ed., vol. 5, Seattle, USA: The Mountaineers Publications, 2006, pp. 109-119.
- [21] F. Rudolf-Miklau, S. Sauer Moser and A. L. Mears, "Avalanche starting zone," in *Technical Avalanche Protection Handbook*, 1st. ed., vol. 2, Berlin, Germany: John Wiley & Sons, 2014, pp. 41-48.
- [22] UNESCO, "International commission on snow and ice of the international association of hydrological sciences," *Unesco Avalanche Atlas*, Paris, 1981, pp. 256.
- [23] D. McClung and P. Schaerer, "Types of avalanches," in *The Avalanche Handbook*, 3rd ed., vol. 4, Seattle, USA: The Mountaineers Publications, 2006, pp. 73-74.
- [24] D. M. Delparte, "Avalanche terrain modeling in Glacier National Park," Ph.D. dissertation, Department of Geography, University of Calgary, Calgary, Canada, 2008.
- [25] D. McClung and P. Schaerer, *The Avalanche Handbook*, 2nd ed., vol. 3, Seattle, USA: The Mountaineers, 2002, pp. 69-72.
- [26] J. Schweizer, "Review of dry snow slab avalanche release," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 30, pp. 43-57, 1999.
- [27] A. Judson and D. Doesken, "Density of freshly fallen snow in the Central Rocky Mountains," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, no. 7, pp. 1577-1588, 2000.
- [28] D. M. Delparte, "Avalanche terrain modeling in Glacier National Park," Ph.D. dissertation, Department of Geography, University of Calgary, Calgary, Canada, 2008.
- [29] C. A. Association, "Management: guideline for decision-maker a national standard of Canada," *Observation Guidelines and Recording Standards for Weather*,

- Snowpack and Avalanches*, British Columbia, Canada: Canadian Avalanche Association, 2002, pp. 78.
- [30] AFAD, *Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması: Çiğ Temel Kılavuzu*, 1. baskı, Ankara, Türkiye: T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2015, böl. 2, ss. 88.
- [31] F. Rudolf-Miklau, S. Sauer Moser and A. L. Mears, "Mapping of avalanche hazards and risks," in *The Technical Avalanche Protection Handbook*, 1st. ed., vol. 4, Berlin, Germany: John Wiley & Sons, 2014, pp. 100-101.
- [32] F. Rudolf-Miklau, S. Sauer Moser and A. L. Mears, "Hazard (indication) maps," in *The Technical Avalanche Protection Handbook*, 1st. ed., vol. 4, Berlin, Germany: John Wiley & Sons, 2014, pp. 102-105.
- [33] SLF, International RAMMS workshop handouts, September 3-7 2016 Davos, Switzerland, 2012.
- [34] P. Brang, W. Schönenberger, M. Frehner, R. Schwitter, J. Jacques, T. and B. Wasser, "Management of protection forests in the European Alps: an overview," *Forest Snow and Landscape Research*, vol. 80, no. 1, pp. 23-44, 2006.
- [35] W. Schönenberger, "Report on protective forests of Switzerland," in *Mountain forestry in Europe evaluation of silvicultural and policy means*, 1st ed., vol. 35, Wien, Austria: Universität für Bodenkultur, 1998, pp. 71-80.
- [36] SLF, Artist, *İsviçre-Andermatt'ta koruyucu işlev gören bir orman*. [Art]. SLF.
- [37] D. McClung and P. Schaerer, "Forest cover," in *The Avalanche Hand Book*, Seattle, 3rd ed., vol. 5, Seattle, USA: The Mountaineers, 2006, pp. 113.
- [38] J. Heumader, "High-Elevation afforestation and regeneration of subalpin forest stands xperiences in Austria," *Internationales symposion interpraevent*, Villach, Österreich, 2000, pp. 29-40.
- [39] K. Kahrs, "The braking effect of trees on snow avalanches-an xperimental study," M. S. thesis, Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2016.
- [40] Y. Bühler, S. Kumar, J. Veitinger, M. Christen, A. Stoffel, Snehmani, "Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models," *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 13, pp. 1321-1335, 2013.
- [41] M. Schneebeli and P. Bebi, "Snow and avalanche control," in *Encyclopedia of Forest Sciences*, 1st. ed., vol. 2, Amsterdam, Holland: Elsevier Academic Press, 2004, pp. 397-402.
- [42] P. Bebi, F. Kienast and W. Schönenberger, "Assesing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests dynamics and protective function," *Forest Ecology and Management*, vol. 145, pp. 3-14, 2001.
- [43] R. Essery, J. Pomeroy, J. Parviainen and P. Storck, "Sublimation of snow from coniferous forests in a climate model," *Journal of Climate*, vol. 16, no. 11, pp. 1855-1864, 2003.

- [44] N. R. Hedstrom and J. W. Pomeroy, "Measurements and modelling of snow interception in the boreal forest," *Hydrological Processes*, vol. 12, no. 10, pp. 1611-1625, 1998.
- [45] R. D. Winkler, D. L. Spittlehouse and D. L. Golding, "Measured differences in snow accumulation and melt among clearcut, juvenile, and mature forests in southern British Columbia," *Hydrological Processes*, vol. 19, no. 1, pp. 51-62, 2005.
- [46] A. Varhola and N. C. Coops, "Estimation of watershed-level distributed forest structure metrics relevant to hydrologic modeling using Lidar and Landsat," *Journal of Hydrology*, vol. 487, pp. 70-86, 2013.
- [47] P. Teti, "Effects of overstory mortality on snow accumulation and ablation," Ministry of Forests and Range, British Columbia, Canada, Rep. 8.39, 2008.
- [48] W. Schönenberger, A. Noack and P. Thee, "Effect of timber removal from windthrow slopes on the risk of snow avalanches and rockfall," *Forest Ecology and Management*, vol. 213, pp. 197-208, 2005.
- [49] M. Frehner, B. Wasser and R. Schwitter, "Gestion durable des forêts de protection," Office fédéral de l'environnement, Bern, Suisse, Tech. Rep., 2005.
- [50] A. Aydın, Artist, *Ormanlık alan içerisinde oluşan çığ alanları*. [Art]. Düzce Üniversitesi, 2013.
- [51] F. Rudolf-Miklau, S. Sauer Moser and A. L. Mears, "Avalanche protection forest," in *The Technical Avalanche Protection Handbook*, 1st. ed., vol. 2, Berlin, Germany: John Wiley & Sons, 2014, pp. 48-52.
- [52] J. M. Putallaz, "Protection a long terme contre les avalanches sur les surface de chablis," M.S. thesis, Department of Environmental Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland, 2010.
- [53] P. Bebi, D. Kulakowski and C. Rixen, "Snow avalanche disturbances in forest ecosystems-state of research and implications for management," *Forest Ecology and Management*, vol. 257, no. 9, pp. 1883-1892, 2009.
- [54] M. Teich, P. Bartelt, A. Grêt-Regamey and P. Bebi, "Snow avalanches in forested terrain: influence of forest parameters, topography and avalanche characteristics on runout distance," *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, vol. 44, no. 4, pp. 509-519, 2012.
- [55] T. Feistl, P. Bebi, M. Teich, Y. Bühler, M. Christen, K. Thuro and P. Bartelt, "Observations and modeling of the braking effect of forests on small and medium avalanches," *Journal of Glaciology*, vol. 60, no. 219, pp. 124-138, 2014.
- [56] T. Bayrak ve M. Ulukavak, "Trabzon heyelanları," *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, c. 1, s. 2, ss. 20-30, 2009.
- [57] M. Şahin, "Karadeniz bölgesindeki yağış-akış ilişkisinin farklı yapay sınır ağları metotlarıyla belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.

- [58] P. Schaerer, "Analysis of snow avalanche terrain," *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 3, no. 14, pp. 281-287, 1977.
- [59] A. I. Mears, "Snow-avalanche hazard analysis for land-use planning and engineering," Colorado Geological Survey, Department of Natural Resources, Denver, Colorado, Rep. 49, 1992.
- [60] D. McClung and P. Schaerer, "Starting zone characteristics," in *The Avalanche Handbook*, 2nd ed., vol. 5, Seattle, USA: The Mountaineers, 1993, pp. 111.
- [61] M. Maggioni and U. Gruber, "The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 37, no. 3, pp. 407-419, 2003.
- [62] M. Barbolini, M. Pagliardi, F. Ferro and P. Corradeghini, "Avalanche hazard mapping over large undocumented areas," *National Hazards*, vol. 2, no. 56, pp. 451-464, 2011.
- [63] R. Barton and B. Wright, *A chance in a million?: scottish avalanches*, 2nd ed., Glaskow, United Kingdom: Scottish Mountaineering Trust, 2000.
- [64] C. Ancey, Unité érosion torrentielle, neige et avalanches, *Lecture Notes*, Domaine Universitaire, France, 2001.
- [65] M. Hemetsberger, G. Klinger, S. Niederer and J. Benedikt, "Risk assessment of avalanches a fuzzy GIS application," unpublished report.
- [66] J. Fredston and D. Fesler, *Snow sense: a guide to evaluating snow avalanche hazard*, Alaska, USA: Alaska Mountain Safety Center, 1994, pp. 116.
- [67] J. Schweizer, J. B. Jamieson and M. Schneebeli, "Snow avalanche formation," *Reviews of Geophysics*, vol. 4, no. 41, pp. 2-25, 2003.
- [68] J. Schweizer, J. B. Jamieson and M. Schneebeli, "Snow avalanche formation," *Reviews of Geophysics*, vol. 4, no. 41, pp. 1016, 2003.
- [69] M. Biskupič, I. Barka, "Spatial modelling of snow avalanche run-outs using GIS," *The 2010 GIS Symposium*, Ostrava, Czech Republic, 2010.
- [70] Anonymous. (2014, March 17). [Online]. Available: <http://www.esri.com>
- [71] D. McClung, "Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging," *Annals of Glaciology*, vol. 32, pp. 223-229, 2001.
- [72] A. Covășnianu, I.R. Grigoraș, L.E. State, D. Balin, S. Hogaș and I. Balin "Mapping snow avalanche risk using GIS technique and 3D modeling: case study Ceahlau National Park," *Romanian Journal of Physics*, vol. 56, no. 3, pp. 477-483, 2011.
- [73] P. Schaerer, "Analysis of snow avalanche terrain," *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 14, no. 3, pp. 281-287, 1977.
- [74] E. A. Podolskiy, K. Nishimura, O. Abe, and P.A. Chernous. "Earthquake-induced snow avalanches: i. historical case studies," *Journal of Glaciology*, vol. 56, no. 197, pp. 431-446, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yunus Barış ODABAŞI

Doğum Tarihi ve Yeri : 22.07.1981 - ORDU

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ybodabasi@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Orman Mühendisliği	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	2004
Lise	-	Ordu Lisesi	1998