



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

**ISPARTA DAVRAZ KAYAK MERKEZİNDE ÇIĞ TEHLİKE
ANALİZİ**

HALUK ERSAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ABDURRAHİM AYDIN**

DÜZCE, 2016

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISPARTA DAVRAZ KAYAK MERKEZİNDE ÇİĞ TEHLİKE
ANALİZİ

Haluk ERSAN 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

Eş Danışman (Olmaması durumunda lütfen siliniz)

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. (tez danışmanınızın ismi tekrar yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: .../.../2016

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.

9 Aralık 2016

Haluk ERSAN

TEŞEKKÜR

“İsparta Davraz Kayak Merkezinde Çığ Tehlike Analizi” başlıklı bu çalışma Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma süresince, değerli düşünce ve önerileriyle beni yönlendiren ve bu çalışmanın bir yüksek lisans tezi olarak ortaya çıkmasını sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Remzi EKER’e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana destek olan annem Necibe ERSAN’a ve babam Hasan ERSAN’a ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmam boyunca, beni destekleyerek huzurlu bir aile ortamı sağladığı için eşim Evrim ERSAN’a yürekten teşekkür ederim.

Bu tez çalışması ayrıca Düzce Üniversitesi BAP-2015.02.02.288 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Düzce Üniversitesi’ne ayrıca teşekkür ederim.

9 Aralık 2016

Haluk ERSAN

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
HARİTA LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR.....	X
SİMGELER.....	XI
ÖZET.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ÇİĞ.....	4
3. ÇİĞ HARİTALARI.....	8
3.1 ÇİĞ TEHLİKE GÖSTERİM HARİTALARI.....	8
3.2 SÜREÇ (YOĞUNLUK) HARİTALARI.....	10
3.3 ÇİĞ TEHLİKE BÖLGELEME PLAN VEYA HARİTALARI.....	10
3.4 RİSK HARİTALARI.....	11
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
4.1 MATERYAL.....	12
4.1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı.....	12
4.1.2 Ulaşım ve Yerleşim Durumu.....	13
4.1.3 Morfolojik ve Klimatolojik Özellikleri.....	13
4.1.4 Yol Durumu.....	15
4.1.5 Davraz Kayak Merkezi.....	17
4.1.6 Kullanılan Harita ve Yazılımlar.....	18
4.2 YÖNTEM.....	22
4.2.1 Tehlike Gösterim Haritalarında Kullanılan Topoğrafik Parametreler.....	22
4.2.2 Çiğ Tehlike Gösterim Haritası Üretimi.....	27
4.2.3 08.01.2012 (Pazar Günü) Tarihinde Meydana Gelen Çığın Geri Hesaplaması.....	29
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37

5.1 TEHLİKE GÖSTERİM HARİTASI ÜRETİMİNE	
AİT BULGULAR.....	37
5.2 08.01.2012 TARİHLİ ÇIĞIN GERİ HESAPLAMASINA	
AİT BULGULAR.....	41
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	53



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. 1936/37-2014/2015 yılları arası İsviçre çığ istatistikleri (www.slf.ch).	6
Şekil 4.1. Çalışma alanına ait enterpole edilmiş sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara dağılımları.	15
Şekil 4.2. Kayak merkezi yerleşim planı.	18
Şekil 4.3. ArcMap Araç Kutusu (solda) ve Autorel Nofor ara yüz görüntüsü (sağda).	19
Şekil 4.4. LSHM4ELBA+ ArcMap araç kutusu (solda) ve kullanıcı ara yüzü (sağda).	19
Şekil 4.5. ELBA+ ArcGIS eklentisi (solda) ve ELBA+ Simülasyon Modülü görüntüsü (sağda).	20
Şekil 4.6. RAMMS: Avalance ara yüz görüntüsü.	21
Şekil 4.7. Tez çalışması iş akış diyagramı.	23
Şekil 4.8. 08.01.12 tarihli çığ olayından zarar gören teleferik.	29
Şekil 4.9. RAMMS içerisinde sayısallaştırılan hesap alanı ve başlama bölgesi.	30
Şekil 4.10. Kar kırılma derinliği şematik gösterimi [25].	31
Şekil 4.11. Meteoroloji istasyonu için son 3 günlük kar derinlikleri ve yeni kar miktarları.	32
Şekil 4.12. Yeni kar ve kar kırılma derinliği şematik gösterim [25].	33
Şekil 4.13. a) Çalışma klasörlerinin tanımlanması, b) Simülasyon projesinin tanımlanması, c) ASCII SAM tanımlanması, d) Proje sınır koordinatları.	35
Şekil 4.14. RAMMS ile çığın geri hesaplaması iş akış diyagramı.	36
Şekil 5.1. Teleferik hattı boyunca çığın maksimum akış yüksekliği kesit profili.	45

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Son yüzyılda dünyada meydana gelen bazı büyük çığ olayları.....	5
Çizelge 4.1. 1950-2014 yıllarına ait DMİ iklim verileri.....	16
Çizelge 4.2. 1950-2014 yıllarına ait enterpole edilmiş iklim verileri.....	16
Çizelge 4.3. Meteoroloji istasyonu verilerinden elde edilen son 72 saate ait kar derinlikleri.....	32



HARİTA LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Harita 2.1. Türkiye Yükselti basamakları haritası [23].	7
Harita 2.2. Türkiye’de çığ olaylarının gerçekleştiği iller (sayılar AFAD tarafından incelenen yerleşim birimleri sayısını göstermektedir) [22].	7
Harita 3.1. Avusturya’da tehlike bölgeleme (zonation) planlarının bir parçası olarak çığ tehlike gösterim haritası [10].	9
Harita 3.2. Çığ Tehlike Gösterim Haritası Örneği (Fransa).	9
Harita 4.1. Çalışma alanı konum haritası.	12
Harita 4.2. Yükselti haritası (solda) ve Eğim haritası (sağda).	14
Harita 4.3. Çalışma alanı yol haritası.	15
Harita 4.4. 08.01.12 tarihli çığ akma sınırları ve başlama bölgesi.	30
Harita 4.5. 25000 ölçekli topoğrafik haritadan üretilen SAM verisi.	34
Harita 5.1. Potansiyel başlama bölgeleri	37
Harita 5.2. Potansiyel başlama bölgeleri daha yakın görüntü (Davraz Kayak Tesisі üzeri).	38
Harita 5.3. Çığ tehlike gösterim haritası.	38
Harita 5.4. Çığ tehlike sınırları yakın görüntüsü (Davraz Kayak Tesisі üzeri).	39
Harita 5.5. Alandaki yolların çığ tehlike durumu.	40
Harita 5.6. Çığ tehlike sınırları ile yolların çakıştırılması yakın görüntü.	40
Harita 5.7. Teleferik hatları, binalar ve çığ tehlike sınırları.	41
Harita 5.8. Senaryo 1 maksimum akış yüksekliği haritası.	42
Harita 5.9. Senaryo 1 maksimum akış hızı haritası.	42
Harita 5.10. Senaryo 1 maksimum etki basıncı haritası.	43
Harita 5.11. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.	44
Harita 5.12. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.	44
Harita 5.13. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.	45

KISALTMALAR

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
cm	Santimetre
DEM	Digital Elevation Model
ELBA	Energy Line Based Avalanche
Hm	Hektometre
kPa	Kilopaskal
LSHM4ELBA+	Large Scale Hazard Mapping for ELBA+
m	Metre
RAMMS	Rapid Mass Movements Simulation
UNESCO	United Nations Science and Culture Organization
SLF	Kar ve Çığ Araştırma Enstitüsü (Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF)
WSL	İsviçre Orman, Kar ve Peyzaj Araştırma Federal Enstitüsü (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research)

SİMGELER

c	Kohezyon
d	Kırılma derinliği
d_0	Kar kırılma derinliği
$^{\circ}$	Derece
ΔHS_3	Kar örtüsü yüksekliği
$f(\psi)$	Redüksiyon faktörü.
H	Meteoroloji istasyonunun denizden yüksekliği ile yağış miktarı bulunacak bölgenin ortalama yüksekliği arasındaki farktır.
Yh	Denizden ortalama yüksekliği bilinen ve üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmayan yörenin hesaplanacak olan yıllık yağış miktarı (mm).
Y_o	Denizden yüksekliği belli olan istasyonunun ölçtüğü yıllık yağış miktarı (mm).
φ	İç sürtünme açısı.
τ	Gerilme stresi

ÖZET

ISPARTA DAVRAZ KAYAK MERKEZİNDE ÇIĞ TEHLİKE ANALİZİ

Haluk ERSAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN

Aralık 2016, 53 sayfa

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar temel olarak ikiye ayrılmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde Isparta-Davraz Kayak Merkezi'ni içerisine alan yakın bölge için çığ tehlike gösterim haritası üretilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretimi işlemi 3 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) iki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi ve 3) çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesidir. Potansiyel çığ başlama bölgeleri topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı otomatik şekilde belirlenmiştir. Potansiyel başlama bölgeleri belirlendikten sonra her bir başlama bölgesinden meydana gelebilecek çığın akma sınırları yani tehlike sınırlarının belirlenmesi için iki boyutlu çığ simülasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda ELBA+ iki boyutlu dinamik çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra simülasyon sonuçlarından LSHM4ELBA+ algoritması ile çığ tehlike gösterim haritası üretimi gerçekleştirilmiştir. Buna göre çalışma alanında 539 tane başlama bölgesi belirlenmiştir. Potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 555,1 hektardır. Alanda belirlenen potansiyel başlama bölgelerinden kopabilecek çığların tehlike sınırları ise toplamda 1560,87 hektardır. Tez kapsamında yapılan ikinci çalışmada ise 08.01.2012 tarihinde saat 10:30 da Davraz Kayak Merkezi'nde meydana gelen çığın geri hesaplaması RAMMS yazılımı kullanılarak iki ayrı senaryo için simülasyon gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda 100 yıl tekerrür aralıklı bir olayı için kırılma derinliği 1,5 m olarak simülasyon gerçekleştirilirken, ikinci senaryoda 08.01.2012 tarihli çığın geri hesaplaması için çığ anındaki kırılma derinliği (son 3 günlük meteoroloji verisinden 0,91 m olarak hesaplanmıştır) kullanılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon 1 sonuçlarına göre çığın durma mesafesi 08.01.2012 tarihli çığın araziden tespit edilen durma mesafesinden yaklaşık 180 m daha ileride durmuştur. Çığ akış yüksekliği de 5,7 m'ye çıkmaktadır. Senaryo 2 kapsamında yapılan kalibrasyon denemeleri sonucunda sürtünme parametreleri $\mu=0,190$ ve $\xi=2500$ için simülasyon sonuçları 08.01.2012 tarihli çığın araziden tespit edilen akma sınırları ile örtüşmektedir. Bu sonuçlara göre çığın akış yüksekliği maksimum 3,8 m elde edilmiştir. Çığın akma sınırları içerisinde kalan teleferik hattı boyunca çığ akış yüksekliği ise en yüksek 1,5 m civarında seyretmektedir. Yapılan incelemelere göre çığ anında gözlemlenen akış yüksekliği ile simülasyon sonucu elde edilen akış yüksekliğinin uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Anahtar sözcükler: Çığ, Davraz, Geri hesaplama, RAMMS, Tehlike gösterim haritası

ABSTRACT

AVALANCHE HAZARD ANALYSE IN DAVRAZ MOUNTAIN SKI CENTER

Haluk ERSAN

Düzce University

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

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

December 2016, Pages 53

Studies made within this thesis are basically divided into two sections. In first section, avalanche danger map was produced for nearest area covering Davraz Ski Center. The Geographical Information Systems (GIS) based avalanche map generation process is divided into 3 basic stages: 1) Identification of potential avalanche start zones, 2) Determination of the avalanche flowing borders with two-dimensional avalanche simulations 3) Producing avalanche danger maps. Potential avalanche start zones were automatically determined based on GIS using topographic parameters. Then, two dimensional avalanche simulations were made to determine avalanche flowing borders namely avalanche danger borders for each avalanche starting zone. For this aim, ELBA+ two dimensional dynamic avalanche simulation software was used. Then an avalanche danger indication map was produced by LSHM4ELBA+ algorithm from ELBA+ avalanche simulation results. According to that, 539 start zones have been identified in the study area. The total area of potential starting areas is 555.1 hectares. The hazard boundaries of the avalanches determined in the area are 1560,87 hectares. In the second section, back-calculation of an avalanche which occurred in 08.01.2012 at 10:30 am Davraz Ski Center was made with using RAMMS software. For this purpose, simulations were carried out for two different scenarios. In the first scenario, for a 100-year recurrence interval event, a simulation with a depth of refraction of 1.5 m was carried out, while in the second scenario, a simulation was carried out using the refraction depth (calculated as 0.91 m from the last 3-day meteorological data) for the avalanche back-calculation dated 08.01.2012. According to Simulation 1 results, the runout distance of avalanche is 180 meters higher than runout distance of snow avalanche observed. The maximum flow height of the avalanche material is 5,7 m. Simulation results for the friction parameters $\mu = 0,190$ and $\xi = 2500$ as a result of the calibration tests performed for Scenario 2 coincide with the outflow boundaries which are determined in the field of the avalanche dated 08.01.2012. According to these results, the maximum flow height of the avalanche was obtained as 3,8 m. The maximum height of the avalanche flow along the cable car line within the boundaries of the avalanche flows is about 1,5 m. According to the studies made, it is observed that the flow height observed at the time of the avalanche and the flow height obtained after the simulation are compatible.

Keywords: Avalanche, Davraz, Back calculation, RAMMS, Danger indication map

1. GİRİŞ

Çığlar, kar kaplı dağlık alanlarda meydana gelen yerel dinamik olaylardır. Mevcut kar örtüsünün yapısı, yerel topoğrafya ve iklimik faktörler arası etkileşimler sonucu oluşurlar [1]. Ayrıca çığlar, dağlık bölgelerde yollara, ormanlara, turizm ve altyapı tesislerine zarar verebilmekte ve insan hayatını da tehdit edebilmektedir.

Yeryüzünün yaklaşık %24'ünü oluşturan dağlık alanlarda dünya nüfusunun yaklaşık %12'sinin yaşadığı tahmin edilmektedir [2]. Global ölçekte dağlık alanlarda her yıl on binlerce çığ olayının meydana geldiği söylenebilir. Bunların büyük bir bölümü, dağlık alanların yerleşim ve alt yapı tesislerine uzak bölgelerinde insanoğluna herhangi bir zarar vermeden meydana gelirler. Ancak son yıllarda yerleşim yerleri ve insan aktiviteleri gittikçe artarak dağlık alanlara yayılmıştır. Yerleşim yerleri insan faaliyetleri, madencilik, dağ rekreasyon aktiviteleri, iletişim ve ulaşım hatları, dağ evleri artış göstererek çığ alanlarına kadar uzanmışlardır. Bu nedenle çığ zararları arazi kullanımına bağlı olarak [3] tarafından şöyle sınıflandırılmıştır:

a-) Yerleşim yerleri – Dağ yerleşim alanlarında yaşayan insanlar ve faaliyetlerinin zarar görmesi

b-) Karayolları ve demir yolları kullanımı – Karayolları demiryolları ve bunlara ait yapıların zarar görmesi

c-) Dağ gezginlerine zarar veren çığlar – Karayolları ve demiryollarını kullanan insanların zarar görmesi

d-) İletişim ve enerji sistemlerinin kullanımı – Telefon ve elektrik hatlarının zarar görmesi

e-) Ticari ve endüstriyel kullanım – Madencilik ve diğer ticari faaliyetlerin zarar görmesi

f-) Kayak alanları – Kayak alanları ve benzeri alanlarda zarar görülmesi (bina ve yapılar hariç)

g-) Rekreasyon kullanımı – Dağ rekreasyon faaliyetlerini yapanların ya da çığı tetikleyenlerin zarar görmesi

Avrupa’da çığlardan kaynaklı ölü sayısı yıllık 100 kişi civarında ve 2003 yılı tarihinden önceki 50 yıl içerisinde sadece İsviçre ve Avusturya’nın çığların önlenmesi veya etkisinin azaltılması için aldığı önlemlere harcadığı paranın 1,7 milyar € olduğu rapor edilmiştir [4].

Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün kayıtlarına göre 1951-2006 yılları arasında meydana gelen 676 çığ olayında 1325 kişi hayatını kaybetmiş 365 kişi ise yaralanmıştır. Buna göre yılda ortalama 24 kişi çığlardan dolayı hayatını kaybetmektedir. Ölenlerin % 86,6’sı meskûn mahallerdeki insanlar, % 9’u asker, % 2’si avcı, %1,4’ü kayakı ve dağcı % 0,9’u karayolunda arabaların içinde ve %0,08’i işçilerden oluşmaktadır [5]. Ancak, [5] bu rakamların gerçekte olduğundan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye’de meydana gelen çığlardan etkilenen kesimin büyük kısmı meskûn mahallerde bulunan insanlar iken bu durum yine çığlardan çokça etkilenen ülkelerde ise farklıdır. Örneğin Birleşik Devletler ve İsviçre’de yıllık ortalama çığ kaynaklı ölü sayısı hemen hemen Türkiye ile aynı iken bu ülkelerdeki ölümlerin sırasıyla % 96 ve % 90’ı rekreasyon aktivitelerinden (kayak, dağcılık, kar yürüyüşü vb) kaynaklandığı belirtilmiştir [6], [7], [8].

ığlar diğer doğal olaylarla kıyaslandığında meydana geldiği yerdeki yöre halkı veya tesisler üzerinde lokal bir etkiye sahip olmakla beraber etkisi bununla sınırlı değildir. Genellikle turizm tesislerini de etkileyebildiğinden o tesisten faydalanan diğer kullanıcıları, yolları kapatabildiğinden o yoldan geçen taşıt ve insanları da etkilemektedir. Dolayısıyla ığlara karşı etkin bir korumadan bahsetmek için çığların meydana geldiği/gelebileceği yerlerin belirlenmesi ve haritalandırılması temel bir iş adımıdır. Nitekim bundan dolayı çığ olaylarının sıklıkla yaşandığı ülkelerde (İsviçre, Fransa, İtalya gibi Alp ülkeleri) ığların meydana geldiği yerleri belli eden değişik detay bilgi içeren farklı ölçeklerde (bkz. ilgili bölüm) haritalar 1960’lı yılların başından beri bilimsel esaslara göre üretilmektedir.

Üretilen haritalar genellikle daha önceden meydana gelen çığ kayıtlarından, arazi ve vejetasyon örtüsü incelemeleri sonucu çığların bıraktığı izlerden (sessiz şahitler) ve son 20-30 yıl ise daha ziyade çığların meydana gelebileceği yerlerin morfolojik analizlerine dayalı CBS yardımıyla belirlenip haritalara işlendiği “ığ Tehlike Gösterim Haritası” (literatürde Avalanche Danger Map, Avalanche Indication Map, Avalanche Localisation Map ve Avalanche Cadastre Map karşılığı olarak), tekerrür aralığı ve etki basıncının bir

fonksiyonu olarak çoğunlukla model sonuçları ve detaylı arazi çalışmalarına dayalı çığların ulaşabileceği yerlerin belirlenip tehlike bölgelemesinin yapıldığı “Çığ Bölgeleme Haritası” (literatürde Avalanche Hazard Map, Avalanche Zone/Zonation Map karşılığı olarak) ile Çığ Bölgeleme Haritasına dayalı beşeri unsurların da zarar görebilirlik derecesini gösteren Çığ Risk Haritası (literatürde Avalanche Risk Map) olarak bilinen haritalardır [9], [10].

Çığ kaynaklı meydana gelen kaza sayıları ve ölüm rakamları ile ilgili istatistikler incelendiğinde özellikle Orta Avrupa, Japonya ve Amerika’da 1960’lı yıllardan sonra dağlık alanlarda rekreasyon aktivitelerinde bulunanların bunların içinde de kayakçıların önemli bir oran oluşturduğu görülmektedir [11], [12], [13]. Kayak tesislerindeki pistlerde çığlardan kaynaklı meydana gelen ölümlerle ilgili tekil bazı bilgilere literatürde ulaşmakla birlikte [14] genel bir istatistiki bilgiye ulaşılammıştır. Bununla beraber hizmet binaları, konaklama alanları, pistlerdeki teleferik hatları gibi altyapı tesislerinin güvenli yerlere inşa edilmesi hususu önemlidir. Nitekim Türkiye’deki bazı kayak tesislerinde doğrudan tesislerin üzerine çığ düşmesi olaylarına en güncel örnek 20 Ocak 2013 tarihinde İzmir-Bozdağ kayak merkezine ve 08.01.2011 tarihinde Isparta-Davraz kayak tesislerindeki teleferik hattına düşen çığ olaylarıdır.

Bu çalışmanın konusu Isparta-Davraz kayak merkezinin çığ tehlike gösterim haritasını üretmek ve 08.01.2011 tarihinde meydana gelen ve teleferik hatlarına zarar veren çığın 2 boyutlu çığ simülasyon programı ile geri hesaplaması (back-calculation) yapılarak çığ yolu boyunca hızı, etki basıncı ve akış yüksekliğini tahmin etmektir.

2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ÇIĞ

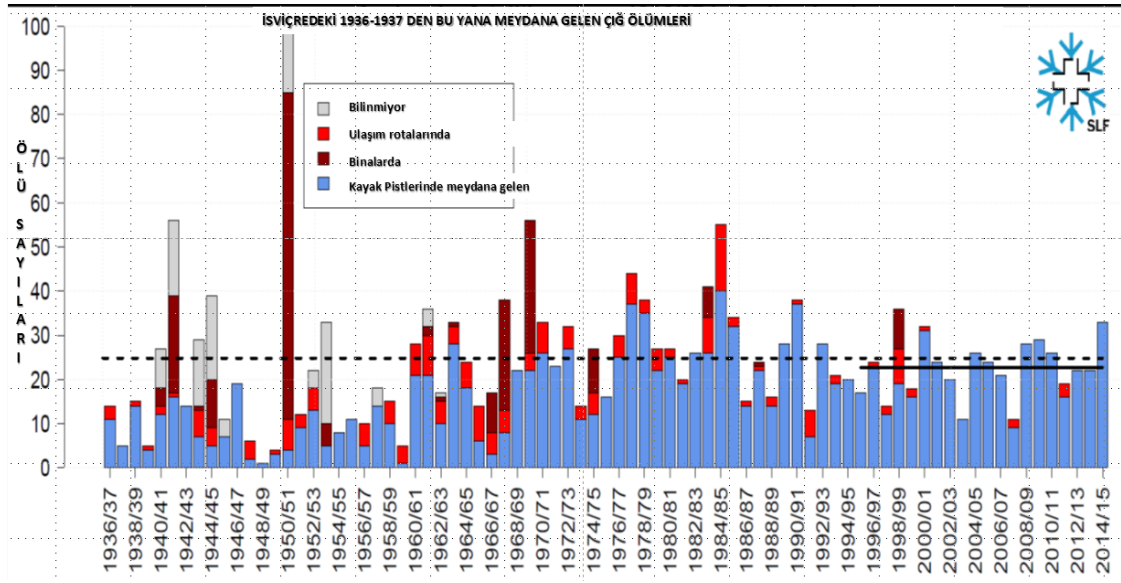
Küresel ölçekte doğal afetlerin hem sayı hem de etkilediği insan sayısında son yıllarda artış olduğunu söylemek mümkündür [15]. Özellikle yerleşim yerlerinin veya insani faaliyetlerin daha fazla doğal afetlerin meydana gelme ihtimali bulunan yerlere kaymasıyla birlikte etkilenme dramatik boyutlara ulaşmıştır [16]. Dünya tarihinde kayıtlara geçen bilinen en eski ve en büyük çığ olayı Milattan önce 218 yılının ekim ayında Hannibal'ın ordusuyla Alp dağlarından geçerken yaşadıkları çığ olayıdır. Bu olayda yaklaşık 18000 asker, 2000 at ile pek çok filin öldüğü bildirilmiştir [17]. İsviçre'nin Plurs kasabasında 4 Eylül 1618'de meydana gelen ve Rodi çığı olarak bilinen çığda köyün dışında bulunan 4 kişi haricindeki 2427 kişi yaşamını yitirmiştir. Yine Şubat 1689 yılında İsviçre'nin Saas ve St. Antönien köylerinde 80 kişi olmak üzere İsviçre'de toplam 265 kişi yaşamını yitirmiştir [10]. Yine aynı sene Montafon (Vorarlberg, Avusturya) da 2-4 Şubat tarihlerinde yaşanan çığ olaylarında 120 kişi ölmüş, 119'u ev olmak üzere 700 e yakın bina zarar görmüş ve 740 büyük ve küçükbaş hayvan telef olmuştur. Aynı yılın şubat ayı içerisinde Galtür/Paznauntal (Tyrol, Avusturya)'da da meydana gelen çığda 29 kişi ölmüş ve 800 den fazla ev ve diğer yapı yıkılmıştır [18]. Çığ olayları I. Dünya savaşında da yaşanmış ve 1915-1918 yılları arasında Avusturya-İtalya savaşının Tirol Alplerindeki cephesinde 40000-80000 arasında insanın öldüğü tahmin edilmiştir [19]. Sadece 12-13 Aralık 1916 tarihinde kayıtlara "Kara Perşembe ve Cuma" olarak geçen olayda Avusturya tarafından 6000 askerin öldüğü bildirilmiştir [10], [20]. Bu çığların haricinde son yüzyılda dünyada meydana gelen bazı büyük çığlar Çizelge 1'de verilmektedir.

Çığ olaylarından kaynaklı ölümler detaylı incelendiğinde ölümlerin 1970'li yıllara kadar genellikle kara-demiryolu çalışanları ile evlerde çığa yakalanan insanlar olduğu görülmektedir. Örneğin İsviçre'de 1936/37-2014-2015 yılları arasında çığdan kaynaklı ölümlere bakıldığında ortalama 25 kişinin (siyah kesikli çizgi) çığlardan öldüğü ve özellikle 1970'li yıllara kadar binalarda/evlerinde ölen insan sayısının hayli yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşın son yıllarda yerleşim yerlerine yönelik alınan teknik önlemlerin de bir sonucu olarak (1998/1999 çığı hariç) ölenlerin çoğunun kış rekreasyon aktivitelerinden dolayı öldüğü görülmektedir (Şekil 2.1). Benzer bir şekilde ABD'de 1954-1999 tarihleri arasında meydana gelen çığ olaylarında toplam 324 olayda 440 kişinin öldüğü ve bunların da %90'ından fazlasının kış rekreasyon faaliyetlerinde bulunan

kişiler olduğu bildirilmiştir [21].

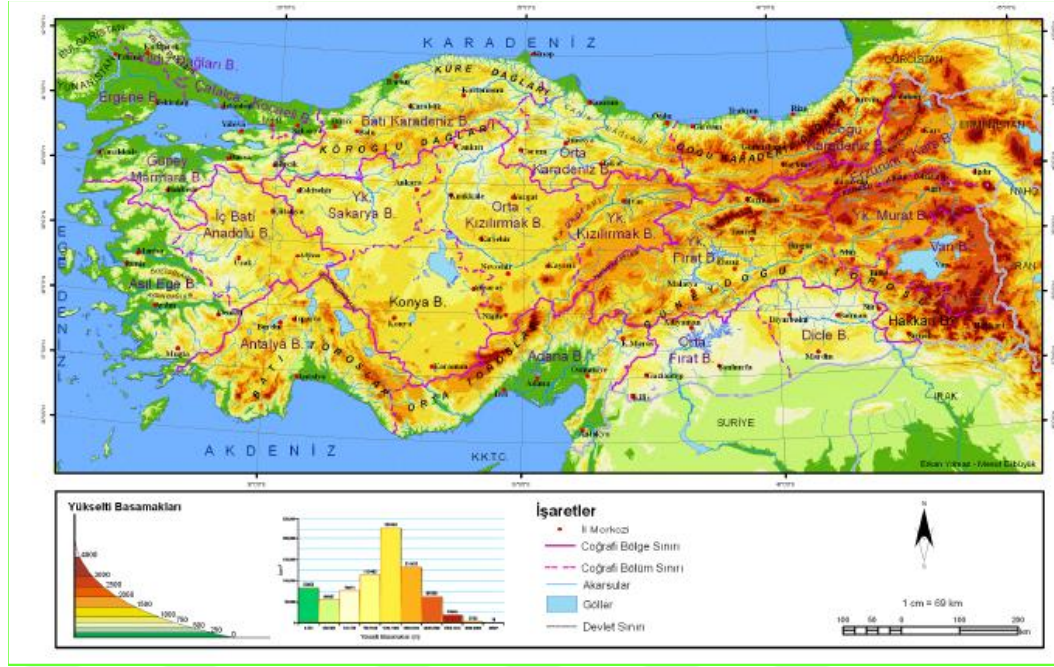
Çizelge 2.1. Son yüzyılda dünyada meydana gelen bazı büyük çığ olayları.

Tarih	Açıklama
1909	Avusturya’da Tauern demiryoluna düşen çığda 26 işçi hayatını kaybetti
1928	Norveç, Hordaland ve Sogn’da meydana gelen çığlarda 45 kişi öldü.
20 Ocak 1951	İsviçre, Avusturya ve İtalya Alplerinde bir seri çığ olayının yaşanmasıyla sadece İsviçre Vals ve civarında 240 kişi öldü 45 bin kişi evlerinde haftalarca mahsur kaldı. Vals köyü tamamen harabeye döndü ve 19 kişi bu köyden hayatını kaybetti.
11 Ocak 1954	Avusturya Vorarlberg Eyaletinde meydana gelen çığda 111’i köylü geri kalanı madenci olmak üzere 143 kişi hayatını kaybetti.
31 Mayıs 1970	Peru’nun Huascaran dağlarında meydana gelen çığda Yungay ve Ranrahirca şehirleri çığ altında kalarak 20 binden fazla insan öldü.
Mart 1979	Himachal Pradesh ve Jammu Kashmir’de meydana gelen çığlarda 300 ölü ve birkaç yüz baş hayvan telef oldu.
Mart 1988	Jammu Kashmir’de meydana gelen çığlarda 200 kişi yaşamını yitirdi.
1991/92 1992/93	Türkiye genelinde meydana gelen ve kayıtlara geçen 143 çığ olayında 463 kişi öldü.
1995	İzlanda- Flateyri ve Sudavik’te meydana gelen çığlarda 34 kişi öldü.
23 Ekim 1997	Tacikistan’ın Anzob dağı geçidinde meydana gelen çığda 15 araç çığ altında kaldı. Çığ altında kalan 50 kişiden 4’ü sağ çıkarılabildi. Ölenlerden (46 ölü) 33’üne ise baharda havaların ısınmasıyla birlikte ulaşılabildi.
23 Şubat 1997	Avusturya’nın Galtür bölgesinde meydana gelen çığda 38 turist ve köylü yaşamını yitirdi.
21 Eylül 2002	Rusya’nın Kuzey Osetya bölgesinde meydana gelen çığda 150 kişi öldü.
2012	Afganistan Daspai’da meydana gelen çığda 201 kişi öldü.
Nisan 2012	Pakistan’ın Himalaya kesimindeki Karakoram dağlarında meydana gelen çığda 135 asker öldü.
24-28 Şubat 2015	Afganistan’ın Pençşir dağları kesiminde meydana gelen çığlarda 310’dan fazla kişi öldü.

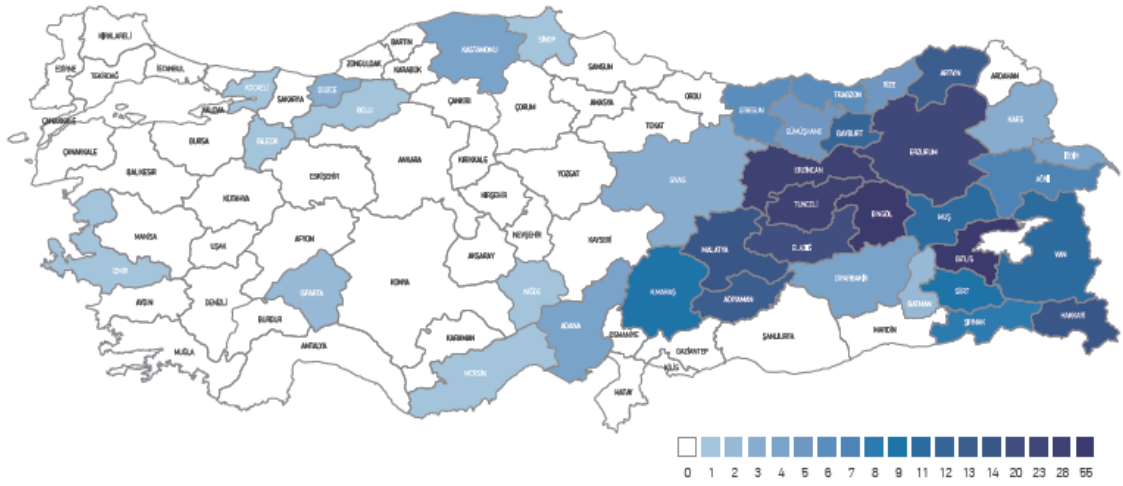


Şekil 2.1. 1936/37-2014/2015 yılları arası İsviçre çığ istatistikleri (www.slf.ch).

Türkiye’de 1951-2006 yılları arasında meydana gelen çığlardan dolayı yılda ortalama 24 kişi hayatını kaybetmektedir. Bu kayıpların %87’si evlerinde ölen insanlardan oluşurken ancak %0,9’u kış rekreasyon aktivitelerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte Türkiye’de kış rekreasyon aktivitelerinden kaynaklı çığ olayları ve ölümlerin gittikçe arttığı vurgulanmıştır [5]. Afet ile ilgili ilk kayıtların tutulmaya başlanmasından 2014 yılına kadar veri içeren 71 yılda 1446 kişi hayatını kaybederken 420 kişi ise yaralanmıştır [22]. Türkiye 1141 m ortalama yükseltisi ile [23] Dünyada yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Yine Türkiye’de yükseltinin 1500 m’nin üzerinde olup eğimin 27^0 ve üzerinde (genellikle çığlar eğimi 28^0 ve üzerinde olan yamaçlardan kopmaya başlar) olduğu alanlar ülke yüzölçümünün %5,1’ini oluşturmaktadır [5], [23] (Harita 2.1). Genellikle Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu bölgeleri ile ülkenin geri kalan kısımlarının yüksek ve eğimli bölgelerinde çığlar sıklıkla meydana gelmektedir (Harita 2.2).



Harita 2.1. Türkiye Yükselti basamakları haritası [23].



Harita 2.2. Türkiye’de çığ olaylarının gerçekleştiği iller (sayılar AFAD tarafından incelenen yerleşim birimleri sayısını göstermektedir) [22].

3. ÇIĞ HARİTALARI

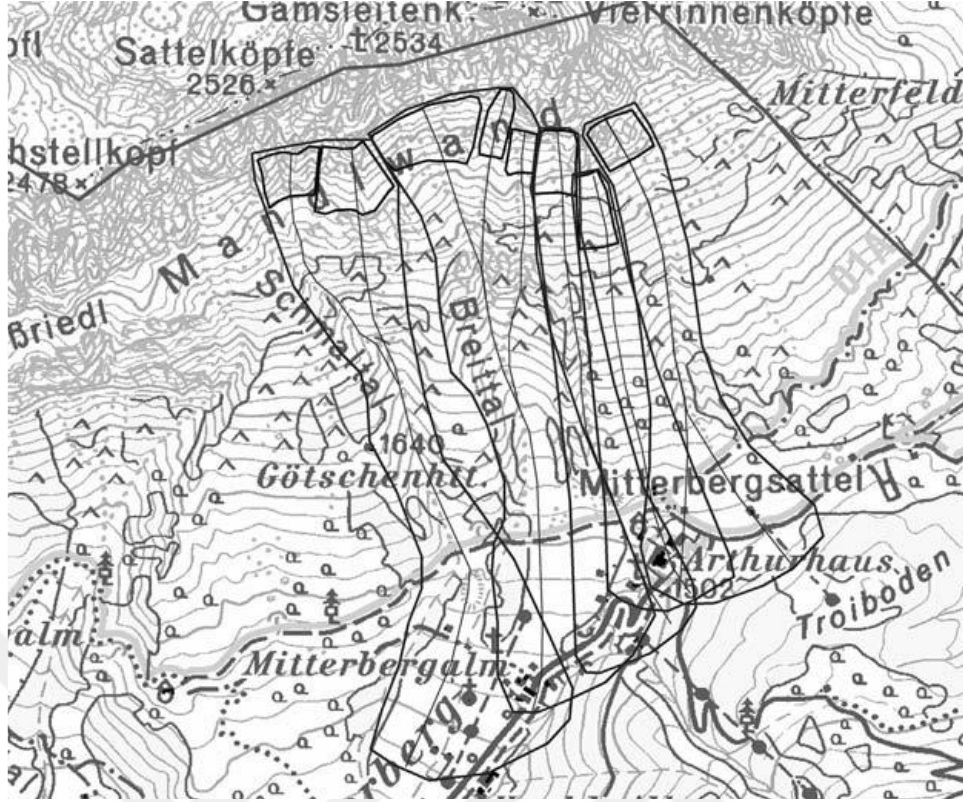
Çığ tehlikesini mekânsal açıdan ortaya koymak için çığ haritaları önemli bir başvuru kaynağıdır. Literatürde çığ haritalarından bahsedildiğinde esas itibarıyla bu haritaların hazırlanmasındaki amaç ve ölçek dikkate alınarak bir sınıflama yapıldığı görülmektedir. Çığ tehlike bölgeleme ve risk haritasının nihai hedefi sağlıklı bir çığ tehlike analizi ve değerlendirmesi yapabilmektir. Ancak bölgeleme ve risk haritası genellikle uzun süreli gözlem, çığ kayıtları, meteorolojik veri ve büyük ölçekli harita gerektirdiğinden çığ araştırmalarında öncü olan ülkelerde bu haritalardan önce ve halen çığ tehlike gösteri haritası (indication map) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çığ çalışmalarında genellikle aşağıdaki haritalar çığ bölgeleme çalışmaları ile risk değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar:

1. Çığ Tehlike Gösterim Haritaları (Indication Maps, Location Maps, Cadastre Maps)
2. Süreç Haritaları (Yoğunluk Haritaları)
3. Çığ Tehlike Bölgeleme Plan veya Haritaları
4. Risk haritaları

3.1 ÇIĞ TEHLİKE GÖSTERİM HARİTALARI

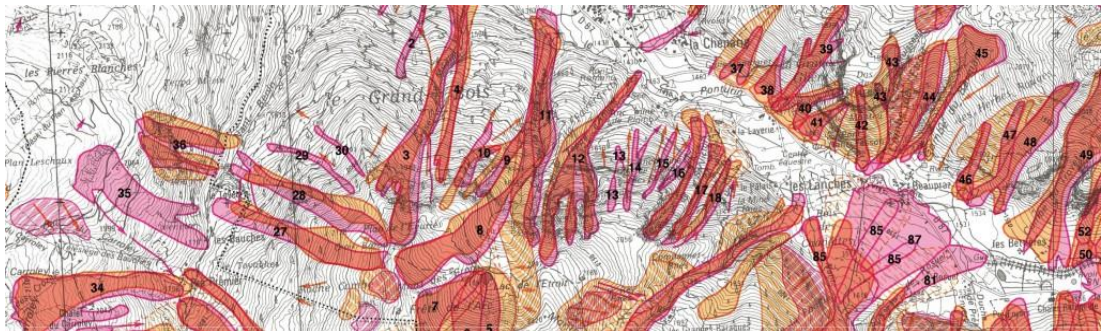
Bu haritalar çığların nerelerde meydana gelebileceğini göstermek için hazırlanan ve ana amacı tehlikeli olabilecek bölgelere dikkat çekmek olan haritalardır [9], [10]. Bu haritaların ana işlevi içerisinde tehlikenin boyutlarını belirlemek bulunmamaktadır. Bununla birlikte Çığ Tehlike Bölgeleme Plan veya Haritalarının bulunmaması durumunda çoğu zaman çığlar hakkında bilgi edinilebilecek yegâne kaynaqlardır (Harita 3.1).

İsviçre’de çığ tehlike gösterim haritaları genellikle büyük alanlar için hazırlanmakta ve düşük doğruluk seviyesine sahip olmaktadır (ölçek 1:10000-1:50000). Avusturya’da bu anlamda bir çığ tehlike haritası olmamakla beraber geniş alanlarda tehlikeli bölgeleri gösteren genel bakış (overview) haritaları bulunmaktadır. Bu haritalar da aynı şekilde tehlike bölgeleme çalışmalarında kullanılmakta ve küçük ölçektedirler (ölçek 1:10000-1:50000) [10], [24].



Harita 3.1. Avusturya’da tehlike bölgeleme (zonation) planlarının bir parçası olarak çığ tehlike gösterim haritası [10].

İtalya’da çığ tehlikesi bulunan bölgelerde çığ tehlike haritaları (CLPV: La carta localizzazione delle valanghe) 1:25000 ölçeğinde hazırlanmaktadır. Ayrıca meydana gelen çığlar 1:10 000 ölçeğinde kayıt edilmektedir [24]. Özellikle İtalya’nın Güney Tirol bölgesinde bu haritalar 1980’li yıllardan beri hazırlanmaktadır. Fransa’da ise hava fotoğraflarının yorumlanması ve arazi çalışmalarının kombine edilmesiyle çığ tehlike haritaları (CLPA: Carte des Localisation Probable des Avalanches) yıllık olarak meydana gelen çığların eklenmesiyle de güncellenmekte ve 1:25000 ölçekte hazırlanmaktadır [9] (Harita 3.2).



Harita 3.2. Çığ Tehlike Gösterim Haritası Örneği (Fransa).

Bununla birlikte Norveç'te 1979 yılından itibaren 1:50000 ölçekli, ABD ve Kanada'da 1:24000 ölçekli Japonya'da 1:25000 ölçekli çığ tehlike haritaları üretilmekte ve bölgeleme çalışmaları ile diğer altyapı planlama çalışmalarına altlık olarak kullanılmaktadır [10], [24].

3.2 SÜREÇ (YOĞUNLUK) HARİTALARI

Genellikle bir çığ yolunda meydana gelen çığın dinamik parametrelerini ortaya koymak ve çığın ulaşabileceği en uzak nokta ile yayılım alanını belirlemek için dinamik çığ yazılımları (AVAL-1D, ELBA, RAMMS gibi) veya istatistik modeller (Topoğrafik Model gibi) kullanılarak ortaya konan haritalardır. Süreç haritalarının oluşturulması hem o yörede meteorolojik koşulların çok iyi bilinmesini hem de daha önce meydana gelen çığların tekniğine uygun kayıt altına alınarak frekans ve parametre kalibrasyonu yapılması ile mümkündür. Süreç haritaları genellikle o çığ yolunda meydana 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 1:5000 – 1:10000 arasında değişmektedir. Raster formatta ise 2 m ve 5 m grid çözünürlüklü verilerin altlık olarak kullanılması önerilmektedir [25].

3.3 ÇIĞ TEHLİKE BÖLGELEME PLAN VEYA HARİTALARI

Çığların frekans ve yoğunluğa bağlı olarak mülkiyet haritaları üzerinde farklı seviyelerde tehlike altındaki bölgeleri gösteren haritalardır. Bu haritalar çığ için hazırlanabileceği gibi heyelan, sel/taşkın ve kaya düşmesi için de geliştirilip karşılaştırılabilir. Genellikle harita ölçekleri 1:2000 - 1:10000 arasında değişmektedir. Bu haritaların yasal dayanağı ilgili ülkelerin kanun veya yönetmeliklerinde düzenlenmiş olup arazi kullanımına altlık olarak hizmet vermektedirler. Çığ bölgeleme haritaları, örneğin; 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 kurallar belirlenmektedir. 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. Bazı ülkelerde bu haritaların üretildiği ölçekler şöyledir; Avusturya (1:2000-1:5000), İsviçre (1:5000), İtalya-Güney Tyroller (1:5000 - 1:10000), Fransa (1:10000), Norveç (1:2000 -1:5000), Kanada (1:5000).

3.4 RİSK HARİTALARI

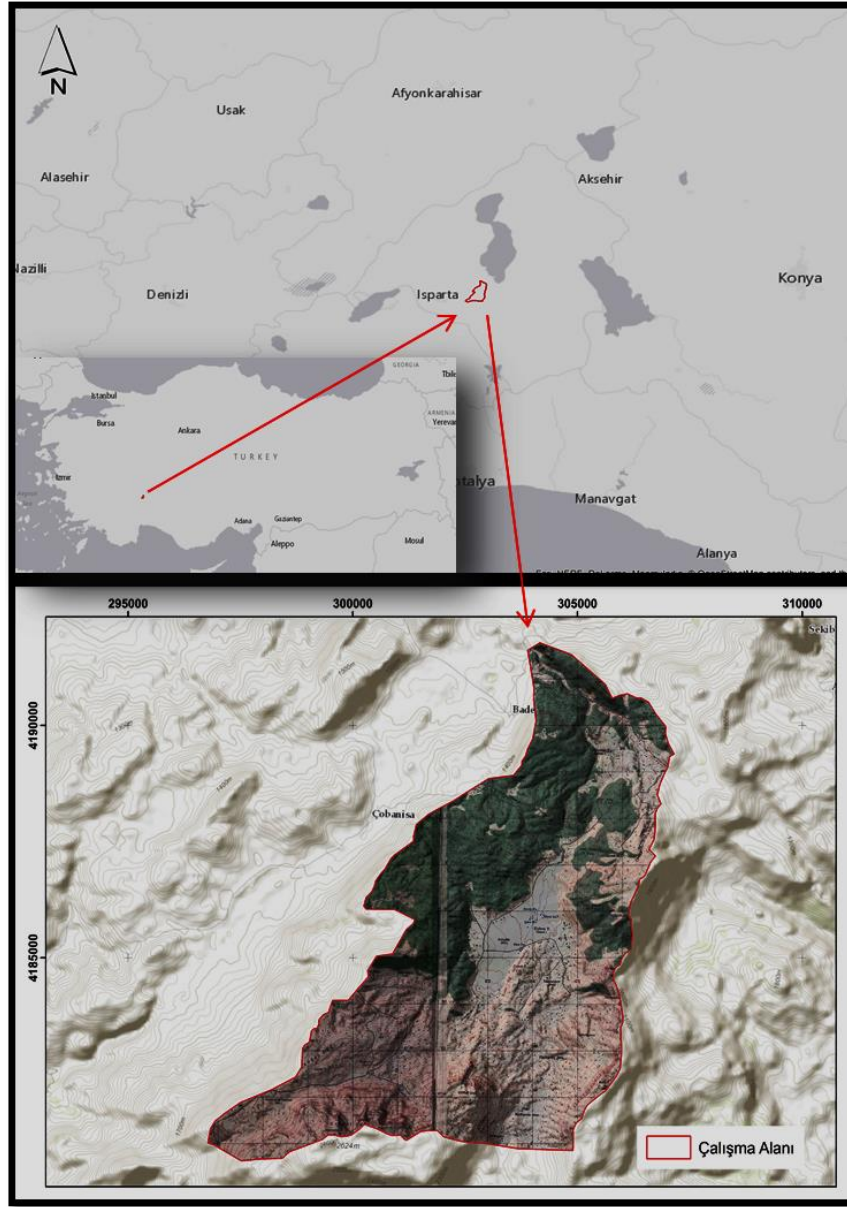
Çığ risk haritaları bilimsel ve bireysel çalışmalarda üretilerek kullanılmaya başlanmış olmakla birlikte henüz Avrupa ölçeğinde standart bir kullanım alanı kazanmamıştır. Çığ risk haritalarının aynı zamanda çığ meydana gelmesi halinde zarar verebileceği beşeri unsurlar ile bireysel risklerin tanımlanmasını da gerektirir. Özellikle yıllık bazda değişkenlik gösteren bireysel risklerin tanımlanması bu haritaların kullanılmasının önündeki en büyük soru işaretlerini oluşturmaktadır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 MATERYAL

4.1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı olan Davraz Kayak Merkezini içersine alan havza, Akdeniz Bölgesi'nde Isparta il sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanına ait konum haritası Harita 4.1'de gösterilmektedir. Çalışma alanı UTM European Zone 36 Koordinat Sisteminde, 296775D-4191776K ve 307148D-4180635K koordinatları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı 5462,9 ha büyüklüğündedir.



Harita 4.1. Çalışma alanı konum haritası.

4.1.2 Ulaşım ve Yerleşim Durumu

Çalışma alanı içerisinde herhangi bir yerleşim alanı bulunmamaktadır. Çalışma alanına en yakın yerleşim alanlarının en büyük olanı kuzeybatısında yer alan Isparta şehir merkezi iken Çobanisa köyü 8 km uzaklıktaki en yakın yerleşim alanıdır. Çobanisa köyü, Isparta şehir merkezinin yaklaşık 18 km doğusunda ve Davraz Dağı'nın da kuzeybatısında 1250-1300 m yükseltilerinde yer almaktadır. Davraz kayak merkezi ise Isparta'ya 26 km, Antalya'ya 154 km, Ankara'ya 452 km, İstanbul'a 643 km, İzmir'e 420 km'dir. Davraz kayak merkezi, karayolu ulaşımı gibi havayolu ulaşımı bakımından da oldukça elverişli bir konuma sahiptir. Süleyman Demirel Havaalanı turizm merkezine 55 km, Antalya Atatürk Hava Limanı'na ise 130 km uzaklıktadır. Davraz Dağı, demiryolu hattının Isparta'ya ve Eğirdir'e kadar uzanması nedeniyle demiryolu ulaşımı bakımından da oldukça elverişli bir konuma sahiptir. Nitekim turizm merkezinin Isparta Garı'na olan uzaklığı 30 km, Eğirdir Garı'na olan uzaklığı ise 29 km'dir [26].

4.1.3 Morfolojik ve Klimatolojik Özellikleri

Davraz Dağı, Akdeniz Bölgesi'nin Göller yöresinde, Eğirdir ve Kovada Gölleri arasında yükselen bir dağ kütesidir. Batı Toros Dağları, Teke Yarımadası'nda kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda birbirine paralel birkaç sıra halinde uzanmaktadır. Davraz Dağı bu sıra dağların orta bölümünde yer almaktadır [26]. Çalışma alanının yükseltisi 1170 m ile 2635 m arasında değişmektedir. Çalışma alanının ortalama yükseltisi ise 1821 m'dir. Çalışma alanı eğim açısından çığların meydana geldiği eğim değerlerine göre değerlendirildiğinde, alanın %14,8'i 28° ile 55° eğim alanlarında yer alırken, %85,2'si 28° eğimlerin altında, geriye kalanı ise 55° eğimlerin üstünde yer almaktadır. Alana ait eğim ve yükselti haritaları Harita 4.2'de gösterilmektedir.

Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu 37° 46' kuzey enlemleri ile 30° 33' doğu boylamlarında ve deniz seviyesinden 997,0 m yükseklikte bulunan Isparta Meteoroloji istasyonudur. Bu istasyon verilerinin uzun yıllar içinde gerçekleştirilen (1950-2014 yılları arasında) ölçümlerine göre Isparta için yıllık ortalama sıcaklık 12,2°C, yıllık yağış ortalaması 45,3 mm'dir. En yüksek sıcaklık Temmuz ayında 42,3°C iken, en düşük sıcaklık Şubat ayında -21,0°C'dir. Yine bu verilere göre en yüksek kar 38,0 cm olarak 19.01.1953 yılında kayıt edilmiştir. Bu verilerin detayı Çizelge 2'de verilmektedir. Denizden yüksekliğin artmasıyla yağış miktarının da arttığı bilinmektedir. Yağış ile denizden olan yüksekliğin arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için çeşitli formüller

geliştirilmiştir. Bunlardan Schreiber formülünün yurdumuzda oldukça iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. [27], bu formülde yağışın her 100 m yükselmeye karşılık 54 mm arttığını, sıcaklığın ise 0,5 °C azaldığını ifade etmektedir. Enterpolasyon işleminde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır [27]:

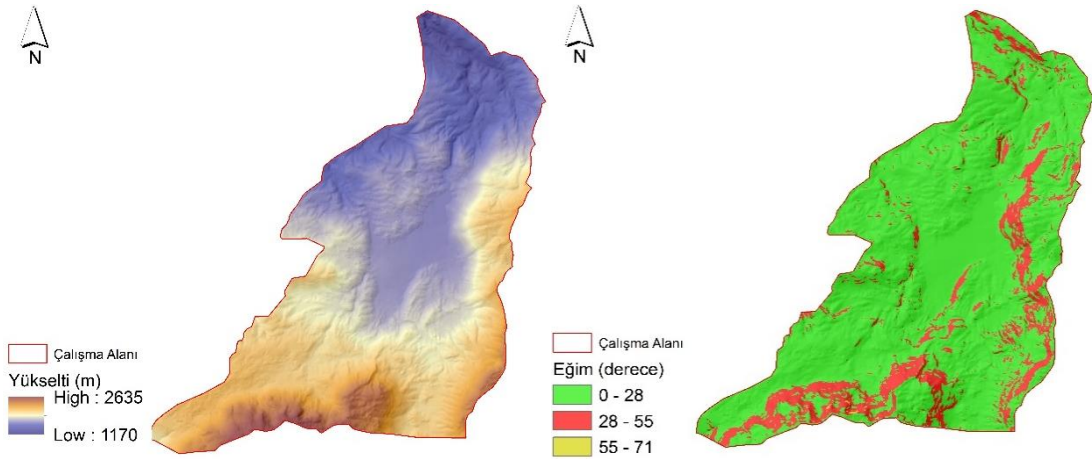
$$Y_h = Y_o \pm 54h \quad (4.1)$$

Formülde;

Y_h : Denizden ortalama yüksekliği bilinen ve üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmayan yörenin hesaplanacak olan yıllık yağış miktarı (mm).

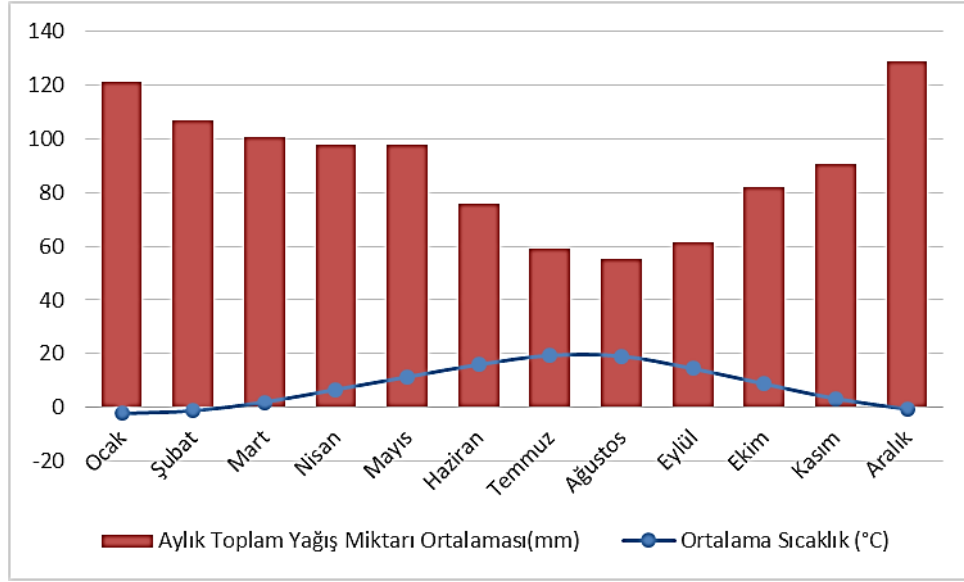
Y_o : Denizden yüksekliği belli olan istasyonunun ölçtüğü yıllık yağış miktarı (mm).

h : Meteoroloji istasyonunun denizden yüksekliği ile yağış miktarı bulunacak bölgenin ortalama yüksekliği arasındaki fark (hektometre olarak)'tır.



Harita 4.2. Yükselti haritası (solda) ve Eğim haritası (sağda).

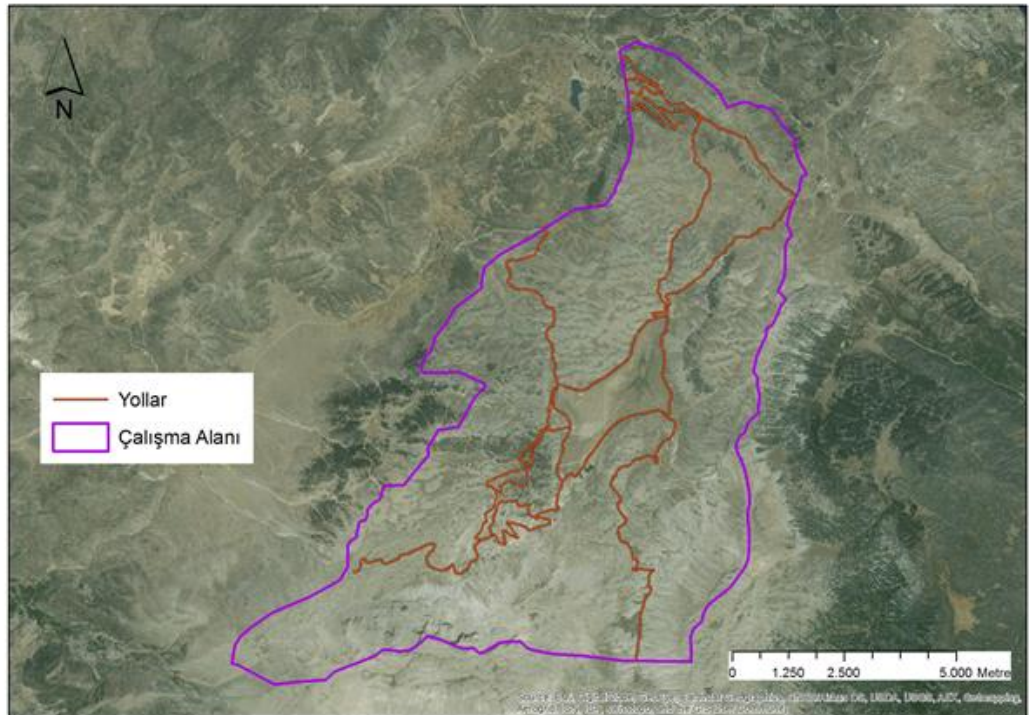
Yukarıda verilen formül aracılığıyla 1821 m ortalama yükseltiye göre enterpole edilen iklim verileri Çizelge 3'te verilmektedir. Buna göre çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 8,1°C olup, yıllık ortalama yağış 89,8 mm olduğu gözlenmektedir. Ayrıca enterpole edilen iklim verileri grafik olarak Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışma alanına ait enterpole edilmiş sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara dağılımları.

4.1.4 Yol Durumu

Çalışma alanı ulaşım yolları bakımından değerlendirildiğinde alan sınırları içerisinde kalan yolların toplam uzunluğu 51,1 km'dir. Çalışma alanında yer alan yollar Harita 4.3'te gösterilmektedir.



Harita 4.3. Çalışma alanı yol haritası.

Çizelge 4.1. 1950-2014 yıllarına ait DMİ iklim verileri.

Meteorolojik Elemanlar	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,9	2,9	6,1	10,8	15,5	20,1	23,5	23,2	18,6	12,9	7,4	3,5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,4	7,8	11,6	16,5	21,6	26,6	30,3	30,5	26,4	20,3	13,7	8,1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1,8	-1,3	1,0	4,9	8,6	12,4	15,4	15,1	10,8	6,6	2,4	-0,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,5	4,5	6,6	6,5	8,4	10,4	11,4	11,1	9,4	7,1	5,3	3,3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,4	11,1	11,1	10,8	10,7	6,7	3,0	2,2	3,6	6,6	7,9	12,2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m ²)	76,9	62,6	56,0	53,1	53,4	31,5	14,5	10,7	16,9	37,7	46,0	84,3
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17,6	19,0	26,8	28,4	32,0	36,2	42,3	41,2	35,6	31,2	25,4	20,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19,2	-21,0	-18,5	-7,7	-1,2	4,4	4,9	7,0	-0,8	-4,2	-11,5	-15,0

Çizelge 4.2. 1950-2014 yıllarına ait enterpole edilmiş iklim verileri.

Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,2	-1,2	1,9	6,7	11,4	15,9	19,4	19,1	14,5	8,8	3,3	-0,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m ²)	121,4	107,1	100,5	97,6	97,9	75,9	58,9	55,2	61,4	82,2	90,5	128,8

4.1.5 Davraz Kayak Merkezi

Saha 17.02.1995 tarihinde turizm merkezi olarak ilan edildikten sonra ilk olarak Bakanlar Kurulunca Davraz Dağı Kış Sporları Merkezi çalışmalarına, Isparta Valiliği İl Özel İdare Müdürlüğü'nce kayak evinin yapımı ile başlanmıştır. 1997 yılında yapımı tamamlan Kayak Evinin işletmesi daha sonra Gençlik ve Spor İl Müdürlüğüne devredilmiş olup 50 yataklı 20 oda kapasitesi ve ayrıca 150 kişilik restoranı ile Kayak Evinin işletmesi günümüzde halen bu müdürlük tarafından yapılmaktadır. 1998 yılında kayak merkezinde mekanik tesis olarak ilk önce 2 adet 300 m uzunluğunda "baby-lift" tesis edilmiş olup, çağdaş bir kayak merkezinin gereksinimlerini karşılayamadığından dolayı yeni bir mekanik tesisin yapılması ihtiyacı gündeme gelmiştir. Bu kapsamda devam eden yatırımlar ile günümüzde kayak merkezinde 23500 m uzunluğunda toplam 12 pist bulunmaktadır. Mekanik tesisler kayak merkezinde saatte 1000 kişiyi taşıyabilen 1211 m ve saatte 800 kişiyi taşıyabilen 936 m uzunluğunda 2 adet telesiyej, ayrıca saatte 800 kişiyi taşıyabilen 624 m uzunluğunda bir adet teleski (T-Bar) ile 300'er metrelik 2 adet babylift'ten oluşmaktadır. 1211 m uzunluğundaki birinci telesiyej, iki kişilik iskemleli olup, 1674 m'den başlayıp 1961 m'de sona ermektedir. Alandaki 936 m uzunluğundaki ikinci telesiyej de aynı şekilde iki kişilik iskemleli olup, 1961 m'den başlayıp, 2150 m'de sona ermektedir. Kayak merkezinin 3. mekanik tesisi olan 624 m'lik T-Bar ise 1961 m'den 2150 m'ye kayarak çıkılabilmeye imkân sağlamaktadır. Günümüzde bahsedilen bu mekanik tesisler Davraz Dağı-Karlıyayla Kış Sporları Turizm Merkezi İşletme ve Altyapı Hizmet Birliğince işletilmektedir. Kuzey disiplini, Alp disiplini, tur kayağı, kar kaykayı (snowboard), tele-mark yapılabilen merkezde, kayak mevsimi Aralık-Nisan ayları arası olup kar kalınlığı 50-200 cm arasında değişmektedir. Kayak merkezinde, 3 adet dağ kafeteryası, 4 yıldızlı ve 280 yatak kapasiteli, Süleyman Demirel Üniversitesi'nin 84 yatak kapasiteli, ayrıca 55 yatak kapasiteli bir oberj olmak üzere 3 adet otel tesisi bulunmaktadır. Kayak merkezine 8 km uzaklıkta ve Davraz'ın giriş kapısı olan Çobanisa Köyü'nde de, doğaya uygun 24 yatak kapasiteli, Davraz Dağ Evleri adıyla bilinen bir adet pansiyon yer almaktadır. Ayrıca Eğirdir ve Isparta'da bulunan otellerden de faydalanılmaktadır. Alanda yer alan tesislerin yerleşim planı Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



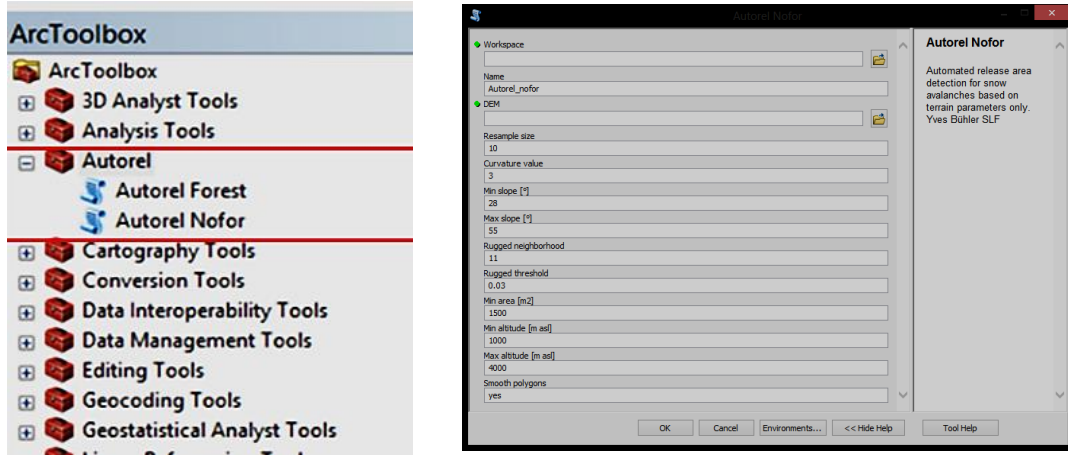
Şekil 4.2. Kayak merkezi yerleşim planı.

4.1.6 Kullanılan Harita ve Yazılımlar

Tez çalışmasında M25a3 ve M25b4 isimli 1/25 000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Bu haritalardan elde edilmiş sayısal eşyüksekti eğrilerinden tez çalışmasının pek çok işleminde ana girdi verisi olan Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretilmiştir. Çalışmada ayrıca alana ait konumsal pek çok veriye ulaşmaya imkân sağlayan ArcMap Basemap'lerden, Google Earth görüntülerinden faydalanılmıştır.

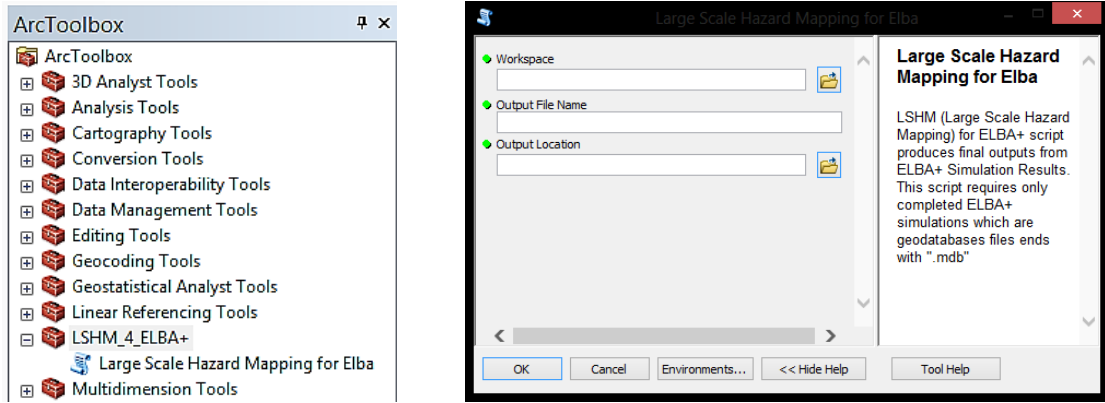
Tez çalışması sürecinde çeşitli yazılımlar kullanılmıştır. Bunlar: ArcGIS 10.1 CBS yazılımı, ELBA+ ve RAMMS iki boyutlu çığ simülasyon yazılımları ile Microsoft Office yazılımlarıdır. ArcGIS 10.1 yazılımı her türlü konumsal verinin sayısal ortamda oluşturulması, analiz edilmesi ve sonuçların sunumunda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

[28] 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 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. ArcMap Araç Kutusu (solda) ve Autorel Nofor ara yüz görüntüsü (sağda).

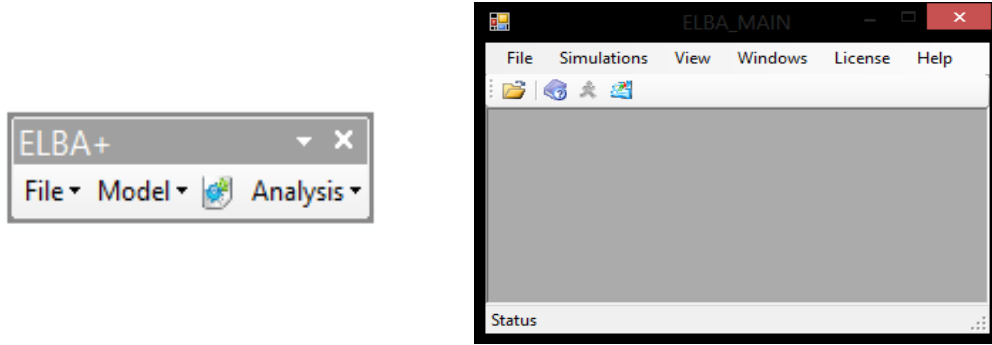
LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA+) isimli algoritma, ELBA+ iki çığ simülasyon yazılımı sonuçlarından otomatik olarak çığ tehlike gösterim haritası üretmektedir. Algoritma Düzce Üniversitesi Orman Fakültesinde araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. LSHM4ELBA+, Python programlama dili kullanılarak ArcGIS 10.1 yazılımında çalışan araç kutusu (toolbox) olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.4). LSHM4ELBA+ araç kutusu altında bulunan kodlar (scripts) çalıştırılarak uygulama gerçekleştirilmektedir. Algoritmanın kullanıcı ara yüzü görüntüsü Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4. LSHM4ELBA+ ArcMap araç kutusu (solda) ve kullanıcı ara yüzü (sağda).

Çalışmada tehlike gösterim haritasının üretilmesinde çığ akma sınırlarının elde edilmesi amacıyla iki boyutlu çığ simülasyonlarının yapılmasında ELBA+ yazılımı kullanılmıştır. ELBA+ (Energy Line Based Avalance) 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

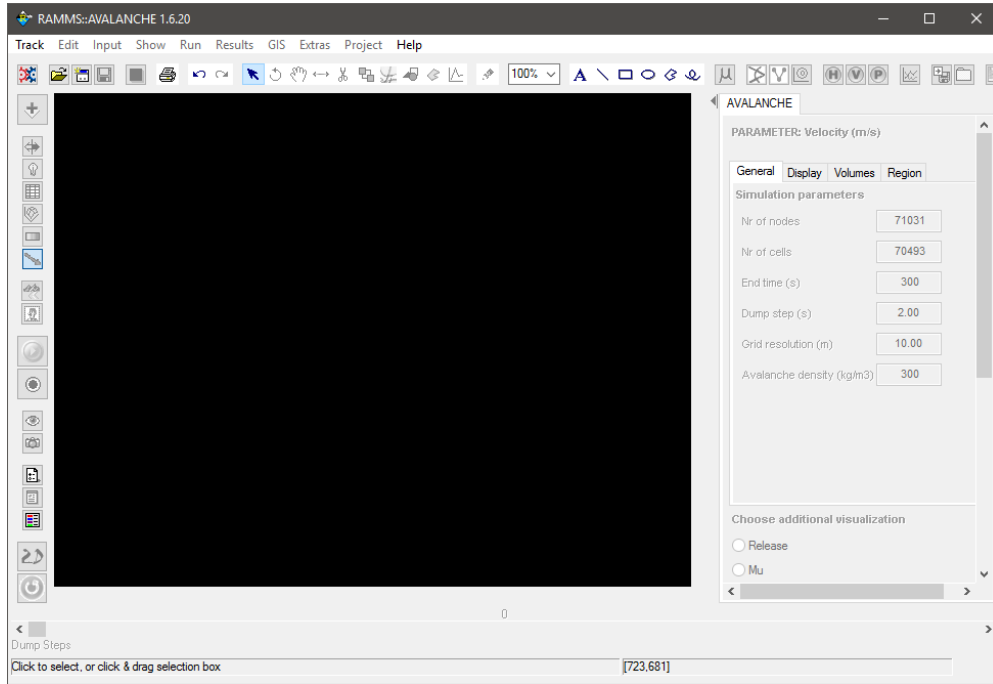
yazılımdır. Yazılımın iki ana modülü bulunmaktadır: I) ELBA+ ArcGIS eklentisi ve II) ELBA+ Simülasyon Modülü. Bu modüllerin görüntüleri Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. ELBA+ ArcGIS eklentisi (solda) ve ELBA+ Simülasyon Modülü görüntüsü (sağda).

Çalışmada 08.01.2012 (Pazar Günü) tarihinde meydana gelen ve teleferik hatlarına zarar veren çığın 2 boyutlu çığ simülasyon programı ile geri hesaplaması (back-calculation) RAMMS (RAPid Mass Movement Simulation) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada çığ yolu boyunca maksimum hızı, etki basıncı ve akış yüksekliği ile akma sınırları elde edilmiştir. RAMMS özel olarak bir çığ modellerin çözemediği problemlerin çözümünde jeoteknik mühendisler için geliştirilmiş bir araçtır. Yazılım hakkında detaylı bilgiye resmi web sayfasından (<http://ramms.slf.ch/ramms/>) ulaşılabilir. Bu web sayfasından elde edilen bilgiye göre yazılım İsviçre Orman, Kar ve Peyzaj Araştırma Federal Enstitüsü (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL) ve Kar ve Çığ Araştırma Enstitüsü (WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF) uzman takımı tarafından geliştirilmiştir. RAMMS: Avalanche modülünün geliştirilme çalışmaları bir boyutlu çığ simülasyon yazılımı AVAL-1D deneyimlerine bağlı olarak 2005 yılında başlamıştır. Modül günümüzde dünya genelinde Alpler, Himalayalar, Andes, Rocky dağları gibi pek çok alanda başarılı şekilde kullanılmaktadır. RAMMS yoğun akma kar çığları (dense flow snow avalanche), heyelan (yüzeysel akma) (hillslope landslide) ve moloz akması (debris flows) durma mesafesi, akış yüksekliği, akış hızı ve etki basıncı dinamiklerini nümerik olarak hesaplayan iki boyutlu simülasyon yazılımıdır. RAMMS yazılımı 3 modüle sahiptir: I) RAMMS:Avalanche, II) RAMMS: Debris Flow, and III) RAMMS: Rockfall. RAMMS: Avalanche modülü kar çığlarının kompleks arazide akışlarının simülasyonu amacıyla İsviçre'de geliştirilmiştir. Program özünde, derinlik-ortalama (deep averaged) çığ dinamik denklemlerinin ikinci derece nümerik çözümünü sağlamaktadır. Çığ akış yükseklikleri ve hızları üç boyutlu sayısal

arazi modellerinde hesaplanmaktadır. Program CBS çizimi vektör formatta bir veya çoklu başlama bölgesi (release area) için simülasyonu gerçekleştirebilmektedir. Kullanıcılara başlama bölgesi (ortalama eğim, toplam hacim gibi), akma davranışı (flow behaviour) hakkında maksimum akış hızı, yüksekliği gibi ve durma davranışı (stopping behaviour, mass flux) hakkında bütün bilgiyi sağlamaktadır. Yazılımın kullandığı model Voellmy modelinin iki parametresine dayanmaktadır. RAMMS Voellmy modelini kalibre etmek için Vallée de la Sionne, İsviçre test alanındaki gerçek ölçekli çığ verisi kullanılmıştır. Yazılım SAM, havasal görüntü (aerial imagery), topografik haritalar, simulasyon sonuçları ve ilave coğrafi referanslı (geo-referenced) veri setlerinin 3 boyutlu görselleştirilmesine imkân vermektedir. Kullanıcıya manuel olarak başlama bölgeleri ve orman verisi düzenleme ve çizimine imkân vermektedir. Bunlara ilave olarak simülasyon sonuçlarının animasyonlarının yapımına imkân vererek olayın daha iyi sunumunu sağlamaktadır. Sonuçların Google Earth, ArcGIS ve diğer araçlara uygun formatlara dönüştürmeye (exporting) izin vermektedir. Bu çalışmada RAMMS: Avalanche modülü kullanıldığı için diğer modüller hakkında herhangi bir bilgi verilmesine gerek duyulmamıştır. Bu modüller hakkında detaylı bilgiye yine ilgili web sayfasından erişilebilmektedir. Kullanılan RAMMS: Avalanche modülü Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



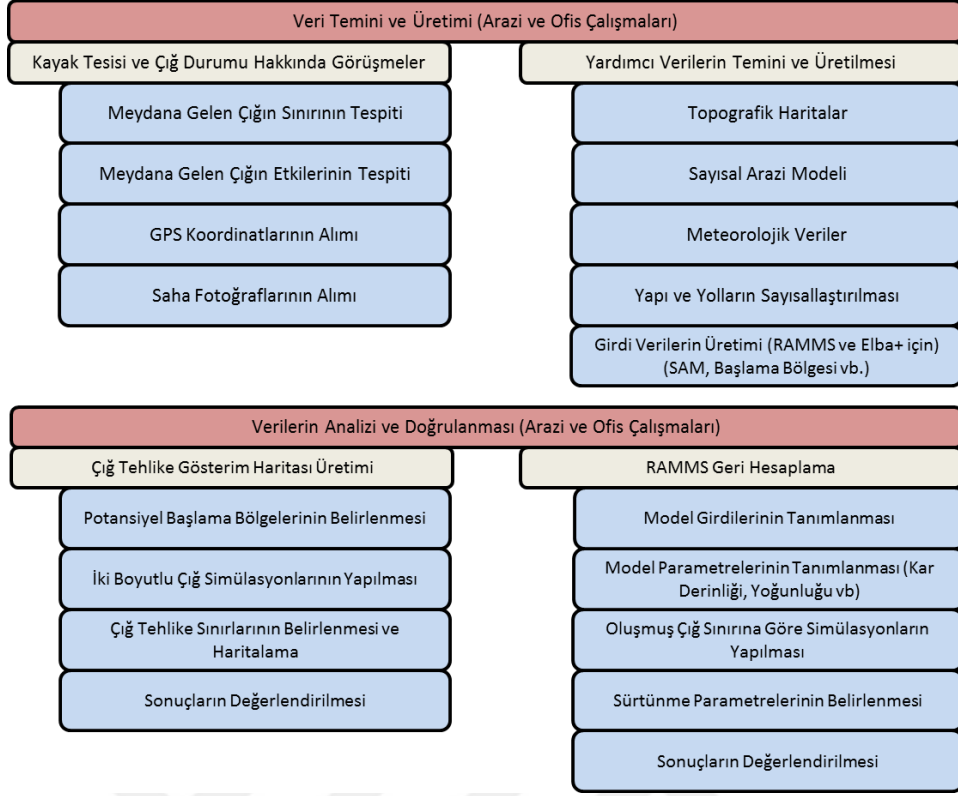
Şekil 4.6. RAMMS: Avalance ara yüz görüntüsü.

4.2 YÖNTEM

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Buna göre yapılan çalışmalar temelde arazi ve ofis çalışmaları ile gerçekleştirilen iki ana aşamadan oluşmaktadır: 1) Veri temini ve üretimi ve 2) Verilerin analizi ve doğrulanması. Arazi çalışmaları kapsamında Davraz Kayak Tesisi alanında gözlem ve ölçümler yapılarak sahaya ilişkin pek çok konumsal ve konumsal olmayan veri (GPS koordinatları, iklim verileri, sahaya ait fotoğraflar vb.) elde edilmiş ve kayak tesisi yetkilileri ile görüşmeler yapılarak 08.01.2012 tarihinde meydana gelen çığ hakkında bilgiler toplanmıştır. Ofis çalışmaları ile de sahadan toplanan veriler düzenlenmiş, gerekli girdi veriler üretilerek çığ tehlike gösterim haritasının üretimi ve RAMMS ile geri hesaplama gerçekleştirilmiştir.

4.2.1 Tehlike Gösterim Haritalarında Kullanılan Topoğrafik Parametreler

Meydana gelen çığ olayları ile topoğrafik özellikleri arasında olan karmaşık ilişkileri dikkate alınması tehlike analizlerinde kaçınılmaz olmaktadır. Ancak bir yamacın çığ açısından tehlikeli olarak nitelendirilebilmesi aslında hiç de kolay bir iş değildir. Çünkü topoğrafik parametrelerin yanı sıra klimatolojik/meteorolojik özellikler ve kar örtüsü özellikleri ile tetikleyici faktörlerin kombine etkisi rol oynamaktadır. Ancak çığ tehlikesi zaman ve konuma bağlı olarak CBS tabanlı olarak ve/veya uzaktan algılama verisinden yararlanarak topoğrafik parametreler ile değerlendirilebilmektedir. Özellikle çeşitli kaynaklardan üretilabilen SAM verisinden yararlanarak çığ tehlikesi ile ilişkili olan parametreler kolayca elde edilebilmesi ve bu ilişkilerin istatistiksel veya heuristik yöntemler ile ortaya konulması bu kapsamda oldukça yapıcı etkide bulunmaktadır. Çığ tehlike gösterim haritasının üretilmesinde birinci adım potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi olduğundan, çığ tehlike gösterim haritasının üretilmesinde öncelikle bir alanın potansiyel başlama bölgesi olmasında etkili olan çeşitli topoğrafik parametreler dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda zamana bağlı olarak değişmeyen ve oldukça önemli olan topoğrafik parametrelerden yararlanılarak çığ tehlike analizi ve potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesine çalışılmaktadır. Bu topoğrafik parametreler eğim, yükselti, arazi pürüzlülüğü, eğrisellik, bakı ve bitki örtüsü olmaktadır [28].



Şekil 4.7. Tez çalışması iş akış diyagramı.

Eğim parametresi, stres üzerinde oynadığı rolden dolayı önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Çünkü diğer kütle hareketlerinde olduğu gibi çığlar da derin kar birikintisi olan eğimli yamaçlarda kayma direncinin gerilme direncini aşması ile yerçekimi etkisi altında meydana gelmektedir [29]. Çığların oluşumunda birincil topoğrafik faktör olan eğim, çığın başlaması ve hızlanmasında oldukça önemli rol oynamaktadır [3], [29]-[32]. Ayrıca eğim parametresi CBS tabanlı olarak SAM verisinden yararlanılarak (yani SAM verisinin birinci türevi olarak) kolayca elde edilebilmektedir. Genel kabul olarak eğimin 25° - 55° arasında olduğu alanlar çığ oluşumuna uygun olarak kabul edilmektedir. Çünkü eğim açısı 25° 'den daha az olan yamaçlardaki kar kütlelerinin 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 birikememesi yüzünden tabaka çığlarının meydana gelmesi önlenmektedir [30], [31]. [31] yaptıkları çalışmada yine yukarıda belirtilen gerekçelerden dolayı potansiyel çığ başlama alanlarını 30° - 60° eğim aralıklarında seçmişlerdir. [3]'e göre tekerrür aralığı uzun, yıkıcı etkiye sahip çığlar 30° - 40° gibi daha dar eğim aralıklarında oluşmaktadır. Yine [33] de tabaka çığlarının çoğunlukla eğimi 30° ile 45° arasında olan

yamaçlarda başladığını vurgulamaktadır. Literatürde bu konuda farklı ifadeler yer almaktadır. Bunların pek çoğu bu eğim değerleri arasında değerler sağlamaktadır. Örneğin, [34] 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 oluşumunun çok yüksek ancak kar yağışı boyunca kütlelerin hareketinden dolayı boyutlarının küçük olarak sınıflandırmışlardır. [35]'te eğimin 60° 'yi aşması durumunda büyük çığların oluşumuna neden olan derin kar kütlelerinin bu tür yamaçlarda birikmediğini belirtilerek Roger Pass (Kanada) karayolundaki çığ yollarında yapılan analiz sonucu çığların en fazla 40° civarındaki eğim değerine sahip yamaçlarda meydana geldiğini ifade edilmektedir. Bir diğer örnekte, eğim açısı 45° 'den daha fazla olan yamaçlarda büyük çığlara neden olacak kar kütlelerinin birikmediği veya birikiminin sınırlı olduğu [36] ancak böyle yamaçlarda ciddi stabilite bozukluklarına neden olabilecek kısa aralıklarla küçük çığların oluşabildiği de belirtilmektedir [33].

Çığ çalışmalarında kullanılan diğer önemli topoğrafik parametre yükselti parametresidir. Yükselti parametresi SAM verisinden elde edilebilmektedir. Deniz seviyesinden olan yükseklik artışına bağlı olarak yağış, sıcaklık ve rüzgâr gibi klimatolojik etkenler önemli ölçüde değişiklik göstererek çığ oluşumuna uygun koşullar ortaya çıkaracaktır [30]. Çünkü daha yüksek zonlarda daha fazla kar yağışı meydana gelmekte, hava sıcaklıklarında daha fazla soğuma olmaktadır. Ayrıca yükseltide meydana gelen artışa bağlı olarak vejetasyonda seyrelme meydana gelerek çığ kopmasına engel olan bir yapının ortadan kalkmasına sebep olmaktadır. Yine rüzgârların şiddeti daha fazla olmakta ve yamaçlar güneş radyasyonuna daha fazla maruz kalmaktadır [37]. Temelde yükseltide meydana gelen artışa bağlı olarak ortaya çıkan bahsedilen değişimlerin kombine etkisi çığ tehlikesinde artışa sebebiyet vermektedir. Bahsedilen öneminden dolayı [38] yaptıkları çalışmada, çeşitli topoğrafik parametreleri kullanarak yaptıkları istatistiksel analizde yükselti parametresini de çığa duyarlı yamaçları belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Yaptıkları araştırma sonucunda 1200 ile 2200 m yükselti aralığında olan çalışma alanlarındaki 571 adet çığın 339 tanesinin (yaklaşık olarak %59,37'sine karşılık gelmektedir) 1700-1950 yükselti basamaklarında meydana geldiğini ifade etmektedirler.

Yine SAM verisinden üretilebilen bakı parametresi her ne kadar çığ oluşumunda doğrudan bir etkiye sahip olmasa da kar örtüsünün sıcaklığı ve stabilitesi üzerinde etkili olan güneş radyasyonuna maruz kalma süresi ve şiddeti üzerinde etkili olduğundan

önemli bir parametre olmaktadır [30], [34], [37]. Kuzeyden saat yönünde 0° - 360° arasında değişen derecelerde ölçülen ve yamaç yönü olarak tanımlanan bakı parametresi, bir takım morfolojik, hidrolojik ve ekolojik süreç içinde önemli olmaktadır [39]. Kuzey yarım kürede gölgeli bakılar genellikle daha şiddetli sıcaklık değişimleri ile karakterize edildiklerinden dolayı diğer bakılara nazaran kar örtüsü daha soğuk olacaktır. Bu yüzden bu bakılar kış mevsiminde daha stabil olmaktadır. Ancak kar kütlesi içerisinde zayıf tabakalar meydana gelebilmesinden dolayı duyarlılıkları da söz konusudur. Güneşli bakılarda gölgeli bakılara nazaran kar örtüsünün sıcaklığı daha fazla olacağından daha stabil yapı gözlenmektedir. Ancak bu bakılar kış sonuna doğru ve ilkbaharda ise daha duyarlı olmaktadır [30], [36]. Buradan hareketle, çığ tiplerine bağlı olarak değerlendirilirse gölgeli bakılar tabaka çığları oluşumu açısından tehlikeli iken, güneşli bakılar ıslak kar çığları bakımından tehlikeli olduğu ortaya konulabilir [40]. Ancak topoğrafik parametreler bakımından meydana gelen çığ olaylarının incelendiği çalışmalar dikkate alındığında bakının etkisi farklılık gösterebildiği görülmektedir. Yani bir alan için kuzeyli bakılar daha duyarlı olabilirken başka bir bölgede güneyli bakılar daha duyarlı olabilmektedir. Örneğin, [34]'te İsviçre ve Avusturya istatistiklerine göre kuzey bakılı bölümlerde (KB-K-KD bakılarda) çığların %50'sinin meydana geldiğini vurgulamaktadır. [38] ise çığa en hassas yamaçların güney bakılı olduklarını ve daha sonra sırasıyla batı ve güney doğu bakıların daha duyarlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmalarına konu olan tüm çığların %60,47'si bu bakılarda meydana gelmiştir. [39]'da araştırma sahalarında çığ riski yüksek olan alanları güney, güneybatı ve güneydoğu bakılar olarak ifade etmektedirler. Burada verilen açıklamalardan anlaşılabileceği üzere bakı faktörünün çığların oluşumu üzerindeki etkisi her yerde aynı olmamaktadır.

Kar örtüsünün zemine tutunmasında ve dolayısıyla daha stabil olarak kalmasında etkili olan bir diğer topoğrafik parametre zemin yüzeyinin pürüzlülüğüdür [36]. Yüzey pürüzlülüğü kar ve zemin arasındaki tutunmayı kuvvetli şekilde etkilemektedir [3]. Pürüzlülük kar tabakalarının kesiksiz yapısını bozarak çığ oluşuma engel olmaktadır [41]. Özellikle kaya parçaları (yaklaşık 2 m ila 3 m büyüklüğünde), kesilmiş ağaç gövdeleri, kütükler, kısa sert çalılar ve yamaç boyunca yer alan basamak yapılar çığ oluşumunu önlemesi bakımından etkili pürüzlülük sağlayan yapılardır [30]. Örneğin sert, düzgün yüzeylerin tabaka çığları için ideal yatak yüzeyleri oldukları ifade edilmektedir [33]. Elbette yüzey pürüzlülüğünün etkisini sınırlayan faktörler de söz konusudur. Çünkü pürüzlü yüzeyler, kar kütlesini, karın derinliği yüzeyi nispeten düzgün hale getirinceye

kadar sabitleyebilmekte ve büyük kaya parçalarının kar örtüsünü tutucu etkisi, üzerleri kar ile kaplandıktan sonra ortadan kalkabilmektedir [30]. Diğer bir deyişle yüzey pürüzlülüğü sağlayan unsurlar kar ile kaplandıktan sonra çığlar başlayabileceklerdir [3].

Bir diğer önemli olarak nitelendirilen topoğrafik parametre eğrisellik parametresidir. Yine SAM verisinden elde edilebilmektedir. SAM verisinin ikinci türevi olarak yani birinci türev olan eğimin türevidir. Eğrisellik genellikle plan ve profil olarak kategorize edilmektedir. Plan eğriselliği bakının eş yükselti eğrisi doğrultusunda değişim oranını [42], [43] veya bir eş yükselti eğrisine teğet olan eğriselliği ifade eder [44]. Profil eğrisellik ise akış yönüne doğru eğim değişim oranını ifade eder. Eğriselliğin birimi radyan/m'dir. Eğrisellik değerleri genellikle küçüktür (hemen her zaman 1'den küçüktür). Genelde negatif değerleri içbükey arazi şekillerini, pozitif değerler ise dışbükey arazi şekillerini simgeler [44]. Yamacın eğriselliği stresin kar örtüsü içerisindeki dağılımı ve biriken karın derinliği üzerinde etkili olduğundan dolayı özellikle başlama alanlarının sınırlandırılmasında belirleyici bir faktör olarak önemli olmaktadır [32], [35]. İçbükey arazilerde çığların oluşum sıklığı daha fazla olmaktadır [45].

Arazi kullanımı şekli, yani aslında özellikle yamaç üzerinde orman örtüsünün var olup olmaması çığ tehlikesi açısından oldukça önemli bir parametredir. Çünkü çığın meydana gelebilmesi için uygun eğimli yamaç üzerinde var olan orman yapısı, kar örtüsünün karakteristiğini etkileyerek büyük çığların oluşumunu engellemektedir [30], [41], [46]. Büyük tabaka çığları veya ıslak çığların gelişimine müsait olan yükselti ve bölgelerde, eğimi 30°'den daha yüksek olan yamaçlarda ormanlar çığlara karşı koruyucu bir fonksiyona sahip olmaktadır [47]. [38] çalışmalarında oluşturdukları model ile daha önce meydana gelen çığların başlama bölgeleri arasında tutarsızlıklar meydana geldiğini ve bunun nedeninin son 20 yılda bu alanlarda doğal şekilde orman yetişmeye başlamasının neden olduğunu ve çığ meydana gelme olasılığının minimuma indiğini ifade etmektedirler. Elbette ormanın fiziksel yapısı bu fonksiyonu üzerinde etkili olmaktadır. Çünkü açık, büyük boşluklu ormanlar kar kütlesini sabitleyemeyecekler ve çığ oluşumunu önleyemeyeceklerdir [3]. İbrelili türler açısından ormanın koruyucu fonksiyonunu yerine getirebilmesinde eğimin fazla olmadığı alanlarda hektarda 500 adet, dik yamaçlarda ise hektarda 1000 ağaç olan yapıda olmasının ideal olduğu ifade edilmektedir [30]. Ormanların diğer pozitif etkileri; a) karın rüzgâr ile taşınmasını önleme b) ağaç tepelerinin yağın karı tutarak yalnızca %50-90'ının zemine ulaşmasına izin

vermesi ve c) aynı zamanda ağaç tepelerinin gelen/giden radyasyonu da kontrol etmeleri olmaktadır [30]. Yağan kar ağaçların arasında yavaş yavaş öbekler halinde birikmekte ve düzensiz bir kar örtüsü oluşturmaktadırlar. Ayrıca ağaç gövdeleri kar örtüsünün zemine sabitlenmesini destekleyerek çığların meydana gelmesini önleyebilmektedir. Ancak ormanlık alanlarda hiç çığ meydana gelmiyor denilememektedir. Çığlar ormanlık alanlarda eğim değişimi en az 10° olan alanlarda meydana gelmektedir [47]. Ormanlık alanlarda meydana gelen çığ tipleri genellikle kuru tabaka çığları olmaktadır. Geniş yapraklı veya karışık ormanlarda ise çoğunlukla 1200 m yükseltinin altındaki güneşli bakılarda ıslak çığlar veya nemli gevşek çığlar oluşabilmektedir [47]. Yükselti ile birlikte dikkate alındığında, ağaç zonunun üzerindeki ormanların çoğunlukla seyrek olduğu ve sırtlar boyunca yoğunlaştıkları için bu ormanların çığlara karşı koruyucu fonksiyonlarının azaldığı ifade edilmektedir. Çünkü bu zondaki derelerde ormanlar, hem meydana gelen çığlar hem de kar örtüsünün uzun süre kalkmamasından dolayı yetiştirme imkânı bulamamaktadır [47].

4.2.2 Çığ Tehlike Gösterim Haritası Üretimi

CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretimi işlemi 3 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) iki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi ve 3) çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi. Potansiyel çığ başlama bölgeleri topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak otomatik şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla [28] tarafından geliştirilen “Autorel” isimli algoritma kullanılmıştır. Algoritma ArcGIS 10.1 yazılımı altında ArcMap araç-kutusu olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.3). Algoritma potansiyel başlama bölgelerini ormanlık alanı dikkate alarak veya almadan belirlemektedir. Bu çalışmada havza içerisinde çığ başlamasına engel olabilecek özellikte orman alanı olmadığından ormanlık alanı dikkate almayan algoritma kullanılmıştır. Algoritma gerekli topoğrafik parametreleri temel girdisi olan SAM verisinden türetmektedir. Çalışmada girdi olarak kullanılan SAM verisi 1/25000 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° ile 55° arasında, pürüzlülük eşiği (rugged threshold) 0,03, pürüzlülük komşuluk (rugged neighborhood) değeri 11 olarak seçilmiştir. Yükseklik değerleri 1000 m ile 4000 m arasında seçilmiş ve potansiyel çığ başlama

bölgelerinin alanı minimum 1500 m² olarak tanımlanmıştır. Algoritma ile üretilen başlama bölgelerinin ham olarak kullanılmaması 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.

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 derinliği (m), başlama bölgesinde kar yoğunluğu (kg/m³), katkı ve direnç bölgeleri (opsiyonel), sürtünme parametreleri (yer sürtünme, Coulomb, μ ve iç sürtünme, Türbülans, ξ) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM)'dir. Burada yine 1/25000 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.

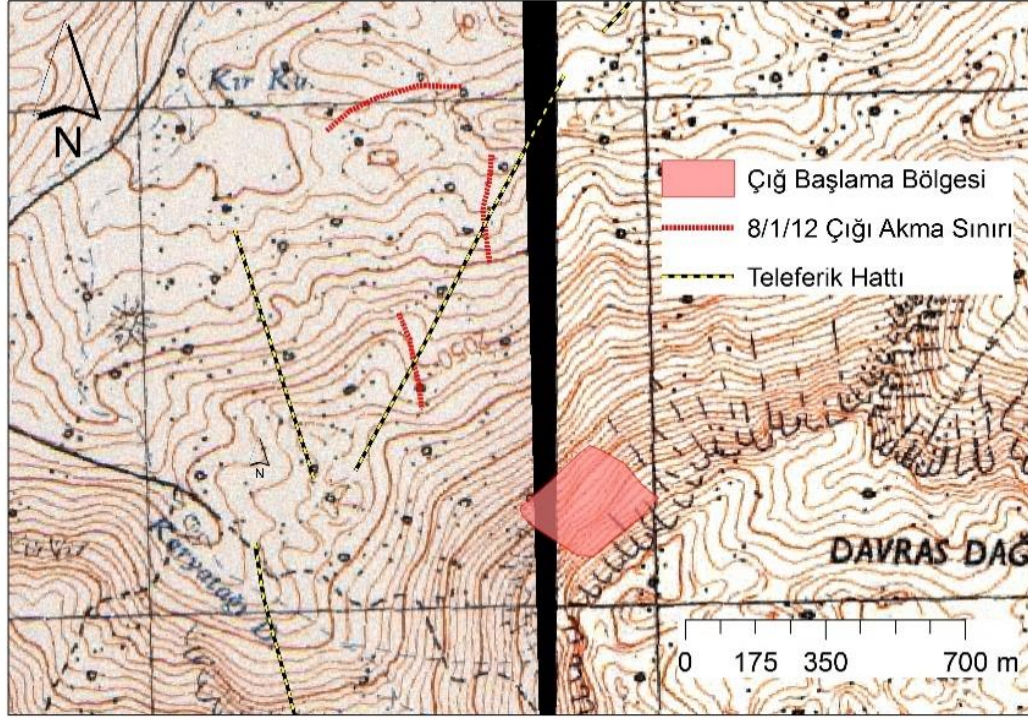
Çığ akış sınırlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan iki boyutlu çığ dinamik simülasyon yazılımı ELBA+'ın çıktıları, yazılım ile gerçekleştirilecek simülasyon için gerekli tablo ve vektör (feature) verilerin saklandığı ArcGIS veri seti (dataset) içerisinde tablo olarak saklanmaktadır. Çığ tehlike gösterim haritasının üretilmesi için, ELBA+ yazılım tarafından üretilen bu çıktıların görselleştirilmesi gerekmektedir. Yazılımın kendi bünyesinde bulunan sonuçların görselleştirilmesi işlemi her bir simülasyon için ayrı ayrı yapılabilmektedir. 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.

4.2.3 08.01.2012 (Pazar Günü) Tarihinde Meydana Gelen Çığın Geri Hesaplaması

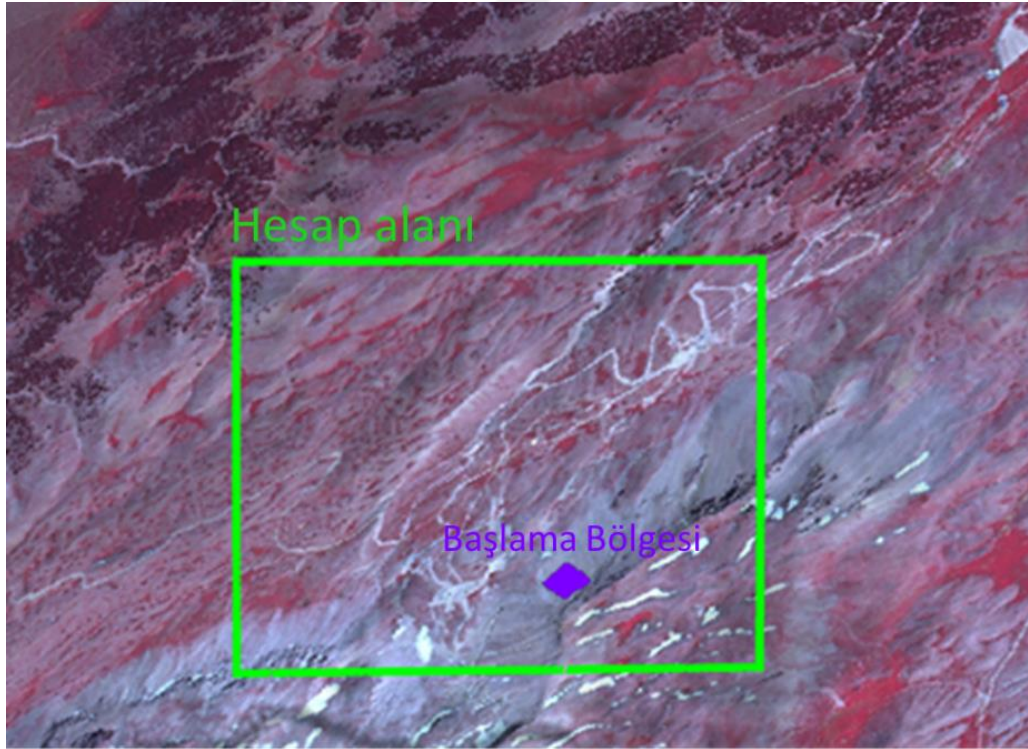
Bu çalışmada “RAMMS: AVALANCHE 1.6.20” yazılımı kullanılarak geri-hesaplaması yapılacak olan çığ olayı 08.01.2012 tarihinde saat 10:30 da Davraz Kayak Merkezinde meydana gelmiştir. Meydana gelen çığ olayı, Davraz Kayak Merkezinde yer alan 9 nolu teleferik ayağına çarparak teleferik koltuklarına hasar vermiştir. Çığdan etkilenen teleferik ve koltukları Şekil 4.8’de verilmektedir. Olay esnasında çığın meydana geldiği alanda kayak yapan ve teleferiğin çığa denk gelen koltuklarında kimsenin olmaması nedeniyle herhangi bir yaralanma veya ölüm olmamıştır. Meydana gelen çığın başlama bölgesi ve akan malzemenin oluşturduğu akma sınırları Harita 4.4’de verilmektedir. Arazi çalışmaları ve kayak merkezi görevlileri ile yapılan görüşmelerden elde edilen çığın akma sınırları ve durma mesafesi ve teleferiklerde sebep olduğu hasarların incelenmesine dayanarak geri hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Arazide yapılan incelemeler neticesinde çığın meydana geldiği başlama bölgesi RAMMS yazılımı içerisinde poligonu çizilerek sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.9). Ayrıca simülasyon için hesaplamaların gerçekleştirileceği hesaplama alanı (calculation domain) belirlenmiştir (Şekil 4.9). Başlama bölgesi 33800 m² büyüklüğünde olup ortalama eğimi 39,3° ve ortalama yükseltisi 2327,0 m’dir. RAMMS yazılımı Voellmy modelini temel aldığı için başlama bölgesindeki kar kırılma derinliklerinin tanımlanması gerekmektedir.



Şekil 4.8. 08.01.12 tarihli çığ olayından zarar gören teleferik.

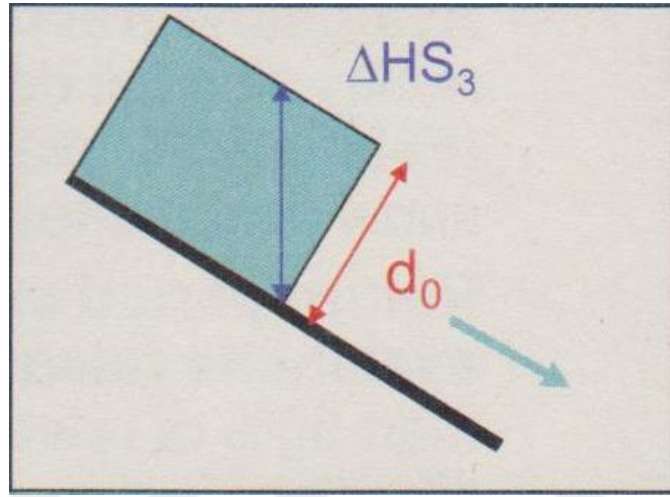


Harita 4.4. 08.01.12 tarihli çığ akma sınırları ve başlama bölgesi.



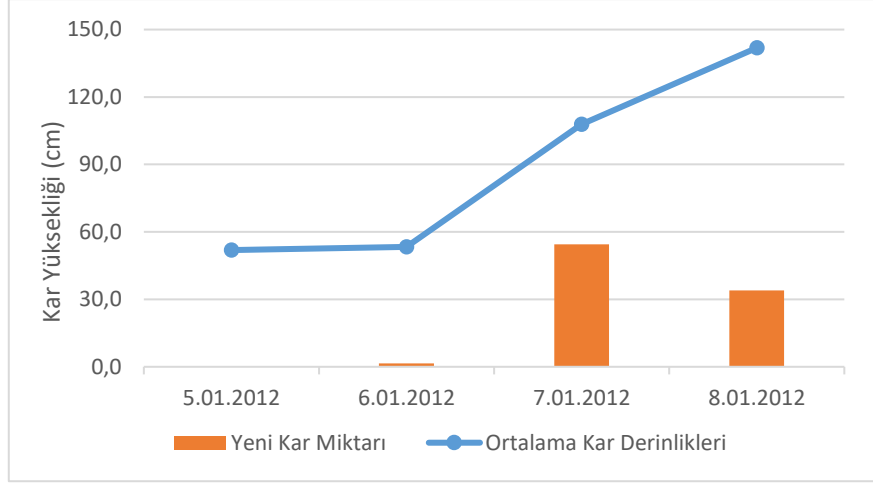
Şekil 4.9. RAMMS içerisinde sayısallaştırılan hesap alanı ve başlama bölgesi

Bu çalışmada iki ayrı senaryo için simülasyon gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda 100 yıl tekerrür aralıklı bir olayı için kırılma derinliği 1,5 m olarak simülasyon gerçekleştirilirken, ikinci senaryoda 08.01.2012 tarihli çığın geri hesaplaması için çığ anındaki kırılma derinliği kullanılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Çığ anındaki kırılma derinliği 1954 m yükseltide konumlanan istasyona ait 10 dakika aralıklarla ölçülmüş veri kullanılarak hesaplanmıştır. Çünkü kar kırılma derinliği (d_0) bütün çığ hesaplamaları için önemli bir parametredir. Kar kırılma derinliği şematik olarak Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Şekilde ΔHS_3 kar örtüsü yüksekliğidir.



Şekil 4.10. Kar kırılma derinliği şematik gösterimi [25].

Öncelikle elde edilmiş olan meteorolojik verilerden yanlış ölçülen veya ölçüm gerçekleştirilememiş değerler silinmiştir. Burada [48] tarafından kullanılan metot kullanılmıştır. Kullanılan bu SLF yöntemine göre kırılma derinliğinin belirlenmesinde etkili faktörler; yeni kar, karın toplanması (snow drift) ve yamaç eğimidir [25]. Bu yöntemde son 3 gün içerisinde yağan yeni kara bağlı olarak oluşan kar derinliği çığın başlamasında dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda yeni yağan kar miktarının elde edilebilmesi için 05.01.2012 tarihinden 08.01.2012 tarihli çığ olayı anına kadar her bir gün için ortalama kar derinlikleri elde edilmiş ve çığ gününe ait ortalama derinlik değerinden farkı alınmıştır. Son 3 günlük kar derinlik ve yeni kar miktarları Şekil 4.11'de verilmektedir. Bu işlem ile istasyonun bulunduğu konum için son 3 günde yağan kar miktarı 89.95 cm olarak elde edilmiştir. Meteorolojik verilerden elde edilen kar derinlik bilgileri ayrıca Çizelge 4'te verilmektedir.



Şekil 4.11. Meteoroloji istasyonu için son 3 günlük kar derinlikleri ve yeni kar miktarları.

Çizelge 4.3. Meteoroloji istasyonu verilerinden elde edilen son 72 saate ait kar derinlikleri.

Tarih	Ortalama Kar Derinliği (cm)	d_Ort
5.01.2012	51.92	0
6.01.2012	53.37	1.45
7.01.2012	107.88	54.51
8.01.2012	141.87	33.99
		Σd_Ort
		89.95

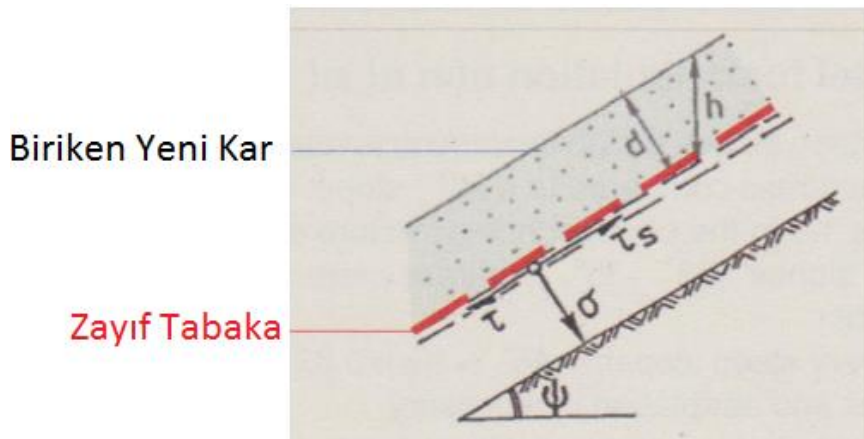
Kar toplanması ise özellikle rüzgâr altı yamaçlarda rüzgâr tarafından taşınan kar yüzünden dikkate alınmaktadır [25]. Özellikle rüzgar yönü ve lokal topografyanın incelenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında son 3 gün içinde yağan karın yüksekliğine, 40 cm olarak tahmin edilen rüzgâr tarafından taşınan kar miktarı da eklenmiştir. Bununla birlikte istasyonun konumu için elde edilen fark değerine ise başlama bölgesi ile olan yükselti farkından dolayı (yaklaşık 400 m) her bir 100 m için 5 cm olmak üzere 20 cm eklenmiştir. Böylece başlama bölgesi için toplam yeni kar yüksekliği (Şekil 4.12’de gösterilen h) 148,3 cm elde edilmiştir. Ancak burada çığ başlama bölgesinin eğiminden dolayı bir düzeltme işlemi gerçekleştirilmelidir. Çünkü yamaç eğiminin artmasıyla yamaçta biriken kar miktarı azalabilmektedir. Ayrıca karın gerilme direnci bir yamaçtaki potansiyel kar kütesini sınırlandırmaktadır [25]. Eğime bağlı olarak bir redüksiyon faktörünün $f(\psi)$ hesaplanması gerekmektedir. Redüksiyon

faktörü [49] tarafından önerilen model kullanılarak belirlenmektedir. Buna göre eğer $\tau_s/\tau \leq 1$ ise, çığ kütlesi harekete geçebilmektedir. Burada τ_s gerilme kuvveti olup $\tau_s = c + \sigma \tan \varphi$ (Coulomb-Mohr) denklemi ile hesaplanmaktadır. Koşuldaki τ ise gerilme stresi olup tabaka ağırlığından kaynaklanmaktadır. Gerilme stresi $\tau = \rho g d \sin \psi$ ile hesaplanmaktadır. Kayma yüzeyindeki normal stres ise $\sigma = \rho g d \cos \psi$ olup burada φ iç sürtünme açısı, c kohezyon ve d kırılma derinliğidir [25]. Redüksiyon faktörü aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

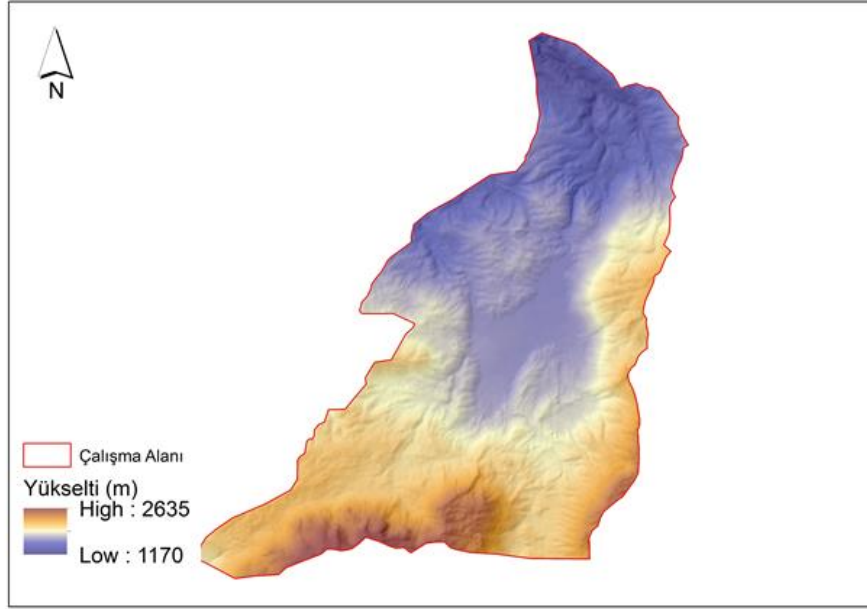
$$f(\psi) = \frac{d_0}{d_0^*} = \frac{\left(\frac{1}{\rho g}\right)\left(\frac{c}{d_0^*}\right)}{\sin \psi - tg \varphi \cos \psi} = 0.291/(\sin \psi - 0.202 \cos \psi) \quad (4.2)$$

Denklemde $\left(\frac{1}{\rho g}\right)\left(\frac{c}{d_0^*}\right)$ ifadesi kohezyon faktörü olarak adlandırılmakta olup 0,290 alınmaktadır. Çünkü kohezyon kar taneciklerinin katılaşmasına (sintering) bağlı olarak d_0^* tabaka kalınlığına orantılı olarak artmaktadır. Denklemdeki $tg \varphi$ ifadesi de iç sürtünme açısı olarak tanımlanan bir sabit olup $\varphi = 11,4^\circ$ için 0,202'dir [25].

Bu çalışmada başlama bölgesi ortalama eğimi (ψ) $39,3^\circ$ 'dir. Denklem (4.1) ile elde edilen redüksiyon faktörü 0,61 olarak elde edilmiştir. Bu değer 148,3 cm olarak elde edilen fark değeri çarpılarak başlama bölgesi için kar kırılma derinliği 90,6 cm olarak elde edilmiştir. İkinci senaryo bu değer için gerçekleştirilmiştir. RAMMS yazılımı ile simülasyonların gerçekleştirilmesinde önemli girdilerden birisi olan SAM (DEM) verisi 25000 ölçekli topoğrafik haritalardan ArcGIS 10.1 yazılımı ile üretilmiştir (Harita 4.5). Üretilen SAM verisi RAMMS simülasyonu çalışma dosyası içerisine ASCII formatında kayıt edilmiştir.



Şekil 4.12. Yeni kar ve kar kırılma derinliği şematik gösterim [25].

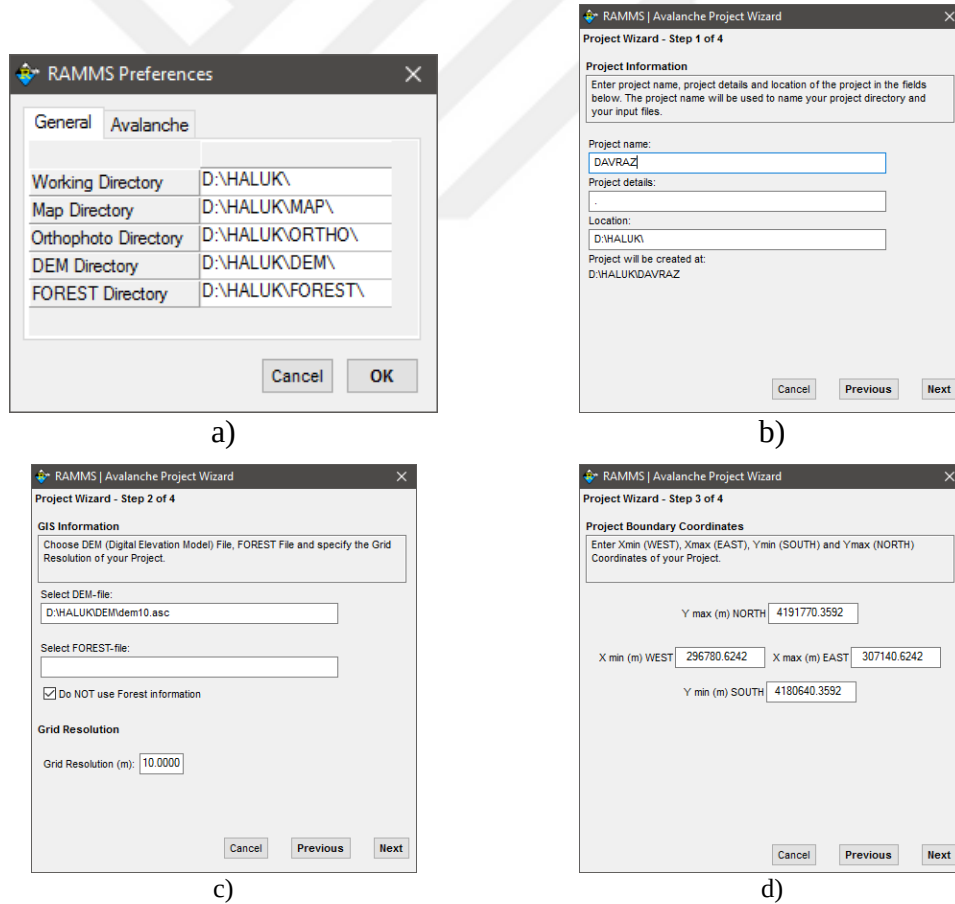


Harita 4.5. 25000 ölçekli topoğrafik haritadan üretilen SAM verisi.

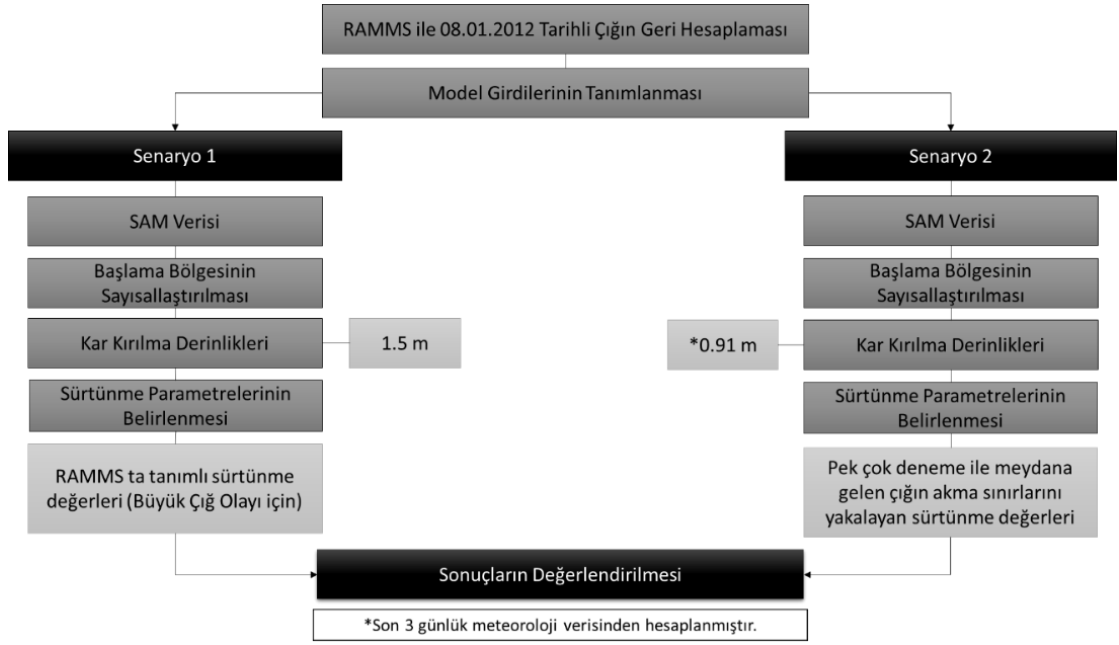
RAMMS yazılımı ile çığ simülasyonlar gerçekleştirilmeden önce ilgili bütün dosyalar RAMMS içerisinde de konumları tanımlanması gereken çalışma klasörü altına eklenmelidir (Şekil 4.13). Daha sonra simülasyon projesi oluşturularak ilgili konuma kayıt edilmelidir (Şekil 4.13). Proje oluşturma esnasında ASCII formatındaki SAM verisi tanımlanmaktadır (Şekil 4.13). Alanda çığ yolu üzerinde ormanlık alan olmadığından dolayı bu esnada bir tanımlama yapılmamıştır. Tanımlanan SAM koordinatları ile projenin sınır koordinatları elde edilmektedir (Şekil 4.13).

RAMMS yazılımı Voellmy modelini temel aldığı için tanımlanması gereken önemli bir girdi de sürtünme parametreleridir. RAMMS yazılımı içerisinde çığ sürtünme parametreleri [50]'e göre tanımlanan yükseklik sınırları için otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Ayrıca kullanıcı çalışmasında farklı değerlerde tanımlayabilmektedir. Sürtünme parametrelerinin otomatik tanımlanmasında önemli bir etken çığın büyüklüğü ve tekerrür aralığıdır. RAMMS içerisinde başlama bölgesinin büyüklüğü ve kar kırılma derinliğinin bir fonksiyonu olan kopacak kar malzemesinin hacmine bağlı olarak çığın büyüklüğü sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre eğer başlama bölgesinden kopacak kar hacmi $<5000 \text{ m}^3$ ise çok küçük çığ, $5000 - 25000 \text{ m}^3$ aralığında ise küçük çığ, $25000 - 60000 \text{ m}^3$ aralığında ise orta büyüklükte çığ ve $>60000 \text{ m}^3$ ise büyük çığ olarak değerlendirilmektedir [50]. Sürtünme parametreleri 300, 100, 30 ve 10 tekerrür aralıkları için, yükselti sınıfları $<1000 \text{ m}$, $1000-1500 \text{ m}$ ve $>1500 \text{ m}$ olan değerler için sınırlanmamış çığlar (unchannelled), sınırlanmış çığlar (channelled), küçük

vadi çığları (gully) ve düz çığlar (flat) olmak üzere dört farklı çığ tipi için ayrı ayrı değerlendirilmektedir [50]. Bunların yanında ormanlık alanlar içinde ayrı şekilde değerlendirilmektedir. Bu çalışmada kar kırılma derinliğinin 1,5 m alındığı birinci senaryo için programda tanımlı sürtünme değerleri değiştirilmeden kullanılmıştır. Kar kırılma derinliğinin meteorolojik veriden hesaplandığı (90,6 cm) ikinci senaryo için ise sürtünme parametreleri 08.01.2012 tarihli çığın akma sınırlarını yakalayacak şekilde değiştirilmiştir. Burada sürtünme parametre değerleri akma sınırlarını yakalayan simülasyon elde edilinceye kadar yapılan denemelerle tespit edilmiştir. Böylece çığın geri hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen çığ akma sınırları, maksimum akış hızı, maksimum akış yüksekliği ve maksimum etki basıncı dinamikleri ASCII formatından raster formata dönüştürülerek ArcGIS ortamında sonuçlar görselleştirilerek değerlendirilmiştir. RAMMS ile çığın geri hesaplanması iş akış planı Şekil 4.14'te gösterilmektedir.



Şekil 4.13. a) Çalışma klasörlerinin tanımlanması, b) Simülasyon projesinin tanımlanması, c) ASCII SAM tanımlanması, d) Proje sınır koordinatları

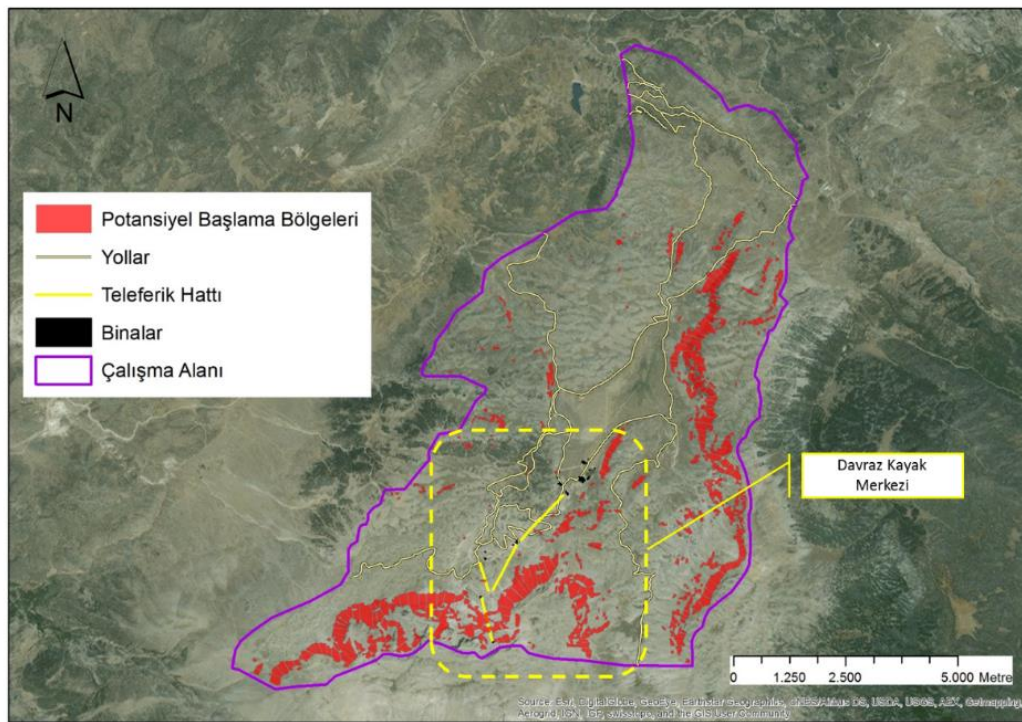


Şekil 4.14. RAMMS ile çığın geri hesaplaması iş akış diyagramı.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

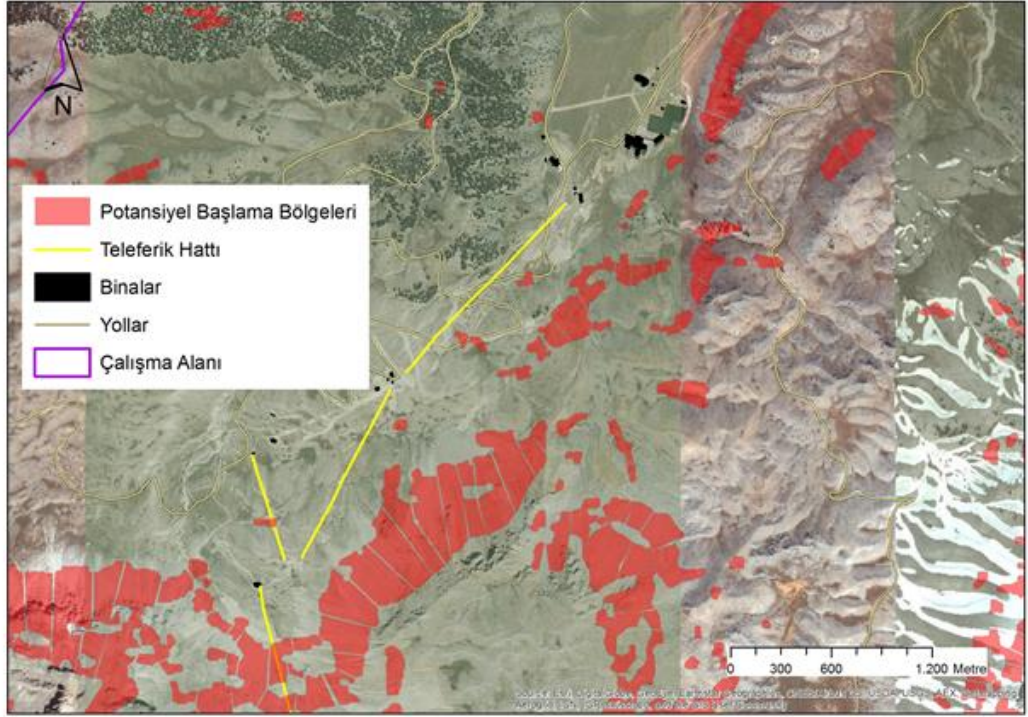
5.1 TEHLİKE GÖSTERİM HARİTASI ÜRETİMİNE AİT BULGULAR

Çalışmada potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan “Autorel” isimli algoritmanın çıktısı Harita 5.1 ve Harita 5.2’de verilmektedir. Buna göre çalışma alanında 539 tane başlama bölgesi belirlenmiştir. Potansiyel başlama bölgelerinin alanları 521,5 m² ile 114101,0 m² arasında değişmekte olup potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 555,1 ha (yani çalışma alanının %10,2’si)’dir.

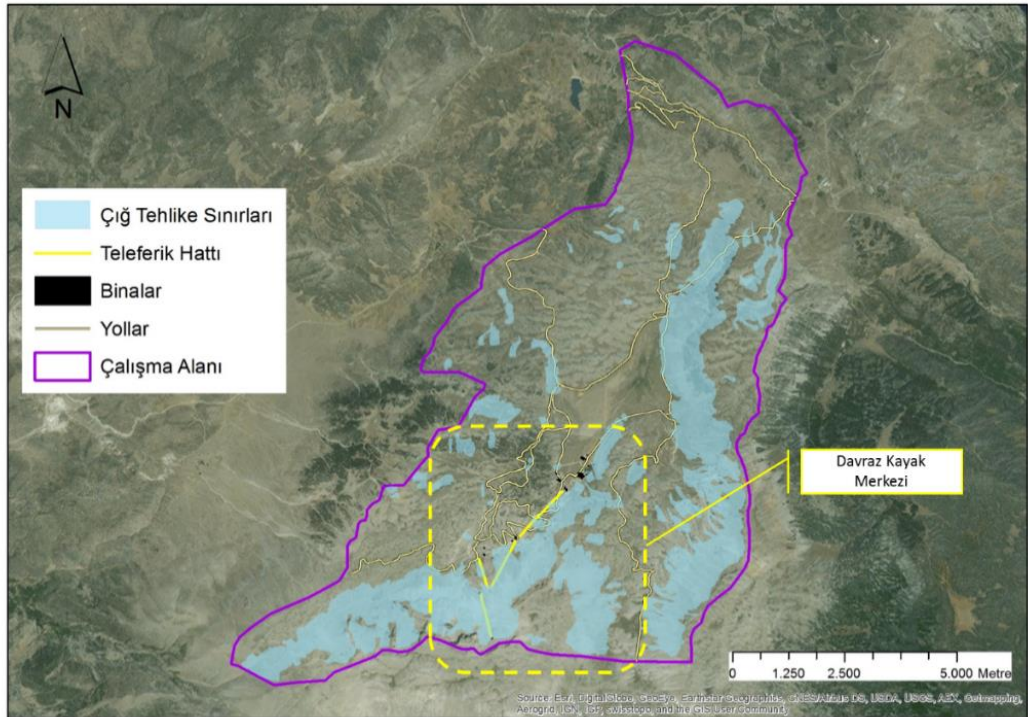


Harita 5.1. Potansiyel başlama bölgeleri

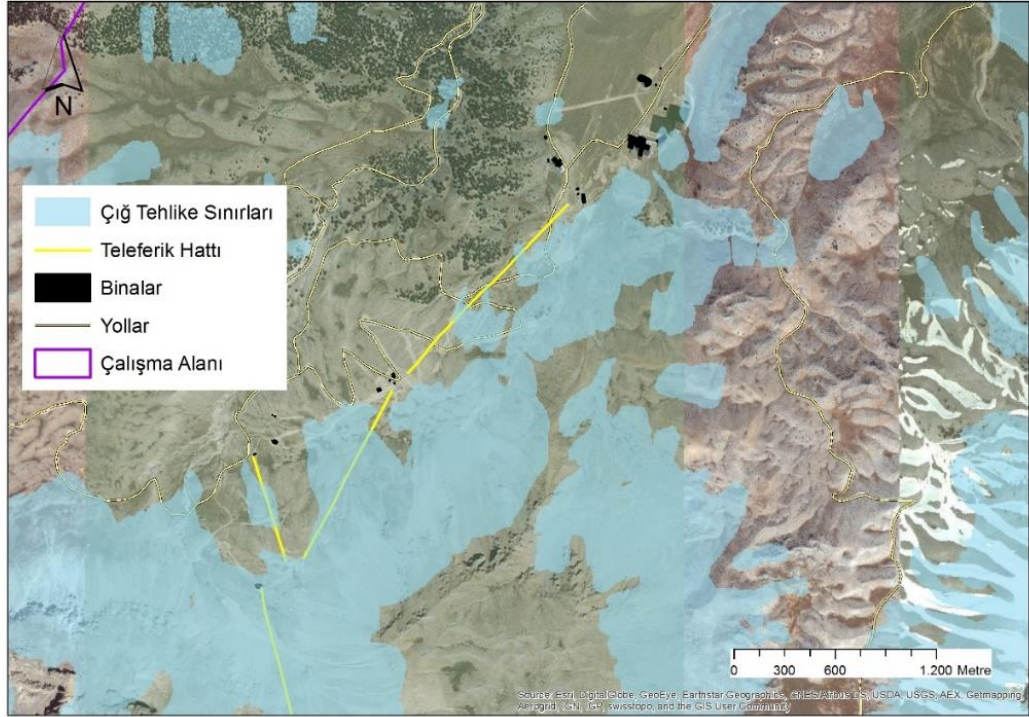
Potansiyel başlama bölgeleri belirlendikten sonra daha önce de belirtildiği gibi bu alanlardan kopabilecek çığların tehlike sınırlarının belirlenmesi amacıyla iki boyutlu dinamik çığ simülasyonları yapılmış ve LSHM4ELBA+ isimli algoritma ile tehlike gösterim haritaları üretilmiştir. Bu işlemlerin ardından elde edilen çığ tehlike sınırları Harita 5.3 ve Harita 5.4’te gösterilmektedir. Buna göre 539 adet potansiyel başlama bölgesinden kopabilecek çığların tehlike sınırları toplamda 1560,9 ha olup toplam alanın %28,6’sına karşılık gelmektedir.



Harita 5.2. Potansiyel başlama bölgeleri daha yakın görüntü (Davraz Kayak Tesisi üzeri).



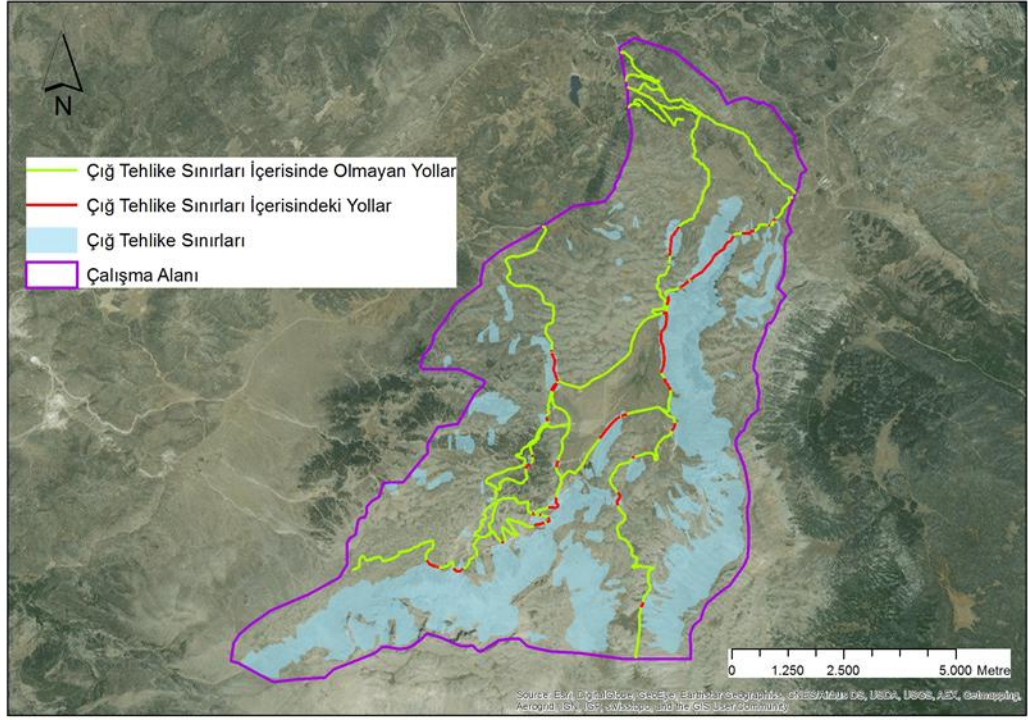
Harita 5.3. Çığ tehlike gösterim haritası.



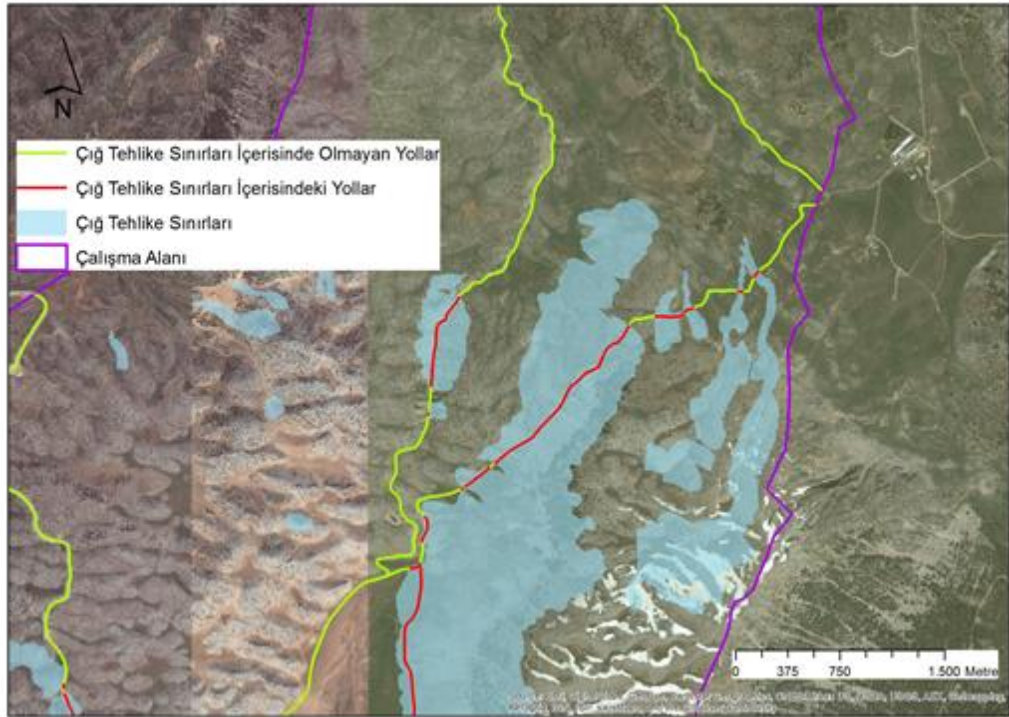
Harita 5.4. Çığ tehlike sınırları yakın görüntüsü (Davraz Kayak Tesisi üzeri).

Elde edilen çığ tehlike sınırları ile alandaki mevcut yolların çakıştırılması sonucu alandaki yolların çığ tehlikesi bakımından durumları değerlendirilebilmektedir. Yapılan çakıştırma analizine göre alanda yer alan toplam 51,1 km yolun 12,4 km'si çığ tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Buna göre alandaki yolların toplam uzunluğunun %24,3'ü tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Yolların çığ tehlike sınırları ile çakıştırılması Harita 5.5 ve Harita 5.6'da verilmektedir.

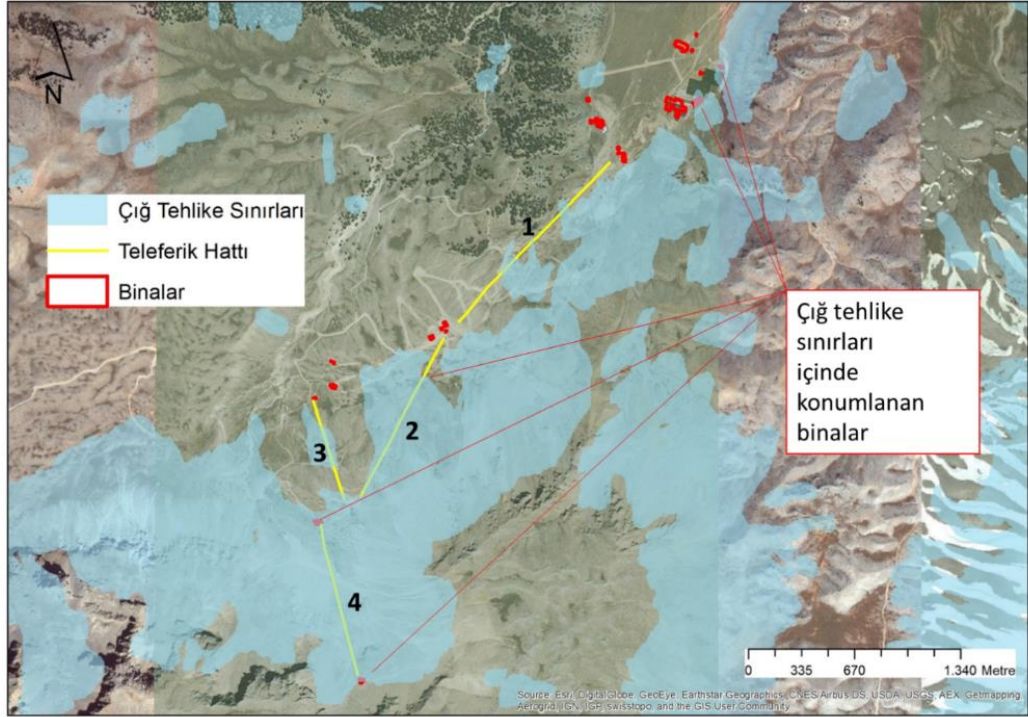
Çalışma alanı içerisinde yer alan Davraz Kayak Tesisine ait teleferik hatları çığ tehlikesi açısından değerlendirilmiştir. Teleferik hatları ve çığ tehlike sınırları Harita 15'te çakışık olarak verilmektedir. Buna göre alanda yer alan dört hattın (1, 2, 3 ve 4 olarak numaralandırılmıştır) hepsi çığ tehlikesinden etkilenmektedir. Alanda yer alan 4 kod nolu hattın tamamı çığ tehlike sınırları içerisinde yer alırken 2 kod numaralı hat en fazla etkilenen diğer teleferik hattıdır. En az etkilenen teleferik hattı ise 1 kod numaralı hattır. Alan içerisinde yer alan bina türü yapılar çığ tehlikesi bakımından değerlendirildiğinde alanda yer alan 31 adet bina türü yapının 5 tanesinin çığ tehlike sınırları içerisinde konumlandığı gözlenmektedir (Harita 5.7).



Harita 5.5. Alandaki yolların çığ tehlike durumu.



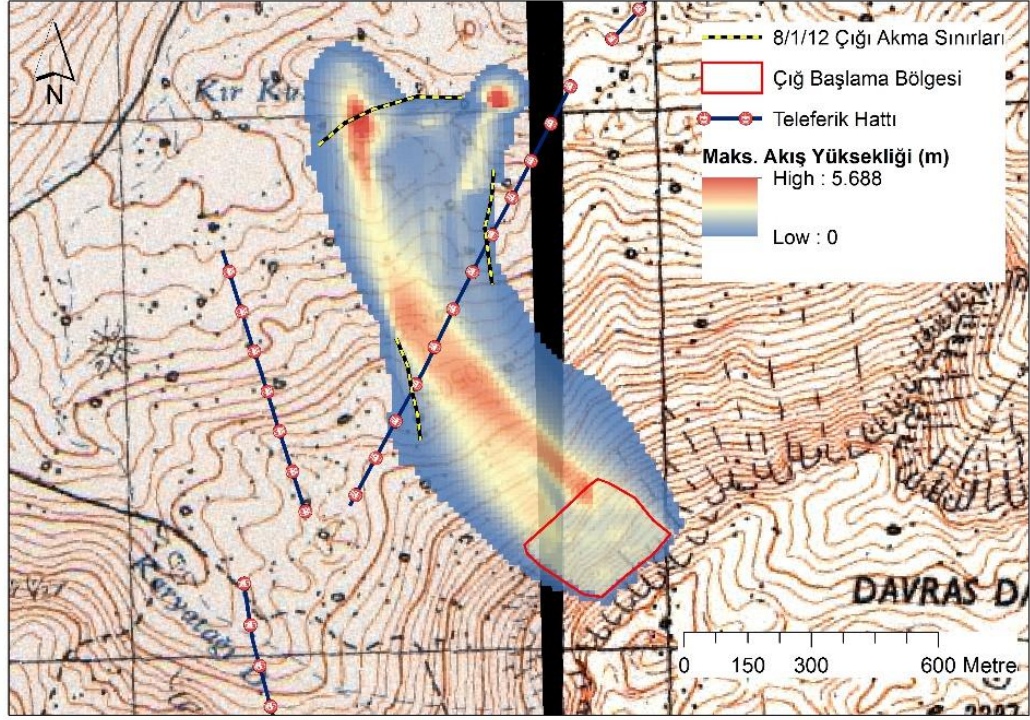
Harita 5.6. Çığ tehlike sınırları ile yolların çakıştırılması yakın görüntü.



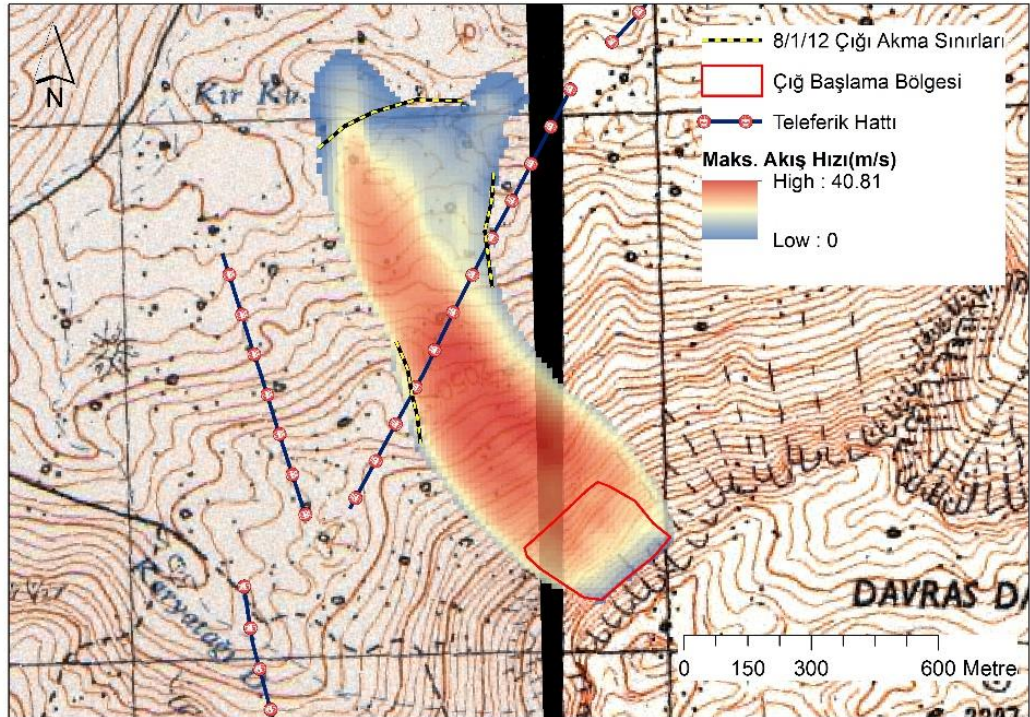
Harita 5.7. Teleferik hatları, binalar ve çığ tehlike sınırları.

5.2 08.01.2012 TARİHLİ ÇIĞIN GERİ HESAPLAMASINA AİT BULGULAR

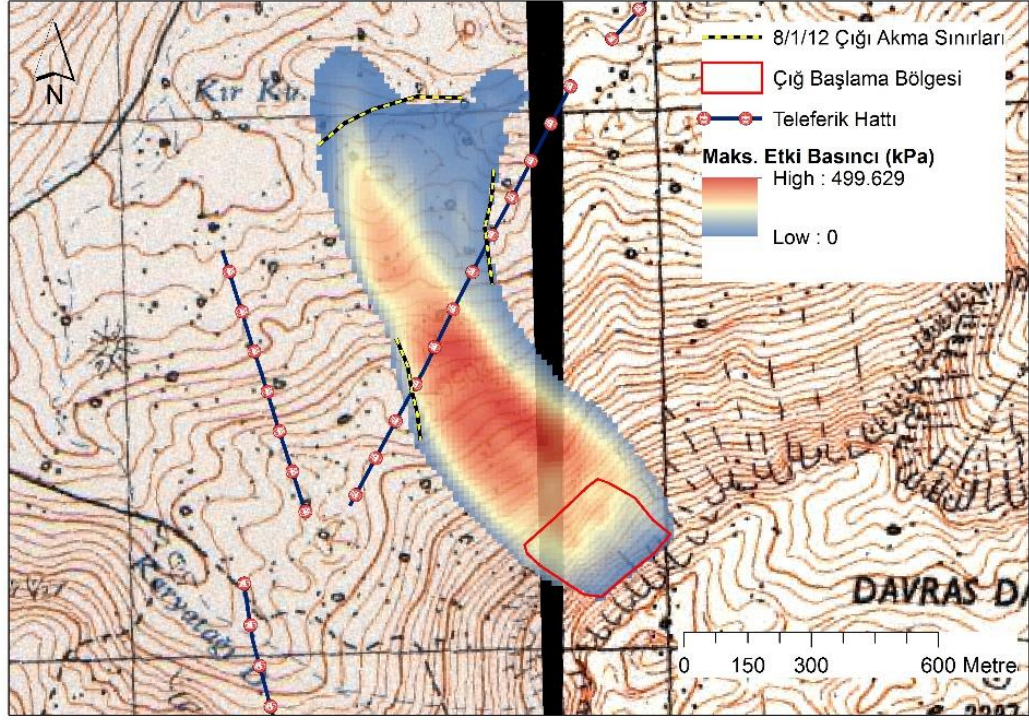
Çalışmada 08.01.2012 tarihinde Davraz Kayak Merkezinde meydana gelen çığın geri hesaplaması RAMMS: AVALANCHE 1.6.20 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çığın geri hesaplanmasına yönelik iki ayrı senaryo için iki boyutlu dinamik çığ simülasyonları elde edilmiştir. Senaryo 1'de 100 yıl tekerrür aralığı için kar kırılma derinliği 1,5 m alınarak simülasyon yapılmıştır. Bu senaryoda çığ büyüklüğü kar kırılma derinliği ve başlama bölgesinin alansal büyüklüğüne bağlı olarak 66388,7 m³ hacimli büyük çığ sınıfında değerlendirilmiştir. 100 yıl tekerrür aralığı ve sınırlanmamış (unchannelled) büyük çığ olayı için simülasyonda kullanılan sürtünme parametreleri yazılım tarafından otomatik olarak hesaplanan varsayılan değerler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre kullanılan sürtünme parametreleri 1500 m ve üzeri rakımlar için $\mu = 0,165$ ve $\xi = 3000$, 1000-1500 m arasındaki rakımlar için $\mu = 0,180$ ve $\xi = 2500$ ve 1000 m ve altındaki rakımlar için $\mu = 0,200$ ve $\xi = 2000$ 'dir. Çığ başlama bölgesi 1500 m üzeri rakımlarda yer almaktadır. Senaryo 1 için yapılan simülasyondan elde edilen maksimum akış yüksekliği, maksimum akış hızı ve maksimum etki basıncı haritaları Harita 5.8, Harita 5.9 ve Harita 5.10'da sırasıyla verilmektedir.



Harita 5.8. Senaryo 1 maksimum akış yüksekliği haritası.



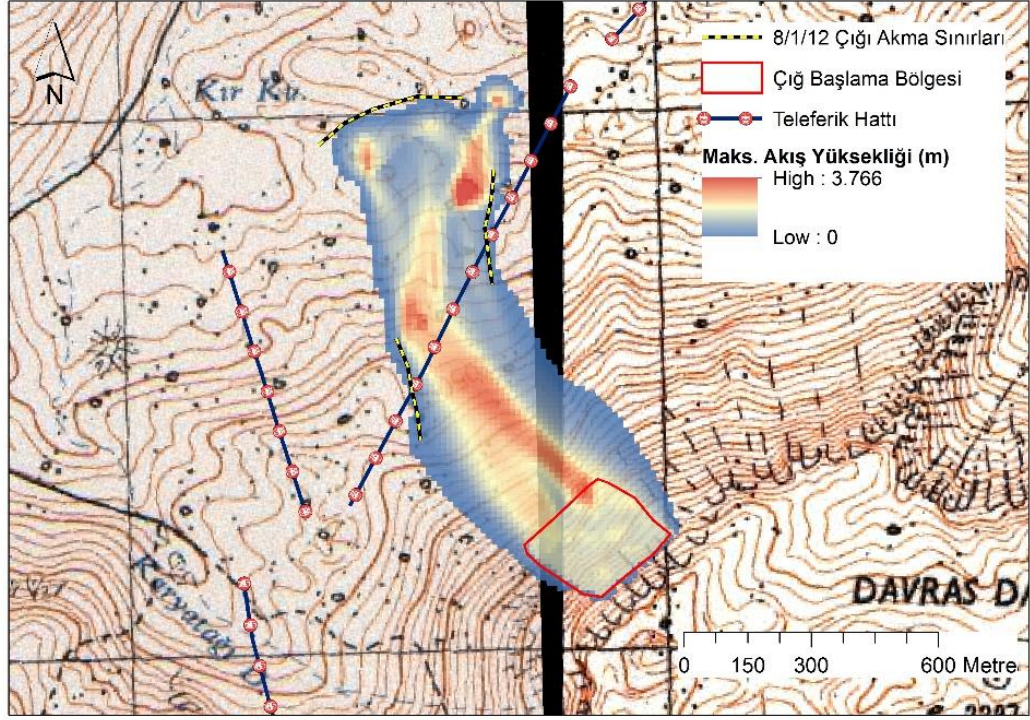
Harita 5.9. Senaryo 1 maksimum akış hızı haritası.



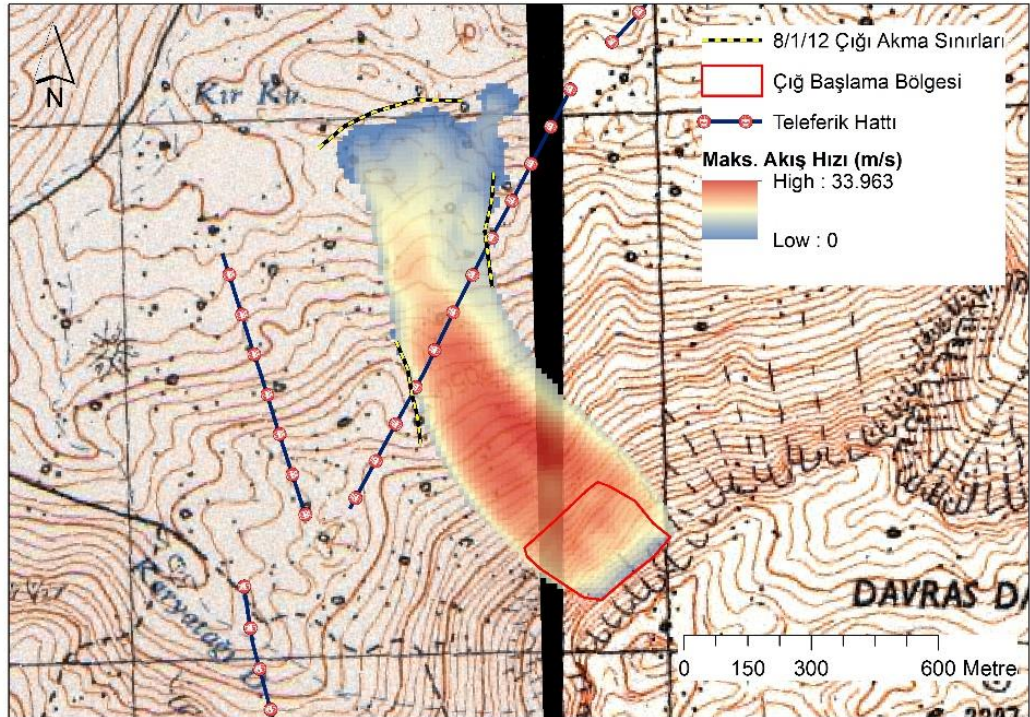
Harita 5.10. Senaryo 1 maksimum etki basıncı haritası.

Elde edilen sonuçlara göre çığın durma mesafesi 08.01.2012 tarihli çığın araziden tespit edilen durma mesafesinden yaklaşık 180 m daha ileride durmuştur. Çığ akış yolunun akışa göre sağ ve solunda tespit edilen akma sınırlarının ise örtüştüğü görülmektedir. Elde edilen maksimum akış yüksekliği haritasına göre çığ malzemesinin akış yüksekliği 5,7 m'lere çıkmaktadır. Teleferik hattı boyunca akış yüksekliğine ait kesit profili Şekil 5.1'de verilmektedir. Senaryo 1 sonuçlarına göre çığın maksimum akış hızı 40 m/s'ler civarında iken maksimum etki basıncı da 500 kPa seviyelerine ulaşmıştır.

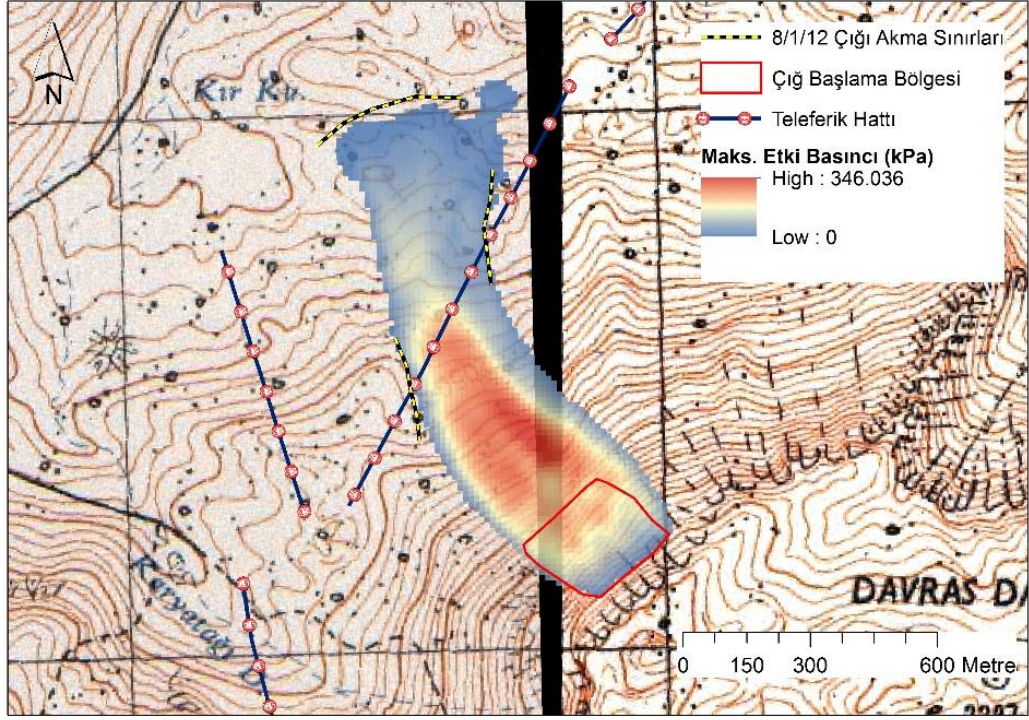
Senaryo 2'de 08.01.2012 tarihinde meydana gelen çığın akma sınırlarını yakalamak için sürtünme parametreleri kalibrasyon amacıyla değiştirilerek denenmiştir. Bu senaryoda kar kırılma derinliği 91 cm olarak alınmıştır. Bu kar kırılma derinliği için alandan kopacak çığın hacmi başlama alanının büyüklüğüne bağlı olarak 40272,8 m³ olmaktadır. Bundan dolayı sürtünme parametreleri 100 yıl tekerrür aralıklı bir orta büyüklükte bir çığ için farklı değerler kullanılarak denenmiştir. Yapılan denemeler ile elde edilen sürtünme parametreleri $\mu = 0,190$ ve $\xi = 2500$ alındığında simülasyon sonuçları 08.01.2012 tarihli çığın araziden tespit edilen akma sınırları ile örtüşmektedir. Bu değerler kullanılarak elde edilen simülasyon sonuçlarına göre maksimum akış yüksekliği, maksimum akış hızı ve maksimum etki basıncı haritaları Harita 5.11, Harita 5.12 ve Harita 5.13'te sırasıyla verilmektedir.



Harita 5.11. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.

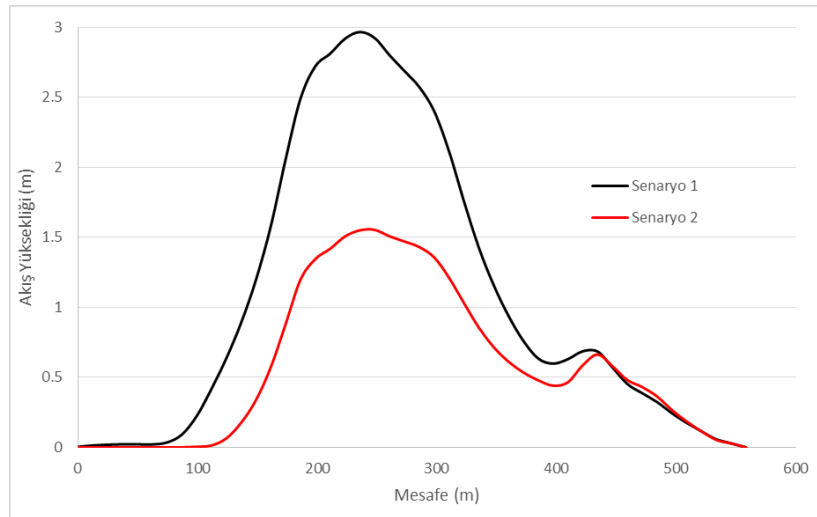


Harita 5.12. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.



Harita 5.13. Senaryo 2 maksimum akış yüksekliği haritası.

Senaryo 2 için yapılan simülasyon sonuçlarına göre çığın akış yüksekliği maksimum 3,8 m olarak elde edilmiştir. Çığın akma sınırları içerisinde kalan teleferik hattı boyunca çığ akış yüksekliği ise en yüksek 1,5 m civarında seyretmektedir (Şekil 5.1). Senaryo 2 sonuçlarına göre maksimum akış hızı 34 m/s'ler civarında iken maksimum etki basıncı 345 kPa seviyelerinde seyretmiştir. Çalışmada meydana gelen çığın hız ve etki basıncına ilişkin bir gözlem olmamasından dolayı simülasyon sonuçları ile elde edilen hız ve etki basıncı değerleri doğrulanamamaktadır.



Şekil 5.1. Teleferik hattı boyunca çığın maksimum akış yüksekliği kesit profili.

Ancak ıgın akış yüksekliği teleferik hatlarında meydana gelen hasarlar yardımıyla doğrulanabilmektedir. Kayak merkezinde yer alan teleferik direkleri 3 m ve koltuklarının yüksekliği 2,5 m'dir. ıg olayı esnasında direk ve koltuklarda meydana gelen zararlar ıgın akan malzemesi ile ziyade üzerindeki toz bulutu yüzünden oluşmuştur. Yapılan incelemelere göre ıg anında gözlemlenen akış yüksekliği ile simülasyon sonucu elde edilen akış yüksekliğinin uyumlu olduğu gözlenmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma alanı olarak Davraz Kayak Merkezini de içerisine alan, Akdeniz Bölgesi'nde Isparta il sınırları içerisinde yer alan 5462,9 ha büyüklüğündeki saha seçilmiştir. Seçilen bu havza içerisinde herhangi bir yerleşim alanı bulunmamaktadır. Alan içerisinde toplam 51,1 km uzunluğunda yollar yer almaktadır. Alan içerisinde yer alan Davraz Kayak Merkezinde 08.01.2012 tarihinde bir çığ meydana gelerek teleferik hattında zarara sebep olmuştur. Olay anında teleferik hattını kullanan ve çığın meydana geldiği alan üzerinde kayak yapan kimse olmadığından ölüm ya da yaralanma meydana gelmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında Davraz Kayak Merkezini içerisine alan havzanın çığ tehlike gösterim haritası oluşturulmuş ve ayrıca 08.01.2012 tarihinde meydana gelen çığın geri hesaplaması 2 boyutlu çığ simülasyon programı ile gerçekleştirilerek çığ dinamik parametreleri (maksimum akış yüksekliği, akış hızı ve etki basıncı) hesaplanmıştır.

Tez çalışması kapsamında hedeflenen işlerin gerçekleştirilmesi, veri temini ve üretimi ile verilerin analizi ve doğrulanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalarda kendi içerisinde arazi ve ofis çalışmalarından oluşmaktadır. Arazi çalışmaları ile kayak merkezinde çığın meydana geldiği alanda incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalarla çığın başlama bölgesi, akma sınırları ve sebep olduğu hasarlar hakkında bilgi toplanmıştır. Ayrıca alanda yer alan meteoroloji istasyonu tarafından yapılan kar ölçümleri de temin edilmiştir. Ofis çalışmaları ise seçilen havza alanı için çığ tehlike gösterim haritasının üretilmesi ve meydana gelen çığ olayının geri hesaplaması işlemlerini kapsamaktadır.

Çalışma alanında tez kapsamında gerçekleştirilen çığ tehlike gösterim haritasının üretimi 3 temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama topoğrafik parametrelerden potansiyel başlama bölgelerinin CBS tabanlı olarak belirlenmesi işlemidir. Bu aşamada ArcGIS 10.1 yazılımı ArcMap 10.1 altında araç kutusu olarak tasarlanmış "Autorel" isimli algoritma kullanılmıştır. Algoritma ile potansiyel çığ başlama bölgeleri vektör veri olarak üretilmektedir. Çalışma alanında algoritma ile elde edilen potansiyel başlama bölgelerinin alanları 521,5 m² ile 114101,0 m² arasında değişmekte olup potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 555,1 ha (yani çalışma alanının %10,2'si)'dir. 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. Daha sonra LSHM4ELBA+ isimli algoritma ile tehlike gösterim haritaları üretilmiştir. Buna göre çalışma alanında belirlenen 539 adet potansiyel başlama bölgesinden kopabilecek çığların tehlike sınırları toplamda 1560,9 ha olup toplam alanın %28,6'sına karşılık gelmektedir.

Elde edilen çığ tehlike sınırları ile alandaki mevcut yolların çakıştırılması sonucu alandaki yolların çığ tehlikesi bakımından durumları değerlendirilebilmektedir. Yapılan çakıştırma analizine göre alanda yer alan toplam 51,1 km yolun 12,4 km'si çığ tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Buna göre alandaki yolların toplam uzunluğunun %24,3'ü tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde yer alan Davraz Kayak Tesisine ait teleferik hatları çığ tehlikesi açısından değerlendirilmiştir. Buna göre alanda yer alan dört hattın (1, 2, 3 ve 4 olarak numaralandırılmıştır) tamamında çığ tehlikesi bulunmaktadır. Alanda yer alan 4 kod nolu hattın tamamı çığ tehlike sınırları içerisinde yer alırken 2 kod numaralı hat en fazla etkilenen diğer teleferik hattıdır. En az etkilenen teleferik hattı ise 1 kod numaralı hattır. Alan içerisinde yer alan bina türü yapılar çığ tehlikesi bakımından değerlendirildiğinde alanda yer alan 31 adet bina türü yapının 5 tanesinin çığ tehlike sınırları içerisinde konumlandığı gözlenmektedir.

Çalışmada 08.01.2012 tarihinde Davraz Kayak Merkezinde meydana gelen çığın geri hesaplaması RAMMS: AVALANCHE 1.6.20 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çığın geri hesaplanmasına yönelik iki ayrı senaryo için iki boyutlu dinamik çığ simülasyonları elde edilmiştir. Senaryo 1'de 100 yıl tekerrür aralığı için kar kırılma derinliği 1,5 m alınarak simülasyon yapılmıştır. Senaryo 2'de 08.01.2012 tarihinde meydana gelen çığın akma sınırlarını yakalamak için sürtünme parametreleri kalibrasyon amacıyla değiştirilerek denenmiştir. Bu senaryoda kar kırılma derinliği 91 cm olarak alınmıştır. Senaryo 2 için yapılan simülasyon sonuçlarına göre çığın akış yüksekliği maksimum 3,8 m olarak elde edilmiştir. Çığın akma sınırları içerisinde kalan teleferik hattı boyunca çığ akış yüksekliği ise en yüksek 1,5 m civarında seyretmektedir. Senaryo 2 sonuçlarına göre maksimum akış hızı 34 m/s'ler civarında iken maksimum etki basıncı 345 kPa seviyelerinde seyretmiştir. Çalışmada meydana gelen çığın hız ve etki basıncına ilişkin bir gözlem olmamasından dolayı simülasyon sonuçları ile elde edilen hız ve etki basıncı değerleri doğrulanamamaktadır. Ancak çığın akış yüksekliği teleferik hatlarında meydana gelen hasarlar yardımıyla doğrulanabilmektedir. Kayak merkezinde yer alan teleferik direkleri 4 m ve koltuklarının yüksekliği 3,5 m'dir. Çığ olayı esnasında direk ve

koltuklarda meydana gelen zararlar çığın akan malzemesi ile ziyade üzerindeki toz bulutu yüzünden olduğu düşünülmektedir. Yapılan incelemelere göre ı anında gözlemlenen akış yüksekliği ile simülasyon sonucu elde edilen akış yüksekliğinin uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Karla kaplı dağlık alanlarda meydana gelen dinamik olaylar olan ılar, yerleşim yerleri, karayolları ve demiryolları, iletişim ve enerji sistemleri, kayak alanlarında önemli zararlar ortaya çıkarmakta, can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Bundan dolayı ıların nerelerde meydana gelebileceğini göstermek, tehlikeli olabilecek bölgelere dikkat çekmek kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda tez kapsamında çalışma alanı için tehlike gösterim haritası, içerisinde Davraz Kayak Merkezini barındıran bu havza için önemli bir altlık veri olarak kullanılabilir. Davraz Kayak Merkezi ve civarında ı kaynaklı tehlikelerin önüne geçilebilmesi için oluşturulan bu haritada gösterilen ı tehlike alanlarının ileriye yönelik yatırım ve planlamada dikkate alınması gerekmektedir. Yerel yönetimler ve kayak merkezi özel teēebbsleri bölgeye ulaşımı sağlayan yollar ve diğer yapılar (teleferik, bina vb) zerindeki ı tehlikelerini dikkate alarak ileri de oluşabilecek ve bölgenin turizm potansiyeli üzerinde olumsuz etkiye sebep olabilecek durumlara karşı önceden tedbir alabileceklerdir. Bu kapsamda ı tehlikesi altında görünen yollar ve teleferik hatları gibi yapıların tespit edilmesinde, bu sayede sorunun zmne yönelik daha kapsamlı projelerin nerelerde yapılması gerektiği sorusunun cevabının bulunmasında üretilen tehlike gösterim haritası karar destek amaçlı kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] E.G. Hebertson and M.J. Jenkins, "Historic climate factors associated with major avalanche years on the Wasatch Plateau, Utah," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 37, no. 3, pp. 315–332, 2003.
- [2] B. Huddleston and E. Ataman, "Towards a GIS-based analysis of mountain environments and populations," Environment and Natural Resources Working Paper No.10 Rome, UN-FAO, 2003.
- [3] A.I. Mears, "Snow Avalanche Hazard Analysis for Land-Use Planning and Engineering," *Colorado Geological Survey Bulletin*, vol. 49, pp. 54, 1992.
- [4] J. Hervas, *Recommendations to deal with Snow Avalanches in Europe*, Luxembourg, European Commission, Joint Research Centre, 2003, pp. 81.
- [5] A. Aydin, Y. Bühler, M. Christen and I. Gürer, "Avalanche situation in Turkey and back calculation of selected events," *Natural Hazards Earth System Sciences*, vol. 14, no. 5, pp. 1145-1154, 2014.
- [6] J. Schweizer and M. Lutschg, "Characteristic of human-triggered avalanches," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 33, no. 2-3, pp. 147-162, 2001.
- [7] B. Zweifel, B. Techel and C. Björk, "Who is involved in avalanche accidents?," *International Snow Science Workshop 2012*, Anchorage, Alaska, 2012, pp. 234-239.
- [8] D. Atkins, "Ten years of avalanche deaths in the USA, 1999/2000 to 2008/2009" *International Snow Science Workshop 2010*, Lake Tahoe, CA, 2010, pp. 768-775
- [9] L. De Crecy, "Avalanche zoning in France-regulations and technical basis" *Journal of Glaciology*, vol. 26, no. 94, pp. 325-330, 1980.
- [10] F. Rudolf-Miklau, S. Sauermoser, and A.I. Mears, *The technical avalanche protection handbook*, Berlin, Germany, Wilhelm Ernst & Sohn, 2015, pp. 430.
- [11] K. Kristensen, "A survey of avalanche accidents in Norway," *Publikasjon Norges Geotekniske Institutt*, vol. 203, pp. 155-159, 1998.
- [12] S. Ikeda, T. Maehara, R. Nitta and D. Enright, "A study of 4 avalanche accidents in Japan during '99-'00 season," *International Snow Science Workshop*, Big Sky Montana, USA, 2000, pp. 21-27.
- [13] D. Irwin and I. Owens, "A history of avalanche accidents Aotearoa New Zealand," *International Snow Science Workshop*, Jackson Hole, Wyoming, USA, 2004, pp. 8.
- [14] Anonim, *Snow avalanche hazards and mitigation in the United States*, Washington DC, USA, National Research Council, Panel on Snow Avalanche, National Academy Press, 1990, pp. 96.
- [15] Y. Adikari and J. Yoshitani, "Global trends in water-related disasters: an insight for policymakers," ICHARM, UNESCO printed in Turkey, 2009.
- [16] D. McClean, "World disasters report 2010: focus on urban at risk," International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, printed in Lyons, France, 2010.
- [17] A. Ganju and P. Dimri, "Prevention and Mitigation of Avalanche Disasters in Western Himalayan Region," *Natural Hazards*, vol. 31, no. 2, pp. 357-371, 2004.

- [18] M. Laternser and C. Pfister, "Avalanches in Switzerland 1500-1990," In *Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene*, B. Frenzel, J.A. Matthews, B. Glaser and M. M. Weiss (eds), Paleoclimate Research, 19, Atuttgart, Fischer, 1997, pp. 241-266.
- [19] L. Davis, *Natural disasters (New edition)*, New York, USA, Facts of File Science Library, 2008, pp. 467.
- [20] J. Fredston, *Snowstruck: In the grip of avalanches*, 1st harvest edition, New York, USA, Harcourt, Inc, 2005, pp. 352.
- [21] C.E. Page, D. Atkins, L.W. Shockley and M. Yaron, "Avalanche deaths in the United States: a 45-years analysis," *Wilderness & Environmental Medicine*, vol. 10, no. 3, pp. 146-151, 1999.
- [22] AFAD, Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması: Çığ Temel Kılavuz, TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2015.
- [23] M. Elibüyük ve E. Yılmaz, "Türkiye'nin coğrafi bölge ve bölümlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları," *Coğrafi Bilimler Dergisi*, c. 8, s. 1, ss. 27-55, 2010.
- [24] J. Hübl, S. Fuchs and P. Agner, "Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung" Institut für Alpine NATurgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien-Austria, IAN Report 90, 2007.
- [25] SLF, International RAMMS workshop handouts, September 3-7 2016 Davos, CH, 2012.
- [26] S. Ceylan, "Davraz Dağı (Isparta)'nda Kış Turizmi," *Doğu Coğrafya Dergisi*, c. 14, s. 22, ss. 205-230, 2009.
- [27] N. Çepel, *Orman Ekolojisi*, 4. Baskı, İstanbul, Türkiye, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 1995, ss. 536.
- [28] Y. Bühler, S. Kumar, J. Veitinger, M. Christen, A. Stoffel and Snehmani, "Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models," *Natural Hazards Earth System Sciences*, vol. 13, no. 5, pp. 1321-1335, 2013.
- [29] P. Schaerer, "Analysis of snow avalanche terrain," *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 14, no. 3, pp. 281-287, 1977.
- [30] D. McClung and P. Schaerer, *The Avalanche Handbook*, 3rd edition, Seattle, WA, The mountaineers book, 1993, pp. 271.
- [31] 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.
- [32] M. Barbolini, M. Pagliardi, F. Ferro and P. Corradeghini, "Avalanche hazard mapping over large undocumented areas," *Natural Hazards*, vol. 56, no. 2, pp. 451-464, 2011.
- [33] R. Barton and B. Wright, *A Chance in a Million?: Scottish Avalanches*, Second edition, Glaskow, UK, Scottish Mountaineering Trust, 2000, pp. 123.
- [34] M. Hemetsberger, G. Klinger, S. Niederer and J. Benedikt, "Risk assessment of avalanches—a fuzzy GIS application," *5th International FLINS Conference Computational Intelligent Systems for Applied Research*, World Scientific, Singapore,

Republic of Singapore, 2002, pp. 397–402.

[35] D. Delparte, “Avalanche Terrain Modeling in Glacier National Park, Canada,” Ph.D. dissertation, University of Calgary, Calgary, AB, Canada, 2008.

[36] C. Ancey, “Snow avalanches,” in *Geological and Geomorphological Fluid Mechanics*, N. Balmforth, A. Provenzale (Eds.), Geomorphological Fluid Mechanics: Selected Topics Springer, Berlin, 2001, pp. 319–338.

[37] J. Fredston and D. Fesler, *Snow Sense: A Guide to Evaluating Snow Avalanche Hazard*, Anchorage, Alaska, USA, Alaska Mountain Safety Center, 1999, pp. 116.

[38] M. Biskupič and I. Barka, “Spatial modelling of snow avalanche run-outs using GIS,” in *GIS Ostrava 2010*, Ostrava, Czech Republic, 2010, pp. 1-11.

[39] A. Covăsniănu, I.R. Grigoraş, L.E. State, D. Balin, S. Hogaş and I. Balin, “Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique and 3D Modeling: Case Study Ceahlău National Park,” *Romanian Journal of Physics*, vol. 56, no. 3–4, pp. 476–483, 2011.

[40] UNESCO, *Avalanche Atlas: Illustrated International Avalanche Classification*, Switzerland, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, 1981, pp. 267.

[41] J. Schweizer, J.B. Jamieson and M. Schneebeli, “Snow Avalanche Formation,” *Reviews of Geophysics*, vol. 41, no. 4/1016, pp. 25, 2003.

[42] L.W. Zevenbergen and C.R. Thorne, “Quantitative analysis of land surface topography,” *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 12, no. 1, pp. 47-56, 1987.

[43] I.D. Moore, R.B. Grayson and A.R. Lanson, “Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications,” *Hydrological processes*, vol. 5, no. 1, pp. 3-30, 1991.

[44] T. Hengl, S. Gruber and D.P. Shrestha, Digital Terrain Model analysis in ILWIS, *Lecture Notes and User Guide*, ITC, The Netherlands, 2003.

[45] D. McClung, “Characteristics of terrain, snows upply and forest cover for avalanche initiation caused by logging,” *Annals of Glaciology*, vol. 32, no. 1, pp. 223-229, 2001.

[46] J. Richnavský, M. Biskupič, I. Mudroň, B. Devečka, J. Unucka, P. Chrustek, M. Lizuch, F. Kyzek and L. Matějček, “Using Modern GIS Tools to Reconstruct The Avalanche: A Case Study of Magurka 1970,” *Eight International Symposium*, GIS Ostrava, 2011, pp. 8.

[47] M. Frehner, B. Wasser and R. Schwitter, *Sustainability and success monitoring in protection forests*, Bern, Switzerland, Federal Office for the Environment FOEN, 2007, pp. 55.

[48] B. Salm, A. Burkard and H. Gubler, “Berechnung von Fliesslawinen eine Anleitung für Praktiker mitt Beispielen,” *Mitteilungen des Eidgenössischen Institut für Schnee und Lawinenforschung*, vol. 47, pp. 37, 1990.

[49] A. Burkard and B. Salm, “Die Bestimmung der mittleren Anrissmächtigkeit d_0 zur Berechnung von Fliesslawinen,” Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, Switzerland, Interner Bericht, 1992.

[50] SLF, A numerical model for snow avalanches in research and practice, *User Manual v1.5 Avalanche*, pp. 110, 2013.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Haluk ERSAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.07.1977 - Bitlis
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : hersan@ormansu.gov.tr
soilorigin@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Orman Mühendisliği	Süleyman Demirel Üniversitesi	2011
Lise	-	Vangölü Anadolu Lisesi	1996