

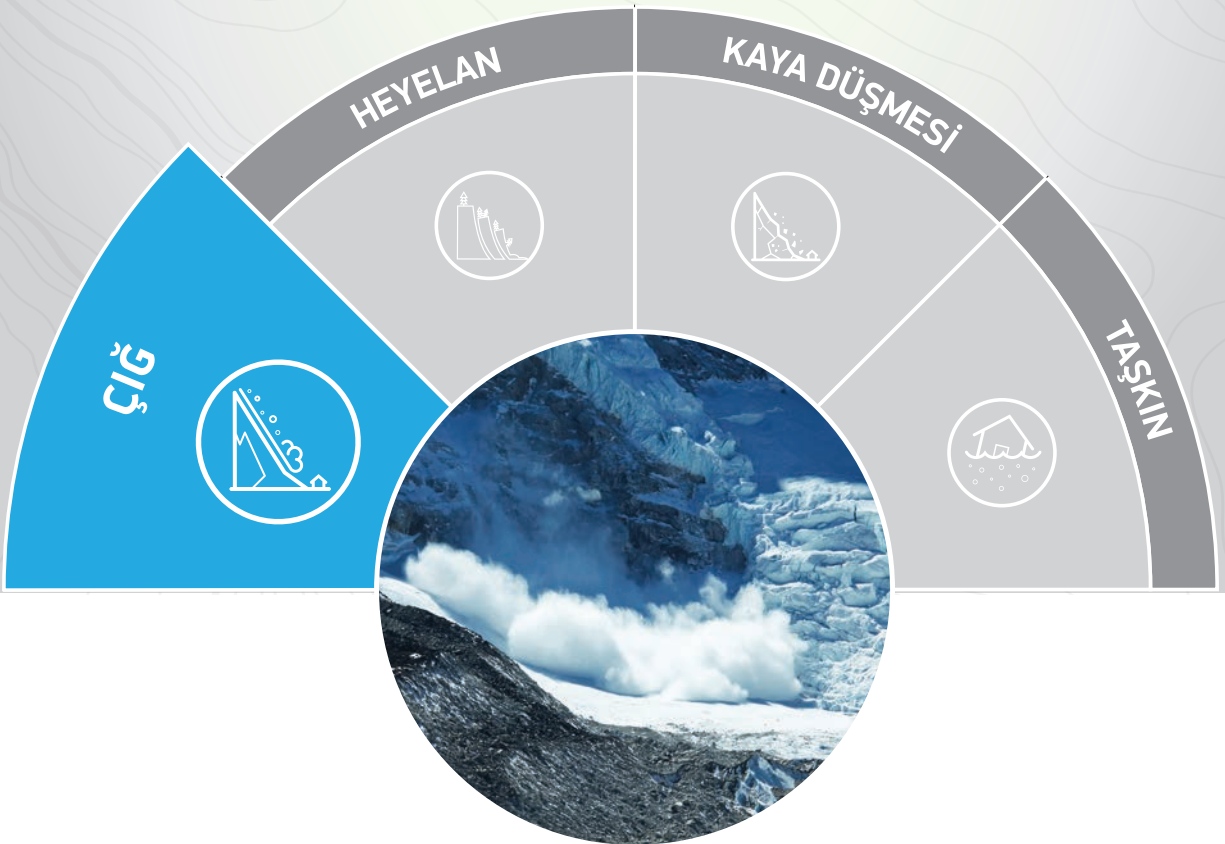


T.C.
BAŞBAKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması

ÇİĞ

TEMEL KILAVUZ



ÖNSÖZ

Ülkemizde, **Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın** öncülüğünde yapılan ve özellikle son yıllarda büyük bir ivme kazanan **“AFET BİLİNCİNİN”** yerleşmesi ve **“UYGULAMAYA SOKULMASI”** girişimleri sonucunda, bütünleşik afet tehlike haritalarının hazırlanması, son derece büyük önem arz etmektedir.

Ülkemiz, sahip olduğu jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel yapısı nedeniyle dünya ölçeğinde doğal afetlerden en fazla etkilenen ülkeler arasındadır. Yıkıcı etkileri açısından değerlendirildiğinde ilk sırayı alan depremden sonra heyelan, taşkın, kaya düşmesi ve çığ ülkemizde sık yaşanan afet türleridir. Son 60 yıllık afet kayıtlarına bakıldığında; doğal afetlerin ülkemizde neden olduğu doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların, Gayri Safi Milli Hasılamızın % 3'ü kadar olduğu görülmektedir.

Afetlerin oluş sıklıkları ve meydana getirdikleri zararlar dünya çapında olduğu gibi ülkemizde de artmaya devam etmektedir. İnsan ve çevre üzerinde büyük yıkıcı etkileri olan afetlerin bedeli oldukça yüksektir. Bu sebeple dünyada afetlerin verebileceği zararların en aza indirilmesi için afet öncesi yapılması gereken zarar azaltma çalışmalarına daha çok önem verilmeye başlanmış, afetler konusunda duyarlı olunması amacıyla toplumlarda afet kültürü oluşturulmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Ancak afetlerle mücadelede başarılı olabilmek için toplumsal farkındalık çalışmaları dışında tehlike ve risk analizine dayandırılmış zarar azaltma çalışmalarına ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir ve etkin bir afet yönetimi için; nüfus artışı, kentleşme olgusu gibi demografik özelliklere ait verileri güvenilir, hızlı ve kolay kullanımı olan teknikler ve teknolojiler ile buluşturarak bütünleşik bir yönetim sistemi bünyesinde uygulamak gerekmektedir.

Afetlerin oluşturduğu zararların asgari düzeye indirgenbilmesi için ilk aşamada yapılması gereken çalışma; ülke, bölge ve il bazında bütünleşik afet tehlike ve risk haritalarının oluşturulması aşamasıdır. Bu amaçla hazırlanacak haritalar, illerin afet tehlikelerinin belirlenmesi, afet acil yardım planlarına esas olabilecek bilgilerin hazırlanması, bölgesel ve çevre düzeni planlarının hazırlanması için plancılara gerekli olabilecek afet ile ilgili bilgilerin düzenlenmesi, karar verici ve uygulayıcı mekanizmaya doğru, hızlı, güvenilir ve güncel sonuçları aktarmak, pratik uygulamayı sağlamak açısından



önemlidir. Bu tür haritalardan faydalanmak, gerek karar vericiler, gerekse yerel yönetimler gibi otoritelerin daha sağlıklı planlamaları yapmasını sağlayacağı gibi, doğru yer seçimi konularında da önemli katkılar sağlamaktadır.

Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının yürütülmesi usul ve esaslarını açıklayan kılavuzların hazırlanması çalışması kapsamında afet tehlike haritalarının üretilebilmesi için uluslararası literatürden de faydalanılarak ülke gereksinimleri doğrultusunda “Temel Kılavuz” ve “Pratik Kılavuz” olmak üzere, iki ana bileşen geliştirilmiştir.

Geliştirilen “Temel Kılavuz” ile afetlere yönelik dünyada ve Türkiye’deki mevcut durum analiz edilmektedir. Heyelan, kaya düşmesi ve çığ afetleri konusunda teknik terminoloji sunularak, envanterin önemi, hazırlanma aşamaları, Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama uygulamaları gibi konular üzerinde durulmaktadır. Temel kılavuzun içeriğinde analiz aşamalarına değinilmekte olup, konuyla ilgili yapılması gereken jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar ile veri toplama süreci ve veri tabanı oluşturma süreçleri sunulmaktadır. Kılavuzlarda; duyarlılık, tehlike ve risk değerlendirmelerinde izlenmesi gereken metodoloji ortaya konulmaktadır. “Pratik Kılavuz” ise daha çok uygulamaya yönelik olarak hazırlanmıştır.

Kılavuzların hazırlanmasındaki temel amaç her ilin kendi afet tehlikelerini gösteren haritalar hazırlayabilmesi için teknik personelin kapasitesinin artırılması ve Ülke genelinde aynı temel prensiplerin uygulandığı ve aynı formatta tehlike haritalarının üretilmesidir.

Bu bağlamda, AFAD Başkanlığı bünyesinde benimsenmiş “Bütünleşik Afet Yönetimi Modeli” hedefine temel oluşturacak “Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması” çalışmalarında yol gösterici olacak bu kılavuzların faydalı olması temennisi ile bu çalışmalarda görev yapacak tüm personelimize başarılar dileriz.

AFAD BAŞKANLIĞI



**T.C.
BAŞBAKANLIK**
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

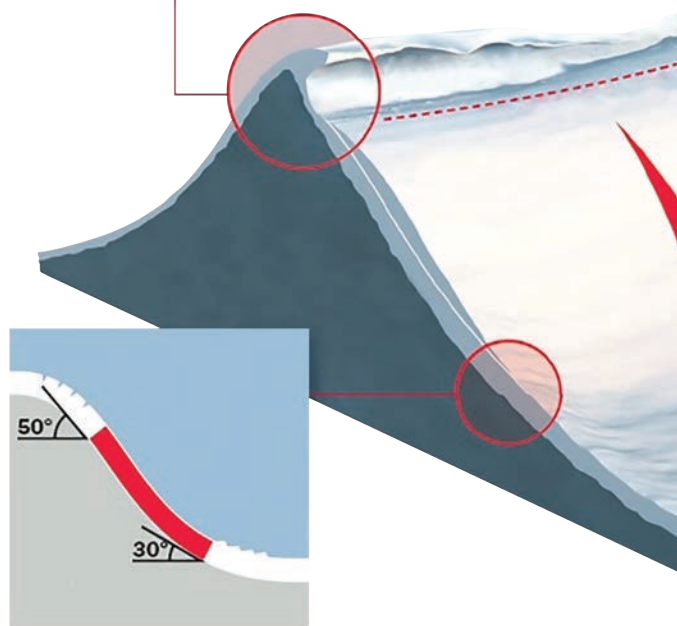
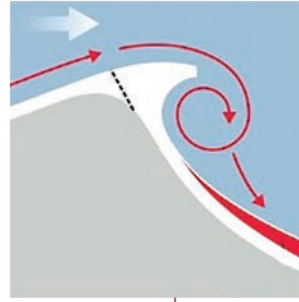


Çiğ dikkate değer düzeyde can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerden birisidir. Çiğ olaylarının neden olduğu kayıpların azaltılması, olası çiğ oluşum alanlarının belirlenmesi ve bu alanlara özgü önlemlerin alınması ile mümkündür.

Bu kılavuzun amacı, ilgililere ülkemizdeki çiğ duyarlı alanların belirlenmesi konusunda yol göstermektir. Kılavuz iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde çiğ oluşum koşulları, mekanizması, çiğ patikası, çiğ tipleri, çiğ büyüklüğü ve etkileri konularında temel bilgiler sunulmaktadır. İkinci bölümde, çiğ haritalamasında kullanılan duyarlılık, tehlike ve risk gibi temel kavramlar tanımlanmakta, duraylılık, tehlike ve risk haritalarının hazırlanması açıklanmakta, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sayısal yükseklik modeli haritalarından üretilen çiğ oluşumuna ilişkin parametreler tanımlanmaktadır. Metin akıcılığını sağlamak amacıyla bazı konulara ilişkin ayrıntılar Ek'ler bölümünde sunulmuştur.

CBS temelli çiğ duyarlılık haritalarının adım-adım hazırlanmasına ve Çiğ Kayıt Formu'nun sahada doldurulmasına ilişkin uygulama örneklerini içeren bilgiler ise Pratik Kılavuz adlı ayrı bir kitapçıkta sunulmuştur.

Kılavuz kitapçıklarında sunulan bilgiler ışığında oluşturulacak çiğ duyarlı alanlarda gerçekleştirilecek sistematik çiğ gözlemleri ve envanteri, gelecekte güvenilir Çiğ Tehlike ve Çiğ Risk haritalarının oluşturulması konusunda yol gösterici olacaktır.

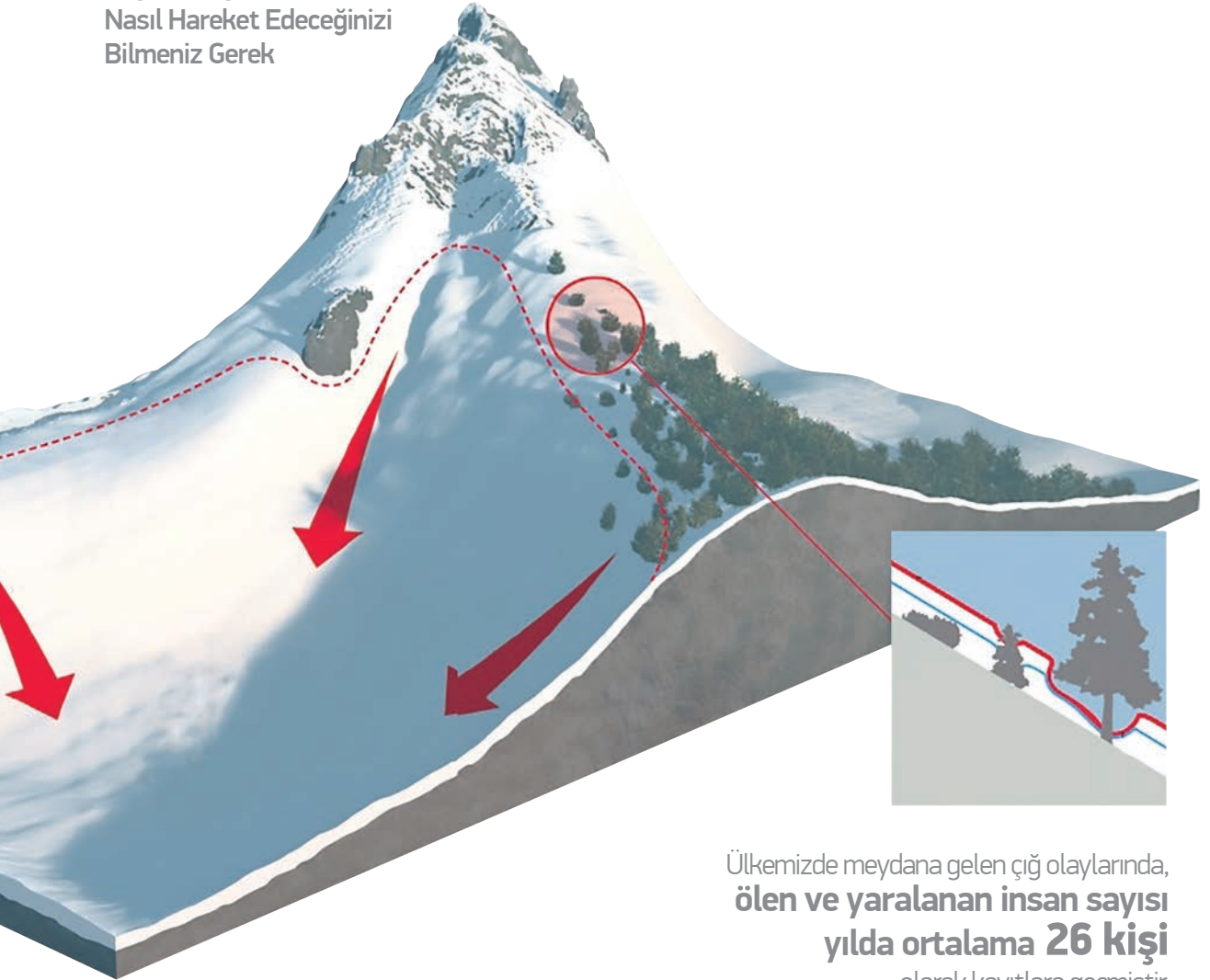




Meteorolojik ve Topoğrafik Koşullar İle Kar Örtüsünün İç Yapısı ÇİĞ OLUŞUMUNUN TEMEL FAKTÖRLERİDİR.

Geride Sadece **Tetikleyici Unsur** Kalır.

Dağlık ve Eğimli Alanlarda İseniz,
Nasıl Hareket Edeceğinizi
Bilmeniz Gerek



Ülkemizde meydana gelen çığ olaylarında,
ölen ve yaralanan insan sayısı
yılda ortalama 26 kişi
olarak kayıtlara geçmiştir.

İÇİNDEKİLER



Sayfa



ÖNSÖZ	2
GİRİŞ	4
İÇİNDEKİLER	6
ŞEKİLLER DİZİNİ	8
ÇİZELGE DİZİNİ	12

A**TEMEL BİLGİLER**

1	GİRİŞ	16
2	ÇİĞ NEDİR ?	20
3	ÇİĞ NASIL OLUŞUR	21
4	ÇİĞ OLUŞUMUNDA ETKİLİ OLAN KOŞULLAR	23
5	ÇİĞ PATİKASI	40
6	ÇİĞ TİPLERİ	43
7	ÇİĞİN BÜYÜKLÜĞÜ ve ETKİLERİ	50

B**ÇİĞ HARİTALAMALARI
ve DEĞERLENDİRMELERİ**

1	GİRİŞ	56
2	TEMEL TANIMLAR VE KAVRAMLAR	57
3	ÇİĞ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI	58
4	ÇİĞ HARİTALAMALARINDA KULLANILAN PARAMETRELER	70
5	DUYARLILIK, TEHLİKE ve RİSK KAVRAMLARI	78

C**EKLER**

1	KAR ÖRTÜSÜNÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	100
2	KAR ÖRTÜSÜNÜN DURAYLILIĞI	112
3	ÇİĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ	119

D**KAYNAKLAR**

Şekil 1.1.	Dünya genelinde günümüze değin gerçekleşen büyük ölçekli çığ olaylarındaki ölü sayıları	17
Şekil 1.2.	Türkiye’de çığ olaylarının gerçekleştiği iller (Haritadaki sayılar çığ olaylarından dolayı incelenen yerleşim birimlerinin sayısını göstermektedir.)	18
Şekil 1.3.	AFAD kayıtlarına göre Türkiye’de gerçekleşen çığ olayı sayısının yıllara göre değişimi	19
Şekil 1.4.	Zirveye yakın kesimlerde gerçekleşen gevşek kar çığlarından görünümeler	20
Şekil 1.5.	Bir yamaç üzerindeki kar kütesine etkiyen kuvvetler	21
Şekil 1.6.	Çığ oluşumunda belirleyici koşullar	23
Şekil 1.7.	Karın rüzgarla taşınım biçimleri	25
Şekil 1.8.	Tipik bir kar örtüsü içindeki kar tabakaları	26
Şekil 1.9.	Tipik bir kar örtüsü içindeki kar tabakaları (koyu renkli bantlar kar içindeki kirlilik seviyeleridir)	26
Şekil 1.10.	Kuramsal bir kar örtüsü içindeki kar tabakalarının dayanıklılık durumları	27
Şekil 1.11.	Bir kar örtüsünde güçlü kar tabakaları arasında yer alan zayıf kar tabakası	27
Şekil 1.12.	Kar örtüsüne ait tipik bir sıcaklık profili	28
Şekil 1.13.	Yüzey şeker karı	29
Şekil 1.14.	Yüzeye yakın şeker karı	30
Şekil 1.15.	Derin Şeker Karı	30
Şekil 1.16.	Kar örtüsü yüzeyinden alınmış bir buz kabuğu parçası	31
Şekil 1.17.	Yoğun kar yağışının kayma kabuğu ya da zayıf tabaka üzerindeki kar yükünü arttırması	34



Şekil 1.18.	Sabit yönlü ve sürekli esen rüzgar sırtlar boyunca saçaklar oluşturur	34
Şekil 1.19.	Başlangıç bölgelerindeki yamaç eğimine göre tabaka çığlarının dağılımı	36
Şekil 1.20.	Başlangıç bölgelerindeki yamaç eğimine göre çığ tiplerinin ve sıklığının dağılımı	36
Şekil 1.21.	Doğuya (soldaki pembe gölgeli bölüm) ve güneye (sağdaki gölgesiz bölüm) bakılı yamaçların kar örtüleri arasındaki fark	37
Şekil 1.22.	Dış büyük ve iç büyük yamaçlarda eğimin üst kotlardan, alt kotlara değişimi	38
Şekil 1.23.	Vadi şekilli çığ başlangıç bölgesi	39
Şekil 1.24.	Tipik bir çığ patikasının bölümleri	40
Şekil 1.25.	Tipik bir çığ patikasının bölümleri	41
Şekil 1.26.	Çığ Başlangıç bölgesinde kar örtüsüne etkiyen kuvvet tipleri	41
Şekil 1.27.	Tabaka (solda) ve gevşek kar (sağda) çığı patikalarının şematik gösterimi (I: başlangıç, II: akma, III: dura bölgeleri) (JSA)	43
Şekil 1.28.	Tipik tabaka çığı (solda) ve gevşek kar çığı (sağda) görünümüleri	44
Şekil 1.29.	Tipik bir tabaka çığının bölümleri	45
Şekil 1.30.	Çeşitli çığ tiplerine ait görüntüler	49
Şekil 1.31.	Orta büyüklükte bir çığın ağaç üzerinde oluşturduğu tahribat (Hacer Vadisi, Aladağlar, Kayseri)	52
Şekil 1.32.	Kesildiği tarihten kabaca 30 yıl önce çığ tahribatına uğramış bir ağaç gövdesindeki büyüme halkaları. Büyüme halkalarından hareketle çığ frekansının tahmin edilmesi çığ riski haritalarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır	52
Şekil 1.33.	Orta büyüklükteki bir çığ tarafından sürüklenmiş karayolu iş makinası	52
Şekil 1.34.	Çığ altında kalan bir ilkokulun dış görünümü	53
Şekil 1.35.	Çığ altında kalan bir ilkokulun içinden görünüm	53

Şekil 2.1.	Nagle Creek (Monashee Dağları, Kanada) çığ patikasının hava fotoğrafından görünümü (3 boyutlu görebilmek için stereoskop kullanınız) (Weird, 2002)	61
Şekil 2.2.	Val d'Isère (Fransa) bölgesinin 1/25000 ölçekli çığ haritalaması (turuncu bölgeler: hava fotoğraflarından; mor bölgeler saha çalışmaları ile belirlenmiş olup, yayılım zonları Norveç tekniği ile hesaplanmıştır) (Weir, 2002)	62
Şekil 2.3.	Rodnei Dağları (Romanya) için üretilmiş bir çığ duyarlılık haritası ve oluşturulma aşamaları (Simea, 2012)	65
Şekil 2.4.	Üzengili yöresi için yapılan çığ modellemesinde elde edilen maksimum akış yüksekliği ve çarpma basıncı haritaları (Aydın vd., 2014)	66
Şekil 2.5.	İsviçre Tekniği ile yapılan çığ haritalamasına bir örnek (Yavaş vd., 2010)	67
Şekil 2.6.	Norveç Tekniği ile üretilen çığ duyarlılık haritalarına bir örnek (kırmızı alanlar başlangıç zonlarını, pembe alanlar ise yayılım zonlarını göstermektedir) (NGU, 2010)	68
Şekil 2.7.	Kuzey İzlanda'daki 76 nolu karayolu için yapılan bir doğrusal çığ analizi (Wastl vd., 2011)	69
Şekil 2.8.	Yapılan literatür çalışması temelli parametre kullanım oranları	71
Şekil 2.9.	Yamaç eğimi kavramının şekilsel olarak ifade edilmesi	72
Şekil 2.10.	Ana coğrafi yönler ile ilişkilendirilen bakı değerleri	73
Şekil 2.11.	Kuzey yarım kürede bakının çığ oluşumu üzerindeki etkileri (NAC, 2014)	74
Şekil 2.12.	İçbükey ve dışbükey yamaç şekillerinin çığ oluşumunda etkisi (NAC, 2014)	75
Şekil 2.13.	Kılavuz kapsamında güncellenen çığ kayıt formu	80
Şekil 2.14.	Kılavuz kapsamında oluşturulan çığ zarar formu	81
Şekil 2.15.	Sivrikaya (Ovit Dağ geçidi) bölgesi çığ envanter ve jeomorfolojik analizle belirlenmiş olası çığ yerlerinin haritası (Yavaş vd., 2010)	84
Şekil 2.16.	Krkonose bölgesinde dikkate alınan parametreler ve çığ lokasyonları ile ilişkisi (Suk ve Klimanek, 2011)	87
Şekil 2.17.	Krkonose bölgesinde belirlenen çığ başlangıç alanları (Suk ve Klimanek, 2011)	88

Şekil 2.18.	UA teknikleri ile bitki örtüsü özelliklerinin çığ duyarlılık haritalamalarında kullanımı: (a) spektral görüntü; (b) NDVI haritası; (c) görüntü iyileştirme ve (d) sonu. Sınıflama haritası (gri: çıplak alan, sarı: çalılık, açık yeşil: bodur çam, koyu yeşil: iğne yapraklı orman) (Suk ve Klimanek, 2011)	89
Şekil 2.19.	Çığ duyarlılık haritası örneği (Suk ve Klimanek, 2011)	89
Şekil 2.20.	Grandes Jorasses bölgesindeki Whymper buzulu ve çığ oluşturma potansiyelinin zamanla değişimi: (a) Ocak 1997; (b) Haziran 1998 ve (c) Ocak 2009 (Margreth vd., 2011)	91
Şekil 2.21.	Grandes Jorasses bölgesindeki Whymper buzulunda farklı senaryolar dikkate alınan çığ tehlike haritaları: (a) 10000 m ³ 'lük kütle için, (b) 30000 m ³ 'lük kütle için ve (c) 150000 m ³ 'lük kütle için (Margreth vd., 2011)	91
Şekil 2.22.	Kütle hareketi sonucunda risk taşıyan bir yapıdaki ve içinde yaşayan insanlar için sayısal risk hesaplama aşamaları: a) bina için, b) insan için (VanWesten vd., 2006)	93
Şekil 2.23.	Trento (İtalya) bölgesi için üretilen çığ risk haritası: (a) binalar için ve (b) insanlar için (Cappabianca vd., 2008)	94
Şekil 3.1.	Kar tanesi şekli ile bulut sıcaklığı arasındaki ilişki	100
Şekil 3.2.	Yağış tiplerinin atmosferin sıcaklık profili ile ilişkisi	101
Şekil 3.3.	Bazı kar tanesi şekillerine ait görüntüler (Kotlyakov, 1981)	104
Şekil 3.4.	Kar sertliğinin belirlenmesinde kullanılan Ram batmaölçeri	107
Şekil 3.5.	Kar örtüsü boyunca Ram batmaölçeri ile belirlenmiş Ram direnci değişimi	107
Şekil 3.6.	El Testinde kullanılan araçlar	107
Şekil 3.7.	Kar örtüsüne ait tipik bir sıcaklık profili	109
Şekil 3.8.	Kayan-blok testi sırasında kayakçının konumu	113
Şekil 3.9.	Kürek kesme testi uygulanan kar kolonunun ölçüleri	114
Şekil 3.10.	Sahada çizilmiş tipik bir kar profili (Greene vd., 2010)	116
Şekil 3.11.	Kuramsal bir kar örtüsü boyunca ölçülmüş sıcaklık ve sertlik değişimi	117

Çizelge 1.1.	Çeşitli eğim açıları (θ) ve bunlara karşılık gelen $\sin\theta$ ve $\cos\theta$ değerleri	21
Çizelge 1.2.	JSA sınıflamasına göre çığ tipleri	46
Çizelge 1.3.	UNESCO morfolojik çığ sınıflaması (AFET, 1999)	48
Çizelge 1.4.	Avrupa ve Amerika'da kullanılan çığ büyüklüğü ölçekleri (Moner et al., 2013)	50
Çizelge 1.5.	Çeşitli kaynaklara göre farklı tipteki çığların çarpma kuvvetleri (AFET, 1999)	51
Çizelge 1.6.	Farklı düzeydeki çığ çarpma kuvvetlerinin neden olabileceği hasar düzeyleri	51
Çizelge 2.1.	Çığ değerlendirmelerde kullanılan haritalama türleri (Weir, 2002)	59
Çizelge 2.2.	Kılavuz kapsamında çığ değerlendirmelerine yönelik yapılan literatür araştırması analizi	70
Çizelge 2.3.	Çarpma basıncı ve potansiyel olarak oluşturacağı hasar ilişkisi (McClung, 2008)	92
Çizelge 2.4.	Kalitatif risk değerlendirmelerde çığ olasılığı tahmini (Weir, 2002)	95
Çizelge 2.5.	Çığ büyüklüğü-kalitatif risk değerleri ilişkisi (Weir, 2002)	95
Çizelge 2.6.	Çığ büyüklük sınıflaması (McClung ve Schaerer, 1981)	95



Çizelge 3.1. Kar örtüsünün birincil fiziksel özellikleri (Fierz vd., 2009)	100
Çizelge 3.2. Başlıca morfolojik kar tanesi şekli sınıfları (Fierz vd., 2009) ²	101
Çizelge 3.3. Kar tanesi şekillerine ilişkin sınıf ve alt sınıflar ile bunlara ait kodlar Kotlyakov, 1981 ³	102
Çizelge 3.4. Tane büyüklüğü (Fierz vd., 2009)	106
Çizelge 3.5. El Testi kar örtüsü sertliği aralıkları (Fierz vd., 2009)	108
Çizelge 3.6. Karın sıvı su içeriğine dayalı sınıflama (Fierz vd., 2009)	108
Çizelge 3.7. Kar örtüsünün ikincil fiziksel özellikleri (Fierz vd., 2009)	111
Çizelge 3.8. Kayan-blok testi yükleme ölçütleri	113
Çizelge 3.9. Kayan-blok testi yenilme büyüklüğü ölçütleri	113
Çizelge 3.10. Kürek kesme testi yenilme büyüklüğü ölçütleri	114
Çizelge 3.11. Çeşitli göstergelere göre bir bölgede çığ oluşma potansiyeli	119
Çizelge 3.12. Çeşitli göstergelere göre bir bölgede çığ oluşma potansiyeli	120

Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması

ÇİĞ
TEMEL KILAVUZ



A

TEMEL BİLGİLER

1. GİRİŞ



Çiğ tehlikesi içeren alanların ve bu alanlardaki çiğ riskinin belirlenmesinde ilk adım çiğın tanınmasıdır. Bu nedenle, Kılavuzun bu bölümünde dünyada ve Türkiye’de çiğın etkileri, çiğın nasıl oluştuğu, çiğ oluşumunda etkili koşullar, çiğ patikasının özellikleri, çiğ tipleri ve çiğın büyüklüğü ve etkileri ile ilgili temel konulara değinilmiştir. Kılavuzun amacı doğrultusunda sunulan bilgilerin kısa ve öz olmasına özen gösterilmiş Bölüm 1’de Temel Bilgilere, Bölüm 2’de Çiğ Haritalamaları ve Değerlendirme’ne yer verilmiştir.

Çiğ olayları dünya genelinde büyük can kayıplarına ve hasarlara neden olabilmektedir. Son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerde kış sporları ve kış turizmi aktivitelerinin artması, kış aylarında ulaşımı mümkün kılan araçlar ile kara ve demir yolu ağının yaygınlaşması çiğ olaylarının ve bunlardan etkilenenlerin sayısını arttırmaktadır. Yıllar arasında önemli farklılıklar gözlenmekle birlikte son yıllarda dünya genelindeki çiğ olaylarında oluşan yıllık can kaybının ortalama 250 kişi düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir.

Bir başka tahmine göre ise dünya genelinde çiğ kaynaklı yıllık ölüm sayısı 150 dolayında olup, bunun 30’u ABD’nde, 14’ü Kanada’da gerçekleşmektedir. Geçmiş yıllara ait veriler belirsizlik içerirse de dünya genelinde hemen her yıl can kaybı ile sonuçlanan çiğ olaylarının yaşandığı, ölü sayısının bir kaç kişi ile 20,000 kişi arasında değiştiği bilinmektedir (**Şekil 1.1**). Geçmişteki önemli çiğ olayları arasında Birinci Dünya Savaşı sırasında, 1916-1917 kışında

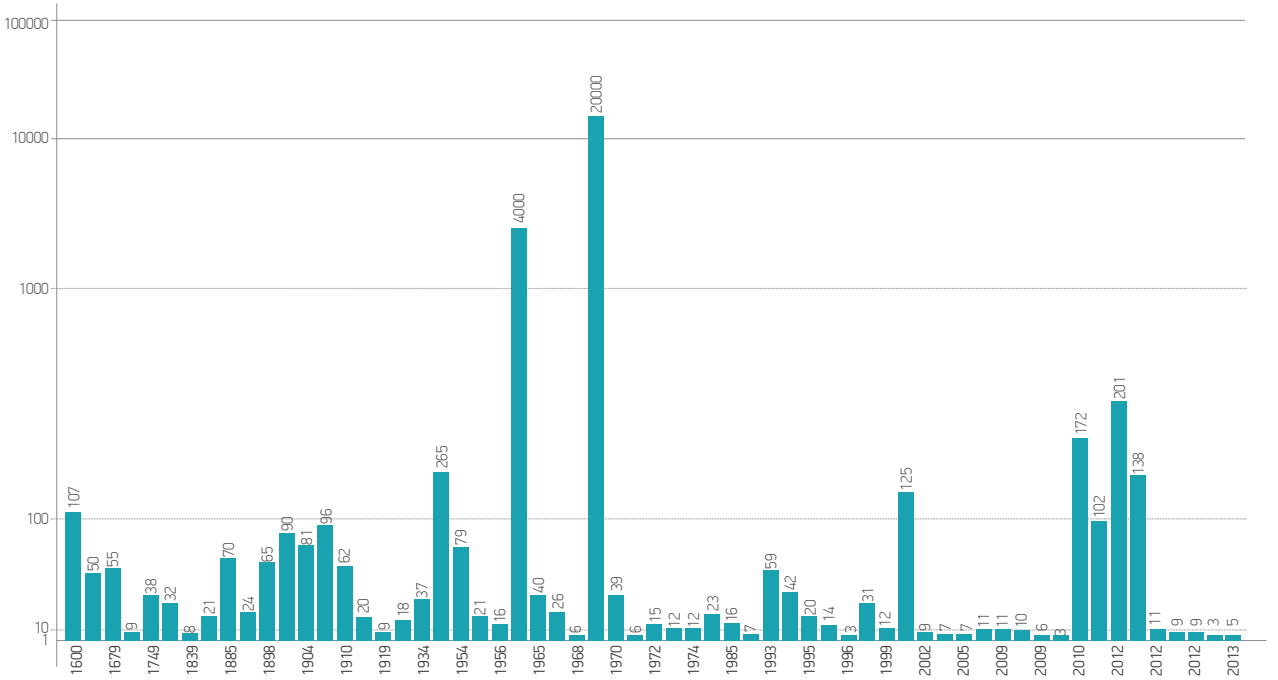
Avusturya-İtalya Alplerinde yaşanan çiğlar önde gelmektedir. Büyük çoğunluğu topçu atışından kaynaklanan bu çiğlarda farklı zamanlarda toplam 40,000 ila 80,000 arasında askerin öldüğü tahmin edilmektedir. Yalnızca Aralık 1916 ayında gerçekleşen çiğlarda her iki taraftan 10 bin kişinin öldüğü tahmin edilmektedir. Peru’da 1970 kışında depremlerle tetiklenen kar çiği ve moloz akıntısı 18 km’lik bir çiğ patikasını saatte 350 km hıza varan bir şekilde kat etmiş, çoğunluğu iki kasabada olmak üzere 20,000’den fazla kişinin ölümüne neden olmuştur.

Terör Kışı (winter of terror) olarak da anılan 1950-1951 kışında Avusturya, Fransa, İsviçre, İtalya ve Almanya Alplerinde gerçekleşen 649 çiğda 265 kişi hayatını kaybetmiştir. Yakın dönemde, 1993 kışında Fransa Alplerinde 12 kişinin ölümüne neden çiğ olayı ile yine 1999 kışında Avusturya Alplerinde 31 kişinin ölümüne neden olan büyük çiğ olayları yaşanmıştır. Dünyanın en yüksek dağ silsilesini oluşturan Himalayalar’da da çok sayıda ölümcül çiğ olayı gerçekleşmektedir. Bu kapsamda 1990 kışında Kırgızistan (43 ölü), 2012 kışında Pakistan (135 ölü), 2012 kışında Tibet (11 ölü), 2014 kışı Tibet (12 ölü) çiğları başlıca ölümcül çiğlardır. Büyük ölçekli heyelan ve moloz akıntılarının eşlik ettiği, binlerce kişinin ölümüne neden olan ekstrem çiğlar (örğ. 1962 ve 1970 yıllarında, Peru’da gerçekleşen Huascarán çiğları) bir yana bırakıldığında, 1960’lı yıllardan günümüze büyük ölçekli çiğ olaylarında gerçekleşen minimum, ortalama ve maksimum ölü sayıları sırasıyla 3, 42 ve 265 ölü/çiğ düzeyindedir.



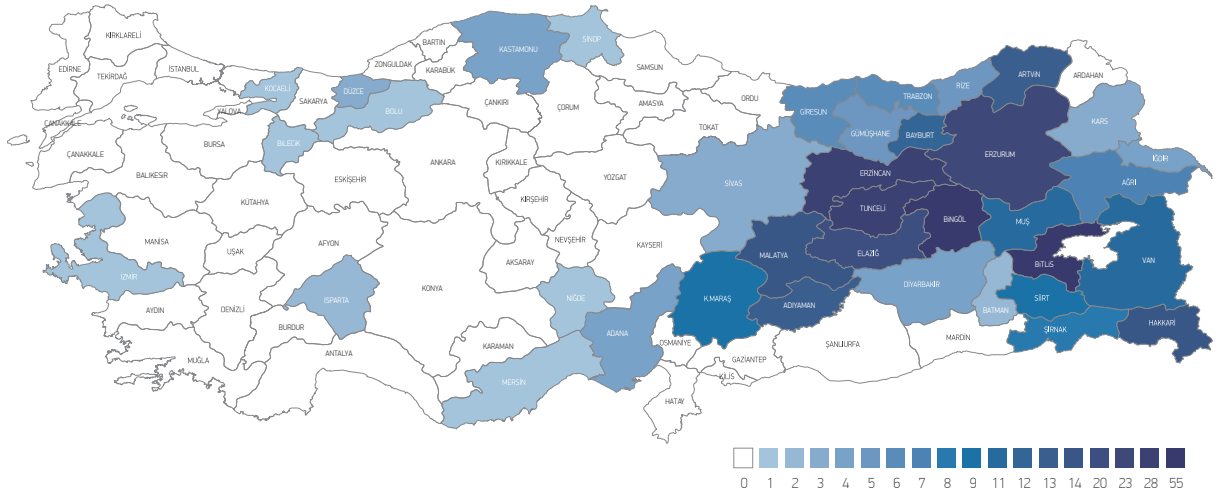
Son Yıllarda Dünya Genelindeki
Çığ Olaylarında Oluşan
Yıllık Can Kaybının
Ortalama 250 Kişi
Düzeyinde Olduğu Tahmin Edilmektedir.

Şekil 1.1. Dünya genelinde günümüze değin gerçekleşen büyük ölçekli çığ olaylarındaki ölü sayıları.



Deniz seviyesinden ortalama 1131 m'lik yükseltisi ile Türkiye, dünyadaki en yüksek ülkelerden birisidir. Ortalama yükselti ülke genelinde asimetrik bir dağılım göstermekte olup, jeolojik zaman ölçeğinde gerçekleşen dağ oluşum süreçleri nedeniyle kuzey ve güney kıyıları sıradağlar ile kaplı olup, ülkenin doğu bölümü batı bölümünden daha yüksektir. Artan yükselti beraberinde düşük hava sıcaklığını da getirdiğinden, bu kesimlerde daha yoğun kar yağışı ve buna bağlı çığ olayları ile daha sık karşılaşmaktadır (**Şekil 1.2**).

Şekil 1.2.: Türkiye'de çığ olaylarının gerçekleştiği iller (Haritadaki sayılar çığ olaylarından dolayı incelenen yerleşim birimlerinin sayısını göstermektedir.)



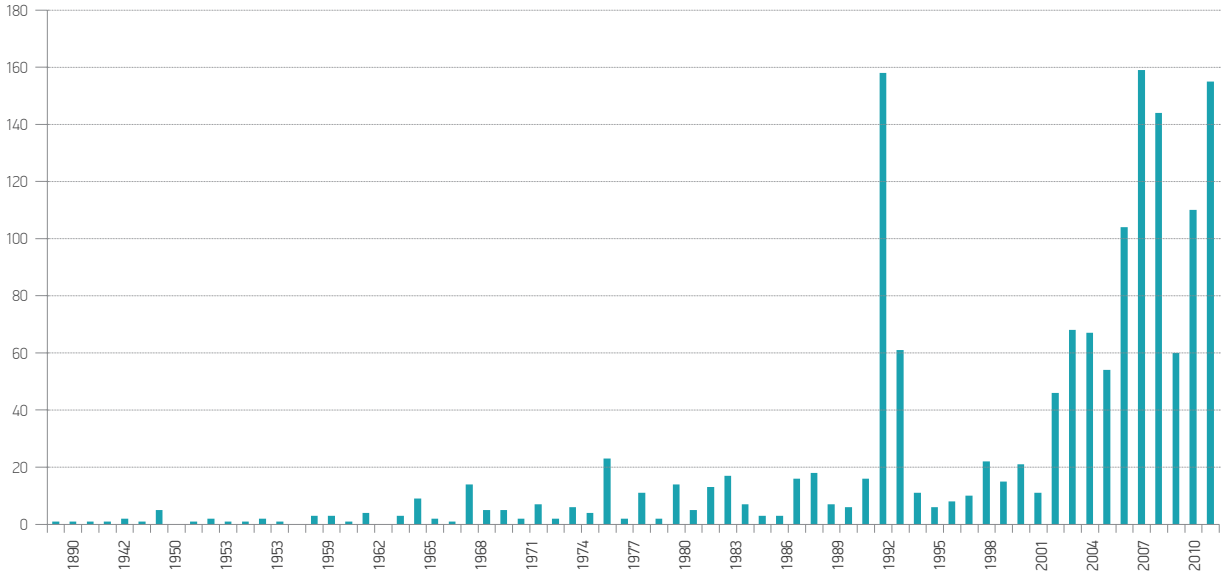
AFAD tarafından derlenen, 1890 ile 2014 arasında veri içeren 71 yılı kapsayan verilere göre bu dönemde Türkiye'de meydana gelen çığ olayı sayısı 1997 (Şekil 1.3), bu çığlara bağlı ölü sayısı 1446, yaralı sayısı ise 420'dir. Kayıtlara göre çığ olayı sayısı 1990'lı yıllardan sonra artış göstermekle birlikte bu durumun iklim koşullarının değişmesinden çok 1990'lı yıllardan önceki iletişimin günümüze göre daha sınırlı olmasından ve 1980'li yıllardan itibaren nüfus ve insan hareketliliğinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, 1990'lı yıllardan sonra Türkiye'de gözlenen çığ olayı sayısındaki sıçrama dünya genelinde görülmemektedir. Buna karşın, ABD'deki kayıtlara göre 1950'li yıllarda çığ kaynaklı ölüm sayısı 5 iken bu değer 2000'li yılların başında 30'a yükselmiştir. Bu değişimin, nüfus ve insan hareketliliği ile kış sporlarına olan ilginin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Türkiye'de gelecekteki durum açısından daha temsil edici olduğu düşünülen- 1990'lı yıllar ve sonrasında yıllık çığ olayı sayısı ortalama 74 olarak kayıtlara geçmiş durumdadır. Diğer yandan, yerleşimlerden uzak alanlarda gerçekleşen ya da can ve mal kaybına neden olmayan pek çok çığ

olayının da kayıtlara geçmemiş olması oldukça olasıdır. Yıllar arasında çığların neden olduğu can ve mal kaybı büyük değişkenlik göstermektedir. Türkiye'de 1993 kışında yaşanan Üzengili-Bayburt (59 kişi) ve 2009 kışında yaşanan Zigana-Gümüşhane (11 kişi) çığlarında önemli can kaybı yaşanmıştır. Zigana'da yaşanan çığ olayı ülkemizde kış sporlarına olan ilginin artmasından kaynaklanmakta olup, benzer olayların gelecekte yaşanması olasılığı da her geçen yıl artmaktadır.

AFAD'ın 71 yılı kapsayan verilerine göre çığlar sonucu her yıl oluşan can kaybı ve yaralı sayısı ekstrem yıllar dışında benzer büyüklüktedir. Yıllık ortalama olay sayısı 28, ölü sayısı 20 kişi, yaralı sayısı 6 kişidir.



Şekil 1.3. AFAD kayıtlarına göre Türkiye’de gerçekleşen çığ olayı sayısının yıllara göre değişimi.



71 Yıllık verilere göre
ülkemizde ÇİĞ’a bağlı
Yıllık Ortalama
28 Olay,
20 Ölü,
6 Yaralı,
gerçekleşmektedir.



2. ÇIĞ NEDİR?

Çığ eğimli bir kayma yüzeyi boyunca gerçekleşen oldukça hızlı kar akışına verilen addır. Yabancı literatürde çığ karşılığı olarak yaygın biçimde kullanılan “*avalanche*” sözcüğü Fransızca kökenli olup, iniş-alçalma-çöküş anlamlarını taşımaktadır. Türkçe’de “çığ” sözcüğü yalnızca kar akışını tanımlamakla birlikte yabancı dilde akan kütlelerin niteliğine bağlı olarak kaya çığı (*rock avalanche*), moloz çığı (*debris avalanche*) ve kar çığı (*snow avalanche*) terimleri de kullanılmaktadır. Bununla birlikte, hemen her dilde “çığ” (*avalanche*) terimi yaygın olarak kar çığı için kullanılmaktadır. Bu kılavuzda da çığ terimi kar çığını tanımlamak üzere kullanılmıştır. **Şekil 1.4**’te dağların zirve kesimlerinde gerçekleşen gevşek kar çığlarının oluşum anlarındaki tipik görüntüleri sunulmuştur.

Çığlar tetiklenme olarak adlandırılan, kar örtüsü içinden yada dışından kaynaklanan bir etken tarafından başlatılmaktadır. Bir kez tetiklenen çığ, hemen hızlanmaya başlayarak akış patikasındaki kar kütlelerini de hareketlendirir. Bazı çığ türlerinde (ıslak kar çığı) çığ harekete başladıktan sonraki 5 saniye içinde 130 km/sa hıza ulaşabilmektedir. Bazılarında ise (toz kardan oluşan çıglarda) zeminle temas sonucu sürtünme daha az olduğundan bu hız 350 km/sa’e ulaşabilmektedir. Ortalama hızı 100 km/sa olan bir çığ, ortalama 1 km uzunluğundaki bir çığ patikasını 18 saniyede kat eder. Çığ tehlikesi genellikle 30 cm ve üstü kar yağışını takip

eden 24 saat içinde en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Bazı çığlar, çatlama ya da çatırdama sesleri ile öncül işaret vermektedirler. Bununla birlikte, bazı çığlar hiçbir öncül işaret olmaksızın başlamaktadırlar.

Çeşitli çığ düşürme yöntemleri ile can ve mal kaybı riskinin yüksek olduğu bölgelerde çığ tehlikesi içeren kar örtüsü daha fazla büyümeden tetiklenerek küçük çaplı çığlara dönüştürülebilmektedir. Bu amaçla, koşullara bağlı olarak, elle yerleştirilen ya da helikopterden atılan patlayıcılar ile uzak mesafelerden gerçekleştirilen top atışlarından ya da çığ başlangıç alanlarına yerleştirilen patlayıcı gaz temelli tetikleyicilerden yararlanılmaktadır. Çığ riskinin süreklilik gösterdiği durumlarda ise ulaşım hatlarının tünel içinden ya da çığ saptırıcı çatı (*İng. snowshed*) altından geçirilmesi, yerleşimlere yönelik çığların çeşitli mühendislik araçları ile riskli bölgeden saptırılması gibi önlemler alınmaktadır. Kış turizminin ve sporlarının yoğunlaştığı ülkelerde kar örtüsünün mevcut durumunun ve hava koşullarının sürekli izlenmesi yoluyla rutin çığ riski tahminleri yapılmaktadır. Çığ riski tahminlerinin ilk aşaması, çığ tehlikesi içeren alanların haritalanmasıdır. Çığ tehlike haritalarının hazırlanmasından önce ise çığ tehlikesi içeren çığa duyarlı alanların haritalanması gerekmektedir. **Bölüm 2**’de söz konusu haritalama çalışmalarına ilişkin ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Şekil 1.4.: Zirveye yakın kesimlerde gerçekleşen gevşek kar çığlarından görüntüler.



3. ÇIĞ NASIL OLUŞUR ?

Çiğ kar kütlelerinin kaygan bir yüzey üzerinde harekete geçmesi ve bu hareketin doğal ya da yapay unsurlarca engellenememesi sonucunda oluşur. Yoğun orman örtüsü gibi doğal, kar çitleri ya da saptırma duvarları gibi yapay unsurlar çığın başlamasını engelleyebilir, başlamış çığları durdurabilir ya da etkisini azaltabilirler. Bu nedenle çığ olayları çoğunlukla karın hareketlenmesini teşvik eden eğimli ve bitki örtüsünce zayıf ya da çıplak alanlarda gerçekleşmektedir.

Çiğ oluşumunun temel nedeni kar örtüsü altındaki zayıf tabakanın örtüden kaynaklanan yükü taşıma kabiliyetini yitmesidir. Zayıf tabaka, kar örtüsünün zeminle temas ettiği yüzey ya da kar örtüsü içindeki taşıma dayanımı düşük bir seviye olabilir. Çiğ, zayıf tabaka üstündeki kar yükünün yeni kar yağışı ile artması ve/veya zayıf tabakanın, karın metamorfizma geçirmesi sürecinde taşıyıcı özelliğini kademeli olarak kaybetmesi sonucu ortaya çıkar. Kar, yağışını takip eden dönemde meteorolojik koşulların etkisi ile sürekli bir metamorfizma (başkalaşım) süreci yaşamakta, bu süreçte kar örtüsü içinde zayıf tabakalar, örtü yüzeyinde ise kayma kabuğu oluşabilmektedir. Gerek zayıf tabakalar ve gerekse kayma kabukları, üzerlerindeki yükü taşıma kabiliyeti düşük olduğundan çığ oluşumunu teşvik edici rol oynamaktadırlar. Çiğ oluşumunda, kar örtüsündeki metamorfizmanın yanı sıra yamacın eğimi, baktığı yön gibi topoğrafik koşullar ile yoğun kar yağışı ve etkili güneşlenme gibi meteorolojik koşullar da etkili olmaktadır. Bunlara ilişkin ayrıntılar ileriki bölümde sunulmuş olup; aşağıda çığı başlatan kar kütlesi hareketinin mekanik temelleri açıklanmıştır.

Çiğ oluşturma potansiyeli içeren bir kar kütlelerine etkiyen kuvvet vektörleri **Şekil 1.5**'teki gibidir. Basit ifadesi ile bir kütleyle etkiyen yer çekim kuvveti, F kuvvet (N); m (kg) kütle, g yerçekimi ivmesi (N/kg) olmak üzere aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

$$F = m \cdot g$$

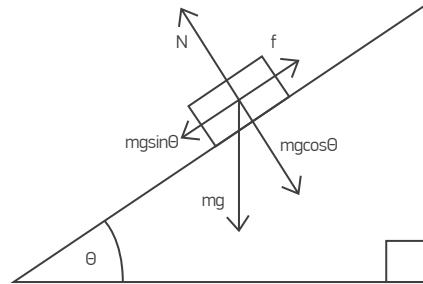
Yatayla θ açısı yapan bir yamaç üzerindeki kar kütlelerine yerküre merkezine doğru etkiyen $m \cdot g$, yerçekimi kuvveti vektörünün yamaca paralel bileşeni $m \cdot g \cdot \sin(\theta)$, yamaca dik bileşeni ise $m \cdot g \cdot \cos(\theta)$ büyüklüklerine sahiptir.

Kar kütlelerinin kaymadan yamaç üzerinde durabilmesi için doğal olarak kütleyle etkiyen yamaca yatay ve yamaca dik vektör bileşenleri eşit büyüklükte yani,

$$m \cdot g \cdot \sin(\theta) = m \cdot g \cdot \cos(\theta)$$

olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, eşitliğin iki tarafındaki $m \cdot g$ ifadesi aynı büyüklükte olduğundan, yüzeye yatay ve dikey yöndeki kuvvet büyüklükleri eğim açısının sinüs ve cosinüs değerlerince belirlenmektedir. **Çizelge 1.1**'de çeşitli eğim açılarının sinüs ve kosinüs değerleri verilmiştir.

Şekil 1.5 Bir yamaç üzerindeki kar kütlelerine etkiyen kuvvetler.



Çizelge 1.1 Çeşitli eğim açıları (θ) ve bunlara karşılık gelen $\sin\theta$ ve $\cos\theta$ değerleri.

Eğim Açısı (θ)	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
Sin (θ)	0	0.17	0.34	0.50	0.64	0.71	0.77	0.87	0.94	0.98	1.00
Cos (θ)	1	0.98	0.94	0.87	0.77	0.71	0.64	0.50	0.34	0.17	0.00

Görüldüğü gibi yatay bir yüzeyde ($\theta = 0^\circ$) $\sin(\theta) = 0$, $\cos(\theta) = 1$ olup, kar kütlelerinin yüzey boyunca hareket etmesi yatay yönde etkiyen kuvvetin sıfır olması nedeniyle mümkün değildir ($F = m \cdot g \cdot \sin(\theta) = m \cdot g \cdot 0 = 0$). Öte yandan yamaç eğiminin 45° olması durumunda ise $\sin(\theta)$ ve $\cos(\theta)$ aynı değere sahip olduğundan (0.71), kar kütlelerine yamaca yatay ve dikey yönde etkiyen kuvvetler ($F_{\text{yüzeye yatay}} = m \cdot g \cdot 0.71 = F_{\text{yüzeye dik}} = m \cdot g \cdot 0.71$) eşittir. Bu durumda, herhangi bir nedenle dikey kuvvet azaltılmadığı ya da yatay kuvvet artırılmadığı sürece kar kütleleri hareket etmeyecektir. Ayrıca, **Çizelge 1.1**'e göre ($m \cdot g$ yönden bağımsız bir sabit değer olduğundan) yatay kuvvet vektörünün dikey kuvvet vektörüne oranı (yani $\sin(\theta)/\cos(\theta)$ oranı) 45° 'nin altındaki açılarda 1'den küçük; 45° 'den büyük açılarda ise 1'den büyüktür. Bu durum, başka etkenler sürece katılmadığı sürece eğim açısı 45° 'nin altındaki yüzeylerde karın yamaç boyunca kaymayacağını göstermektedir. Buna karşın, doğadaki durum "sürtünme kuvvetinden" kaynaklanan nedenlerden dolayı daha karmaşık olup, eğim açısı 20° ile 55° arasında olan tüm yamaçlarda çığ oluşabilmektedir. Bu durumun nedeni çığa neden olan kar kütleleri ile temas ettiği yüzey arasındaki sürtünmenin kar kütleleri arasında ve aynı kar kütleleri içinde yer ve zamanla değişkenlik göstermesidir.

Gerçekte **Şekil 1.5**'te gösterilen kar kütlelerine yamaca yatay doğrultuda¹ (yönde değil) 2 kuvvet etkimektedir. Bunlardan birisi yukarıda anılan ve yamaç aşağı yönde etkiyen yerin çekme kuvveti ($F = m \cdot g \cdot \sin(\theta)$)², diğeri ise buna ters yönde, yamaç yukarı etkiyen yüzeye özgü sürtünme kuvvetidir ($f = -F = m \cdot g \cdot \sin(\theta)$). Sürtünmesiz bir yüzeyde $f = 0$ olacağından, kar kütlelerinin yamaç aşağı yöndeki kayması $\sin\theta/\cos\theta$ oranınca belirlenecektir. Buna karşın doğada kar örtüsü farklı özelliklere sahip kar tabakalarından oluşmakta, tabakalar arasında ise tabakaları oluşturan kar tanelerinin özelliklerine bağlı olarak iyi kaynaşma³ (= iyi tutunma = yüksek pürüzlülük) ya da kötü kaynaşma (= kötü tutunma = düşük pürüzlülük) oluşmaktadır. Pürüzlülüğün yüksek (ya da kayganlığın düşük) olması f değerini arttırmaktadır. Çekme ve sürtünme kuvvetlerinin eşit

olduğu bir durumda kar kütleleri kritik denge durumunda bulunmakta ve hareket etmemektedir. Herhangi bir nedenle tabakalar arası kayganlığın artması ve buna bağlı olarak sürtünme kuvvetinin azalması durumunda kritik denge durumu çekme kuvveti lehine bozulmakta; bu durum kar tabakası hareketini tetikleyerek çığ olayını başlatmaktadır.

Çığ literatüründe kayganlığı yüksek ara tabakalar, zayıf yüzey olarak tanımlanmaktadır. Çığa neden olan kaymayı başlatan, zayıf yüzeylerin oluşması ve/veya zayıf yüzey(ler) üzerindeki yükün artmasıdır. Diğer yandan, zayıf yüzeyin pürüzlülüğü ve mevcut kar kütleleri ağırlığı sabit kalsa bile, kar kütlelerine ait yamaç aşağı kuvvet vektörünü destekleyen yönde etkiyen deprem ve patlayıcı kullanımı kökenli sismik şoklar da çığa neden olan ilk kar hareketini başlatabilmektedir. Yaygın kanaatin aksine ateşli silahlardan –ya da benzeri- ses kaynaklarının oluşturduğu basınç dalgalarının çığı tetiklemesi mümkün değildir (Reuter and Schweizer, 2009).



¹ Doğrultu terimi iki yön içerir. Örneğin kuzey güney doğrultusunun bir tarafı kuzey yönünü, diğer tarafı güney yönünü içermektedir.

² Konuyu basitleştirmek amacıyla kohezyon kuvvetlerine değinilmemiştir.

³ **Kaynaşma:** *İng. Bonding*. Bu kılavuzda anılan "kaynaşma" terimi "Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü Çığ Terimleri Sözlüğü aynı amaçla kullanılan "bağ oluşumu" terimi ile eş anlamlıdır.

4. ÇIĞ OLUŞUMUNDA ETKİLİ OLAN KOŞULLAR

Çiğın oluşumunda dört koşul etkili olmaktadır. Bunlar kar örtüsü koşulları, meteorolojik koşullar, topoğrafik koşullar ve çiğ tetikleyicileridir. Daha önce de belirtildiği gibi çiğ, kar kütlesinin hareket etmesini teşvik eden çekme kuvveti ile bu hareketi engelleyen sürtünme kuvveti arasındaki dengenin bozulması sonucunda gerçekleşmektedir. Kar örtüsünün iç yapısının yanı sıra topoğrafik ve meteorolojik etkenlerin de bu dengenin çiği oluşturucu ya da engelleyici yönde gelişmesi üzerinde etkili olmaktadır. Gerçekte çiğ oluşumunu hazırlayan tüm bu etkenlerin temelinde meteorolojik koşullar (hava durumu) yatmakta olup, bu durum çiğ bilimciler arasında yaygın bir slogan olan “hava durumu tüm çiğların mimarıdır” ifadesiyle özetlenmektedir (weather is the architect of all avalanches). Diğer yandan, topoğrafik koşullar da hem meteorolojik

koşulların etkisi üzerinde belirleyici olarak, hem de çekme ve sürtünme kuvvetleri arasındaki dengenin kontrolünde rol alarak çiğ oluşumunda etkili olmaktadır. Çiğın oluşumundan hemen önce kar kütlesine etkiyen çekme ve sürtünme kuvvetleri arasında anılan koşullar tarafından belirlenmiş kritik bir dinamik denge durumuna ulaşılmış bulunmaktadır. Bu noktada, kar örtüsünün içinden ya da dışından kaynaklanan herhangi bir iç ya da dış etken (tetikleyici = trigger) anılan kuvvet dengesini çekme kuvveti lehine bozarak çiği başlatmaktadır. Aşağıda çiğ oluşumunda etkili kar örtüsü koşulları, topoğrafik koşullar ve meteorolojik koşullar ile tipik tetikleyiciler hakkında temel bilgiler sunulmuştur (Şekil 1.6).

Şekil 1.6 Çiğ oluşumunda belirleyici koşullar.



4.1. Kar Örtüsü Koşulları

Çiğ oluşumunun anlaşılması için çiğ neden olan kar örtüsünün fiziksel özelliklerinin, bu özelliklerin gelişimi üzerinde metamorfizma sürecinin nasıl etkili olduğunun ve topoğrafik-meteorolojik koşulların da metamorfizma sürecini nasıl etkilediğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çiğ tahminçileri hava durumu öngörülerinin yanı sıra kar örtüsünün iç yapısının belirlenmesine de büyük önem verirler. (Fierz vd., 2009). İlk birikim anında kar bir diğerine kaynaşmış milimetre altı boyuttaki buz kristallerinden oluşan, kar mikroyapısı olarak adlandırılan oldukça gözenekli bir yapıya sahiptir ve bünyesinde katı (buz), sıvı (su) ve gaz (su buharı, nem) fazların tümünü birlikte barındırmaktadır. Kar, yüzeyde depolanmasından erimesine (ya da uzun yıllar yüzeyde kalması durumunda buzkar⁴ (İng. firn) ve buza dönüşmesine kadar geçen süre boyunca metamorfizma olarak anılan sürekli bir başkalaşım sürecinden geçmektedir. Kar örtüsü farklı tipiler ya da rüzgarla depolanma sonucunda birikmiş farklı kar tabakalarından oluşmakta; her bir tabaka farklı metamorfizma sürecinden geçmektedir. Bu nedenle tabakaların her biri üstünde ve altında yer alan diğer tabakalardan kar tipini belirleyen mikroyapı ve yoğunluk ile karın durumunu belirleyen kar sertliği, sıvı su içeriği, kar sıcaklığı ve çöl tozu vb. kirlenmeler

(impurities) açısından farklılık göstermektedir. Söz konusu farklılıklar kar örtüsü içinde “zayıf tabaka”, örtü yüzeyinde ise “kayma kabuğu” olarak adlandırılan, üzerinde yer alan ya da alacak kar örtüsünü taşıma kabiliyeti düşük düzlemler oluşturmaktadır. Diğer yandan, meteorolojik ve topoğrafik koşulların etkisinden dolayı kar örtüsü her yerde benzer yapı göstermemekte, kısa mesafelerde önemli farklılıklar oluşabilmektedir. Örneğin, aynı yağış ya da rüzgar birikimi ile oluşan kar tabakasının bir yerde kalın ve kaymaya dirençli, bu yerden 10 m uzaktaki bir başka yerde ise ince ve kaymaya elverişli yapıda olabilmektedir.

Kar tabakasının, zayıf tabakanın ve kayma kabuğunun oluşumuna ilişkin ayrıntılar aşağıda açıklanmıştır. Çiğ oluşumunda etkili kar tabakası özellikleri **Ek-1**'de bu özelliklere bağlı olarak kar örtüsü duraylılığının nasıl belirlendiğine ilişkin ayrıntılar **Ek- 2**'de verilmiştir.



⁴ Buzkar İngilizce “firn” karşılığı olarak kullanılmıştır. Buzkar yazın erimemiş, birbirleri ile iyi kaynaşmış ve sıkışmış kar tanelerinden oluşur. Kar ve buz arası yapı ve dokuya sahiptir.

4.1.1 Kar Tabakası Oluşumu

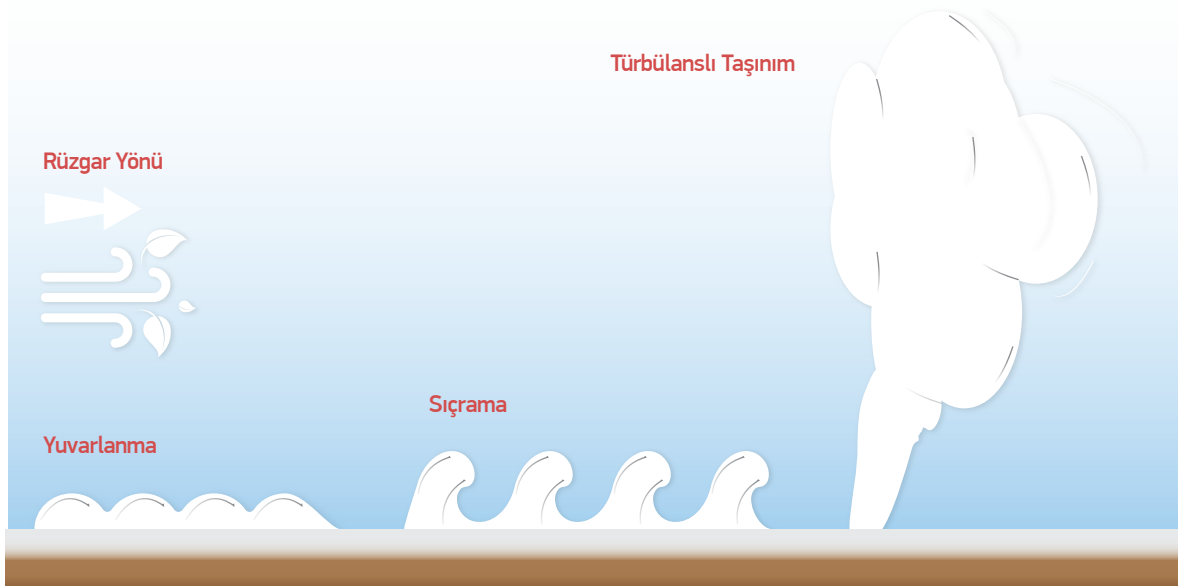
Kar tabakası, kar örtüsünün bir bölümü olup, kendi üstündeki ve altındaki tabakalardan fiziksel özellikleri açısından farklılık gösterir. Belirli bir alandaki kar birikimi, kar yağışı ya da daha önce yağmış karın rüzgarla taşınarak başka alanlarda depolanması sonucunda oluşur. Genellikle birbirini takip eden her bir birikim süreci farklı bir kar tabakasının oluşmasını sağlar. Kış süresince devam eden yağış olayları ve rüzgarla taşınımından dolayı kar örtüsü zaman ilerledikçe artan sayıda kar tabakası içerir.

Çığa neden olan kar tabakalarının çoğu rüzgarla birikim sonucunda oluşmaktadır. Rüzgarla kar taşınımı dağın rüzgarüstü (İng. windward) yamacındaki karın rüzgar tarafından rüzgaraltı (İng. leeward) yamaca taşınması ve burada biriktirilmesi ile oluşmaktadır. Birikimin temel nedeni rüzgaraltı yamaçta hava akımı alanının genişlemesi sonucu rüzgar hızının azalmasıdır. Rüzgarla kar taşınımı, i) yuvarlanma, ii) sıçrama ve iii) türbülans süspansiyonu (İng. turbulent suspension) şeklindeki taşınım biçimleri ile gerçekleşmektedir (**Şekil 1.7**). Kar tanelerinin yüzeyden 1-3 mm kadar yükselecek biçimde taşınması yuvarlanma; yüzeyden

yaklaşık 10-25 cm yüksekliğe değin yükselen biçimde taşınması ise sıçrama olarak adlandırılır. Türbülanslı süspansiyon taşınımında ise yüzeyden koparılan kar taneleri 1-100 m yüksekliğinde bir aerosol (içinde katı partiküller bulunan hava) şeklinde taşınırlar. Kar tabakası oluşumunda yuvarlanma (İng. rolling) ve sıçrama (İng. saltation) şeklindeki taşınım da etkili olmakla birlikte, türbülanslı süspansiyon biçimindeki taşınım süreci diğerlerinden daha etkilidir. Bu taşınım şekli ile kar kilometrelerce uzağa taşınabilir.

Rüzgarla kar taşınımı havadaki yeni kar taneciklerini (snowflake) ya da yüzeydeki kar kristallerini parçalayarak daha küçük parçalara ayırmakta ve rüzgaraaltı yamaçta yüksek yoğunluklu ve kohezyonlu bir kar tabakası şeklinde depolamaktadır. Kar taneciklerinin küçülmesi daha iyi paketlenmeyi sağlamakta bu da kar yoğunluğunu ve taneler-arası kohezyonu arttırmaktadır. Rüzgarla kar taşınımında rüzgar hızının yanı sıra, süpürülen yüzeydeki karın yoğunluğu da önem taşımaktadır. Doğal olarak, yüzeydeki kar yoğunluğu azaldıkça (örn. kuru kar) karın taşınması için gereken rüzgar hızı da azalmaktadır.

Şekil 1.7 Karın rüzgarla taşınım biçimleri.



Diğer yandan, yüksek rüzgar hızlarında yüksek yoğunluklu kar da (örn. ıslak kar) yüzeyden süpürülerek taşınabilmektedir.

Kar örtüsünü oluşturan kar tabakalarının benzer fiziksel özelliklere sahip olması, tabakalar arasında belirgin süreksizlik yüzeylerinin gelişmemesi ve örtünün yer yüzeyi ile iyi kaynaşması durumunda, bu kar örtüsü için çığ oluşturma olasılığı düşüktür. Çığa neden olan, kar örtüsünü oluşturan tabakaların birbirleri ile ve/veya yer yüzeyi ile iyi bir biçimde kaynaşmamasıdır (Şekil 1.8 ve 1.9). Yüzey tabakası çığları kar örtüsü içindeki tabakalar arasındaki yetersiz kaynaşmadan, tüm tabaka çığları ise bütün bir kar örtüsünün yer yüzeyi ile yetersiz kaynaşmasından kaynaklanmaktadır. Gerek kar tabakaları arasında ve gerekse kar örtüsü ile yer yüzeyi arasındaki yetersiz kaynaşmanın başlıca nedeni zayıf tabakaların ya

da kayma kabuklarının varlığıdır (Şekil 1.10 ve 1.11). Zayıf tabakaların ya da kayma kabuklarının üzerlerindeki kar kütlelerini taşıma kabiliyetleri oldukça düşük olup, çığ oluşturma potansiyelleri son derece yüksektir. Bu yüzeylerin düşük taşıma kabiliyetine sahip olmalarının başlıca nedeni kendilerini oluşturan kar tanelerinin metamorfizma sonucu kayganlaşmaya izin veren yapı kazanmasıdır. Bu yapıların nasıl geliştiği Ekler bölümünde (1. KAR ÖRTÜSÜNÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ve 2. KAR ÖRTÜSÜNÜN DURAYLILIĞI başlıkları altında) ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Zayıf tabakaların ve kayma yüzeylerinin nasıl oluştuklarına ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Şekil 1.8 Tipik bir kar örtüsü içindeki kar tabakaları.

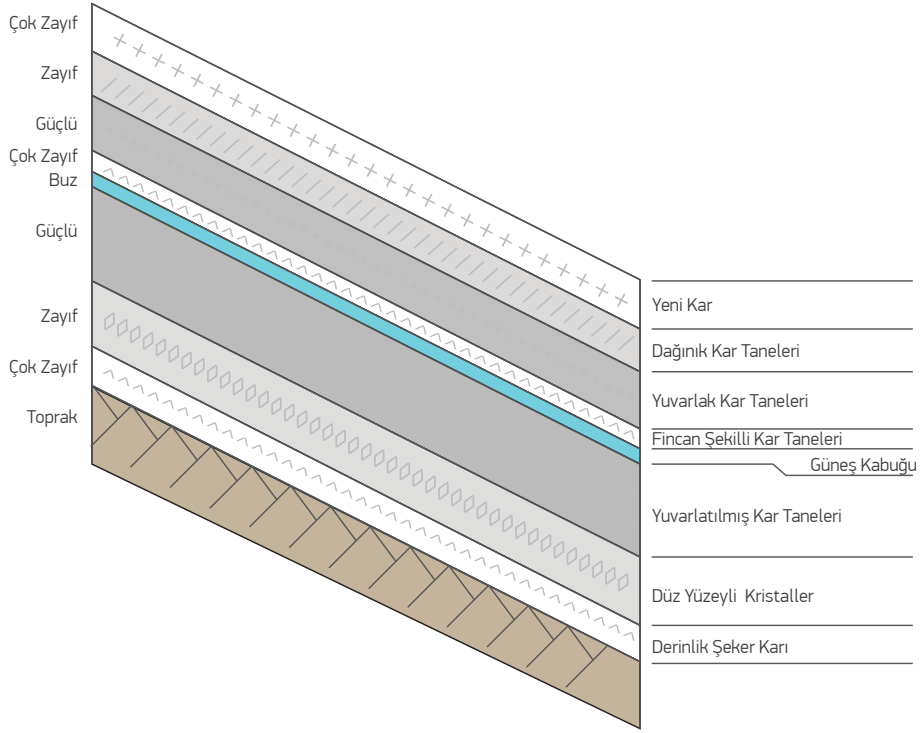


Şekil 1.9 Tipik bir kar örtüsü içindeki kar tabakaları (koyu renkli bantlar kar içindeki kirlilik seviyeleridir).





Şekil 1.10 Kuramsal bir kar örtüsü içindeki kar tabakalarının dayanıklılık durumları .



Şekil 1.11 Bir kar örtüsünde güçlü kar tabakaları arasında yer alan zayıf kar tabakası.



4.1.2 Zayıf Tabaka Oluşumu

Zayıf tabaka pekişmemiş, birbirine zayıfça bağlanmış kar tanelerinden oluşan, üzerine uygulanan kuvvet ile kar tanelerinin hareketlenmesi sonucu kolaylıkla dağılan kar tabakasıdır. Pek çok çığ, zayıf tabakayı oluşturan kar tanelerinin hareketlenmesi ile tabakanın dayanımını yitirerek yenilmesi sonucunda üstte yer alan kar kütlesinin yamaç aşağı hareketine geçmesi sonucunda oluşur.

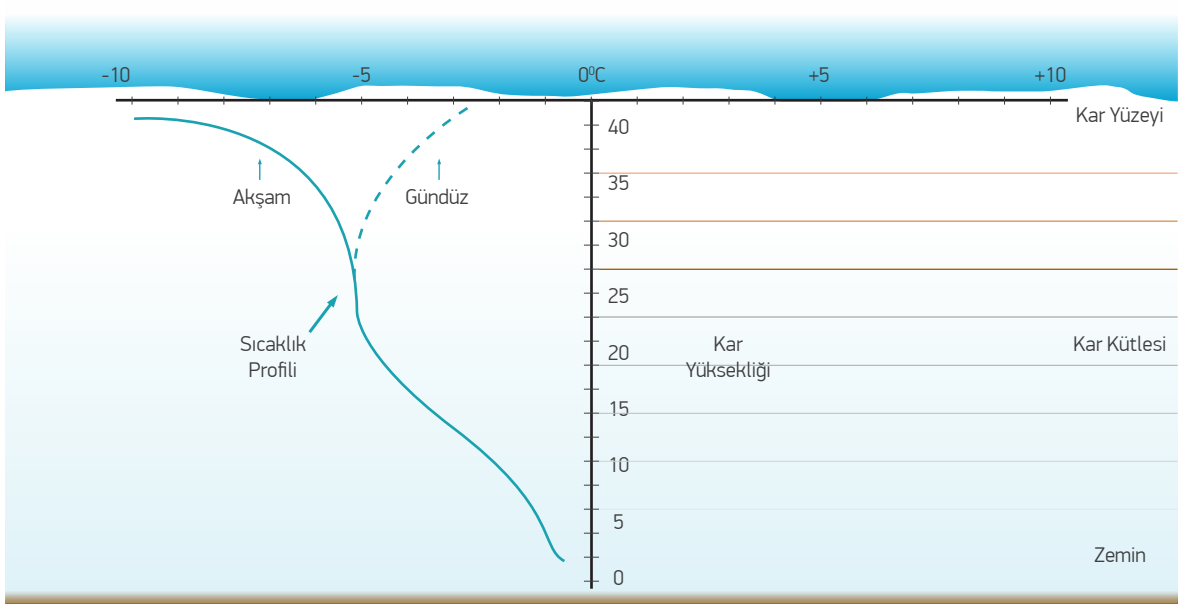
Zayıf tabaka, kar metamorfizmasının (başkalaşımının) bir ürünüdür. Karın metamorfizmaya uğramasının en önemli nedenlerinden birisi ise kar örtüsüne etkiyen sıcaklığın zaman içindeki (gündüz-gece arası, günler arası) değişimidir. Sıcaklık değişimi kar örtüsü içindeki ya da örtü yüzeyindeki kar kristallerinin biçimlerinin değişmesine, daha kaygan karakterli (düz yüzeyli = faceted, yuvarlak yapılı = fincanımsı) kar tanelerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Şekil 1.12'de tipik bir kar örtüsü içindeki dikey sıcaklık değişimi gösterilmiştir. Kar örtüsü tabanındaki yer yüzeyi sıcaklığı genellikle sabit olup, donma noktası (0°C) dolayındadır. Metamorfizmaya neden olan sıcaklık değişiminin asıl kaynağı ise hava sıcaklığının gündüz-gece

ve/veya günler arasında gösterdiği değişimdir. Potansiyel çığ oluşma alanlarında kar örtüsü yüzeyi ile temas olan hava sıcaklığı gündüz artma, gece ise azalma eğilimi göstermekle birlikte, her zaman donma noktasının oldukça altında bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, kar örtüsü içindeki sıcaklık hemen her zaman tabandan yüzeye doğru azalan bir değişim sergilemektedir. Öte yandan, karın erimeden buharlaşması (süblimleşme) ya da erimesi sonrasında oluşan sıvı suyun buharlaşması hemen her sıcaklıkta gerçekleşebilmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak kar örtüsünün derinliklerinde yer alan kar kristalleri üst kesimlere göre daha yüksek olan bağıl sıcaklık sonucu buharlaşmakta (ya da süblimleşmekte), oluşan buhar (nem) kar örtüsünün gözenekleri arasından üst kesimlere doğru yükselmekte, sıcaklığın yeterince düşük olduğu anda mevcut kar kristalleri üzerinde yeniden yoğunlaşarak donmaktadır.

Şekil 1.12'de ok işareti ile gösterilen konum, tabandan yüzeye doğru kar sıcaklığındaki azalmanın kırılma gösterdiği yer olup, zeminden yükselen nemin yeniden o bölgedeki mevcut kar kristalleri üzerinde yoğunlaşarak donduğu bölgeyi işaret etmektedir. Zemin ve yüzey sıcaklığının aynı olduğu bir kar örtüsünde bu sürecin

Şekil 1.12 Kar örtüsüne ait tipik bir sıcaklık profili



gelişmesi mümkün değildir. Buna karşın, zemin ve kar yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının en yüksek düzeyde olduğu durumlarda ise artan sıcaklık gradyanına bağlı olarak kar metamorfizması da en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Öte yandan, hava sıcaklığında gün boyu oluşan salınım ayrıca kar örtüsü yüzeyinde de metamorfizmaya neden olmaktadır. Gündüz artan sıcaklık altında yüzeydeki karın erimesi; buna karşın, gece azalan sıcaklıkla atmosferik nemin bir tür kırağı (yüzey şeker karı) şeklinde kar örtüsü yüzeyinde kristallenmesi çığ oluşumuna neden olan temel süreçlerden birisidir.

Yukarıda anılan metamorfizma süreci sonucunda kar örtüsünün kar tanelerinin hareketlenmeye elverişli silindirik ve/veya düzgün yüzey yapısına kavuştuğu- belirli bölümleri zayıf tabakaları oluşturmaktadır. Zayıf tabakalar genellikle havanın soğuk, gökyüzünün açık olduğu ve kar yağışının oluşmadığı dönemlerde gelişmektedir. Soğuk ve açık gökyüzü koşulları devam ettikçe zayıf tabakanın gelişimi de devam etmektedir. Açık

gökyüzü kar yüzeyinin gündüz kısa dalgalı güneş radyasyonu ile kazandığı ısı enerjisini gece kısa dalga boyundaki radyasyonla hızla atmosfere doğru kaybetmesine yardımcı olmaktadır. Bu durum, kar örtüsü içinde zayıf tabaka oluşumunu teşvik eden güçlü bir sıcaklık gradyanı oluşmasını sağlamaktadır.

Kabaca üç tip zayıf tabaka tanımlanmış olup; bunlar,

- i) yüzey şeker karı,
- ii) yüzeye yakın şeker karı
- iii) derin şeker karı

olarak adlandırılmaktadır. Anılan zayıf tabaka tiplerinin özellikleri ve nasıl oluştuğu aşağıda açıklanmıştır.

4.1.2.1 Yüzey Şeker Karı

Yüzey şeker karı (*İng. surface hoar*) kar örtüsü yüzeyinde gelişir. Atmosferdeki su buharının doğrudan katı faza geçmesi (donması) ile oluşur. Genellikle bağıl olarak ılık ve nemli bir havanın kar yüzeyine (ya da soğuk başka yüzeylere) çok yaklaşmasıyla aniden soğuyarak donma (*İng. frost*) noktasına ulaşması sonucunda oluşur. Genellikle bir kaç dakika içinde oluşur ve oluşumu gece boyunca devam edebilir. Yüzey şeker karı bir kaç milimetreden 10 cm'ye ulaşan boyutlarda tüsü buz kristallerinden oluşur (**Şekil 1.13**). Hava açık, soğuk ve sakın olduğu sürece kristallerin büyümesi devam eder. Rüzgar hızının 15 km/sa'i aşması durumunda kristaller dağılır. Ilık hava ya da doğrudan güneş ışığı ile temas sonucunda süblimleşir (*süblimleşme: katının buharlaşması*). Kuzeye bakan yamaçların gölge kesimlerinde gün boyu varlığını/gelişimini sürdürebilir. Yeni bir kar örtüsü altında kalmadığı sürece çığ gelişimi açısından sorun oluşturmaz. Bununla birlikte, yeni kar yağışı ile oluşan tabaka(lar) altında çığ oluşumuna elverişli bir zayıf tabaka oluşturması her zaman olasıdır. Bu tür zayıf tabakalar Yüzey Tabakası çığlarının (*bkz. 6. ÇİĞ TIPLERİ*) oluşmasına zemin hazırlarlar.

Şekil 1.13 Yüzey şeker karı.



4.1.2.2 Yüzeze Yakın Şeker Karı

Yüzeze yakın şeker karı (*İng. facets, near surface facets*) yontulmuş kristal yüzeyle (*İng. faceted snow*) kar olarak da adlandırılır (**Şekil 1.14**). Kar örtüsünün üst 20 cm'lik bölümünde 1°C/10 cm'den daha büyük sıcaklık gradyanı altında oluşur. Sıcaklık gradyanı kar örtüsü içindeki nemin bağıl daha ılık derin bölümlerden bağıl daha soğuk yüzeze doğru hareket etmesine ve buradaki yeni kar kristalleri üzerinde donarak bunların çok küçük, köşeli kar tanelerine dönüşmesine neden olur. Tanelerin boyu genellikle 2 mm'den küçüktür. Yüzeze yakın şeker karının gelişimi hava soğuk ve kar içi sıcaklık gradyanı büyük olduğu sürece gece, gündüz devam eder, rüzgar hızından etkilenmez. Yeni bir kar örtüsü altında gömülmesine kadar çığ gelişimi açısından sorun oluşturmaz. Bununla birlikte, yeni kar yağıışı ile oluşan tabaka(lar) altında çığ tetiklenmesine elverişli bir zayıf tabaka oluşturması her zaman olasıdır. Yüzeze yakın şeker karından oluşan zayıf tabakalar Yüzeze Tabakası çığlarının (*bkz. 6. ÇIĞ TIPLERİ*) oluşmasına neden olabilir.

Şekil 1.14 Yüzeze yakın şeker karı.



4.1.2.3 Derin Şeker Karı

Derin şeker karı (*İng. Depth hoar*) (**Şekil 1.15**) kar örtüsünün tabanında ya da alt bölümünde oldukça zayıf bir tabakanın oluşmasına neden olur. Kar örtüsünün tabanında kar örtüsü ile zemin arasında 1°C/10 cm'den daha büyük sıcaklık gradyanı altında oluşur. Zemin sıcaklığı karın yalıtım etkisi ve jeotermal ısı akısından dolayı kış ortasında bile suyun donma noktası dolayında bulunmaktadır. Derin şeker karının oluşması için sıcaklık gradyanının yüksek olması, bunun için de kar örtüsü kalınlığının 1 m ya da daha az olması gerekmektedir. Aksi durumda, artan kar kalınlığı ısı yalıtım sağlayarak kar örtüsü içindeki sıcaklık gradyanını azaltmaktadır. Derin şeker karı oluşum sürecinde zemine yakın kar kristalleri başkalaşım geçirerek büyüklükleri 5 mm'yi aşabilen köşeli ya da içi boş fincan şekilli kristallere dönüşmektedir (*bkz. EKLER Bölümü. 1 KAR ÖRTÜSÜNÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ*). Derin şeker karından oluşan zayıf tabakalar bütün kar örtüsünü içeren Tüm Tabaka çığlarının (*bkz. 6. ÇIĞ TIPLERİ*) oluşmasının temel nedenidir.

Şekil 1.15 Derin Şeker Karı.



Sonuç olarak, yüzey şeker karı, yüzeye yakın şeker karı ve derin şeker karı seviyeleri kalıcı zayıf tabakalar oluşturarak, oluşumlarından haftalar, hatta aylar sonra “gecikmeli-etkili” çığların oluşmasına neden olabilmektedir (bkz. 4.4 Çığ Tetikleyicileri). Bu nedenle, zayıf tabaka kökenli çığların öngörülebilmesi oldukça güçtür. Zayıf tabaka kökenli çığların öngörülebilmesi için ilgilenilen alandaki tipik kar örtüsünde kar profilinin incelenmesi gerekmektedir (bkz. EKLER Bölümü).

2. KAR ÖRTÜSÜNÜN DURAYLILIĞI). Bununla birlikte, aynı bölgeye ait birbirine yakın kar profillerinin farklılık göstermesi sıklıkla karşılaşılan bir durum olup; profil gözlemlerinden hareketle çığ tehlikesinin öngörülmesi yerel koşullar hakkında deneyim gerektirmektedir. Sonuç olarak, konu çığ öngörüsü olunca hiçbir gözlemin deneyimden ve önzezilerden daha güvenilir olmadığı anlaşılmaktadır.

4.1.3 Kayma Kabuğu Oluşumu

Kayma kabuğu, kar örtüsü yüzeyinde oluşan bir kar metamorfizması ürünüdür. Günboyu sıcaklık değişimi kar örtüsü yüzeyini etkileyerek kar kristallerinin biçimlerinin değişmesine, daha kaygan, düz yüzeyli (faceted) ve yuvarlak yapılı (fincanimsi) kar tanelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Erime ve donma süreçleri ile kısmen kaynaşan bu tanelerden oluşan kayma kabuğu üstüne gelen kar birikiminin üzerinde kolaylıkla ve hızla kayabildiği bağıl olarak, pürüzsüz bir yüzeydir. Esas olarak, çığ gelişimini teşvik eden üç ana kayma kabuğu tipi bulunmaktadır. Bunlar:

- i) buz kabukları,
- ii) yağmur kabukları ve
- iii) erime-donma kabuklarıdır.

Buz kabukları, donma noktası altında sıcaklığa sahip olan kar örtüsü yüzeyine düşen bağıl olarak ılık yağmurun donmasıyla oluşur (**Şekil 1.16**). Yağmur kabukları ise donma noktası dolayında ya da biraz üzerinde sıcaklığa sahip olan kar örtüsü üzerine bağıl olarak ılık yağmurun düşmesi ve sıvı suyun kar örtüsünün üst kesimine sızması sonucunda oluşmaktadır. Sızma sonra-

sında hava sıcaklığı donma noktası altına düşerse kar örtüsünün üst kesimindeki su donarak oldukça sert ve yerine sabitlenmiş bir kabuk oluşturmaktadır. Öte yandan, erime-donma kabukları, kar örtüsünün üzerinde ya da yüzeye yakın bölümünde sıcaklığın donma noktası üzerine yükselerek yüzey karını eritmesi sonucunda oluşur. Sıcaklık donma noktası altına indiğinde daha önce erimiş kar suyu yeniden donarak oldukça sağlam bir kabuk oluşturur. Sürecin birkaç gün boyunca tekrarlanması durumunda erime-donma kabuğu daha kalın ve daha dayanıklı olur. İlkbaharda artan güneşlenme şiddeti sonucu uygun yamaçlarda hızlanan kar erimesi gece donma noktası altındaki sıcaklık etkisi ile erime-donma kabuğunun bir türü olan “güneş kabuğu” oluşmasını sağlar.

Kayma kabuklarının yeni kar yağışı ile örtülmesi potansiyel bir çığ oluşum nedenidir. Kayma kabukları “doğrudan-etkili” biçimde tetiklenen çığlara neden olduklarından (bkz. 4.4 Çığ Tetikleyicileri), kar örtüsüne ilişkin saha gözlemleri ve meteorolojik koşulların dik-kate alınması ile başarılı biçimde öngörülebilirler.

Şekil 1.16 Kar örtüsü yüzeyinden alınmış bir buz kabuğu parçası.



4.1.4 Kar Tabakalarının Kaynaşması

Kar metamorfizması süreci, çığ oluşumunu teşvik eden zayıf dayanımlı kar tabakaları oluşturabildiği gibi bazen de tabakalar arası kaynaşmaya (*ing. bonding*) neden olarak çığ olasılığını azaltmaktadır. Çığ tahmin-cileri kar örtüsü tabakaları arasındaki kaynaşmanın ne denli iyi ya da kötü olduğunu sahada gerçekleştiren dayanım ve duraylılık testleri ile değerlendirmektedirler (**bkz. EKLER Bölümü. 2.KAR ÖRTÜSÜNÜN DURAYLILIĞI**).

Öte yandan, yeni bir kar yağışının hemen öncesindeki hava koşulları değerlendirilerek mevcut kar yüzeyi ile yeni kar arasında ne denli iyi ya da kötü bir kaynaşma olacağı da öngörülebilmektedir (**bkz. EKLER Bölümü. 3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ**). Örneğin; yeni kar düşmeden hemen önce kar yüzeyi bağıl olarak ılık ise (hava sıcaklığı donma sıcaklığında ya da üzerinde) herhangi bir sıcaklığa ve kristal tipine sahip olan yeni kar yüzeye iyi bağlanmaktadır. Yeni kar ya-

ğışının bağıl olarak ılık sıcaklıkta gerçekleşmesi durumunda da karın kar yüzeyindeki kabuğa bağlanma olasılığı artmaktadır. Diğer yandan; yeni kar yüzeyinin bağıl olarak soğuk olması ve zayıf dayanımlı kardan oluşması; yeni kar yüzeyinin yıldızimsı (*ing. Stellar*) ve dallanmış (*ing. dendritic*) daha soğuk kar kristalleri içermesi ve yeni kar yağışı başladığında sıcaklıkların soğuk olmaya devam etmesi yeni kar ile mevcut kar örtüsü arasında iyi bağlanmayı engellemekte, kötü bağlanmaya neden olmaktadır.

Sonuç olarak, ılık sıcaklıklar kaynaşmayı teşvik etmekte; ayrıca iyi kaynaşma da dayanımı yüksek yeni bir kar tabakasının oluşmasını sağlamaktadır. Tüm tabakalar arasındaki güçlü bir kaynaşma ise mekanik açıdan duraylı bir kar örtüsünün oluşmasını sağlamaktadır. Tabakalar arasında zayıf bağlanma her zaman çığ oluşumuna yatkın, duraysız bir kar örtüsünün oluşmasının başlıca nedenidir.



4.2. Meteorolojik Koşullar

Gerek çığa neden olan kar örtüsünün metamorfizma sürecinde, gerekse çığın tetiklenmesinde, meteorolojik koşullar da belirleyici olmaktadır. Bu kapsamda, rüzgarın hızı, yönü, sürekliliği, yağmur şeklindeki yağış, hava sıcaklığının günboyu değişimi, atmosferin nem içeriği gibi meteorolojik faktörler karın geçirdiği metamorfizma sürecinde etkili temel unsurlardır. Daha önce de açıklandığı gibi, kar örtüsü tabanında, içinde ya da yüzeyinde dayanımı düşük zayıf tabakaların ve kayma kabuklarının oluşması meteorolojik koşulların bir sonucudur. Benzer biçimde, yeni kar yağışının getirdiği yük artışı ya da rüzgarın oluşturduğu kar saçaklarının, kar örtüsü üzerine düşmesi gibi çığ tetikleyen süreçler de meteorolojik koşullardan kaynaklanmaktadır.

Meteorolojik (atmosferik) koşulların saatlik, günlük, haftalık gibi kısa zaman ölçeklerindeki değişimi hava durumu, aylık, mevsimlik, yıllık gibi uzun zaman ölçeklerindeki değişimi ise iklim olarak adlandırılmaktadır. İklim, çığ oluşumuna neden olan kar yağışı miktarını ve oluşan kar örtüsünün yapı ve dokusunu belirleyen ana etkenidir. Çığ oluşumunda etkili iklim tipleri farklı kar yağışı miktarı, kar örtüsü derinliği, ortalama kış sıcaklığı ve yeni kar ortalama yoğunluğu ile yağış frekansı özelliklerine sahip olan;

- i) denizel (İng. maritime),
- ii) karasal (İng. continental) ve
- iii) dağlararası (İng. Intermountain)

iklimlerinden oluşmaktadır. Genellikle denizel çığ iklimi denize komşu dağ silsilelerinde (örn. Toroslar ve Karadeniz dağları), karasal çığ iklimi iç kesimlerdeki yüksek kotlarda (örn. Doğu Anadolu dağları) ve dağlararası çığ iklimi ise bu kesimler arasında yer alan geçiş kuşaklarında gözlenmektedir.

Denizel çığ ikliminde kış ortasında kalınlığı 3 m ya da daha fazla olan derin kar örtüsü oluşmakta, sıklıkla gerçekleşen tipiler orta ila yoğun kar yağışına neden olmaktadır. Kış boyunca bağıl olarak yumuşak geçen sıcaklık koşulları diğer iklim tiplerine göre kar örtüsünün daha yüksek yoğunluğa sahip olmasını sağlamaktadır. Kar örtüsü üzerine yağmur yağışı sıklıkla görülen bir durumdur. Diğer çığ iklimi tipleri ile kıyaslandığında, bu iklim tipinde düzenli olarak belirli yönden esen ılık hava akımları ve bunlara eşlik eden

tipiler, kar katmanları arası iyi bağlanma sonucu daha kalıcı kar örtülerinin oluşmasını sağlamaktadır.

Karasal çığ ikliminde kış ortası kar derinliği 1.5 m'den az olan, bağıl olarak sığ derinlikli kar örtüleri oluşur. Denizel çığ iklimi ile kıyaslandığında tipiler daha seyrek, karın yoğunluğu daha düşüktür. Bu iklim tipinde uzun süreli ve çok soğuk geçen kar yağışsız dönemler yaygındır. Kış boyunca sıcaklığın oldukça değişken olması, kar örtülerinin denizel çığ iklimine göre daha fazla tabaka içermesine neden olur. Örtü içindeki tabakalar arası kaynaşma genelde iyi değildir. Kar örtüsü genellikle uzun süre duraysız kalabilir ve çığlar dikkate değer büyüklükteki bir kar yağışından haftalar sonra tetiklenebilir.

Dağlararası çığ ikliminde kış ortası kar kalınlığı 1.5 m ile 3 m arasında değişmekte olup, karasal çığ iklimi ile kıyaslandığında tipiler daha sık, kar yağışsız dönemler daha kısadır. Sıcaklıklar denizel çığ iklimine yakın olmakla birlikte yağmur yağışı daha seyrek.

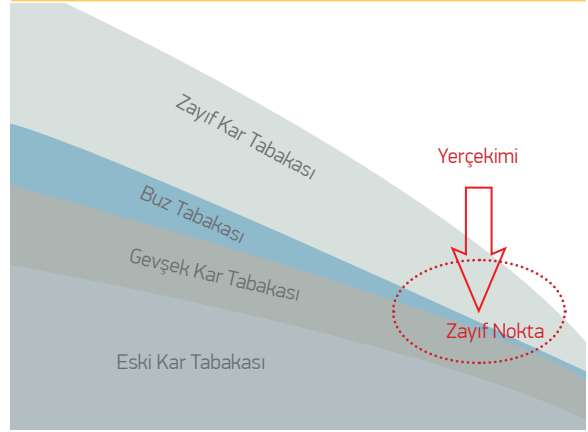
Diğer yandan, olağan dışı ılık ve yağışlı kışlarda geçiş bölgelerinde denizel çığ iklimi koşulları oluşabileceği gibi, olağan dışı kurak ve soğuk kış koşullarının geliştiği kıyı bölgelerinde karasal çığ iklimi koşulları da yaşanabilmektedir. Ayrıca, belirli bir dağ kuşağının farklı yükseklik aralıklarında da farklı çığ iklim tipleri etkili olabilmekte; eteklerde geçiş çığ iklimi, yüksek kesimlerde karasal çığ iklimi egemen olabilmektedir. Bu durum, özellikle kısa mesafede büyük kot farklılığı içeren dağ silsileleri için geçerlidir. Genel olarak denizel iklim koşullarının çığ oluşturma potansiyeli karasal iklim koşullarına kıyasla daha düşük görünmekte, geçiş ikliminin çığ oluşturma potansiyeli ise denizel ve karasal iklim tipleri arasında yer almaktadır.

İklim dışında, çığ oluşumuna neden olan başlıca meteorolojik etkenler arasında yağış, rüzgar, sıcaklık ve atmosferik radyasyon yer almaktadır. Bu etkenler, çeşitli yollarla mevcut kar örtüsündeki metamorfizma sürecini etkilemekte ve/veya mevcut kar örtüsünü tetikleyerek çığ oluşumunu başlatmaktadırlar. Söz konusu meteorolojik etkenler ile çığ oluşumu arasındaki ilişkiler aşağıda özetlenmiş, bunların çığ oluşturma potansiyellerine ilişkin ayrıntılar **EKLER Bölümünde** verilmiştir.

4.2.1 Yağış

Yağış miktarı ve tipi, çığ oluşumunda etkilidir. Son 24 saatte 30 cm. ya da daha fazla miktarda kar yağması ya da kar yağışı hızının 6 saatten uzun sürede 2.5 cm/ sa ve üzerindeki düzeyde olması; son 24 saatte yağın karın 25 mm ya da daha fazla kar su eşdeğerine sahip olması; tipinin soğuk başlayıp, ılık bitmesi ya da kar örtüsü üzerine az da olsa yağmur yağması çığ oluşum olasılığını arttırmaktadır. Bu durumun başlıca nedeni, yağışın getirdiği ek kar yükünün kayma kabuğu ya da zayıf tabaka üzerindeki kar örtüsüne etkiyen çekme ve sürtünme kuvvetleri arasındaki dengeyi çekme kuvveti lehine değiştirmesidir (**Şekil 1.17**).

Şekil 1.17 Yoğun kar yağışının kayma kabuğu ya da zayıf tabaka üzerindeki kar yükünü arttırması .

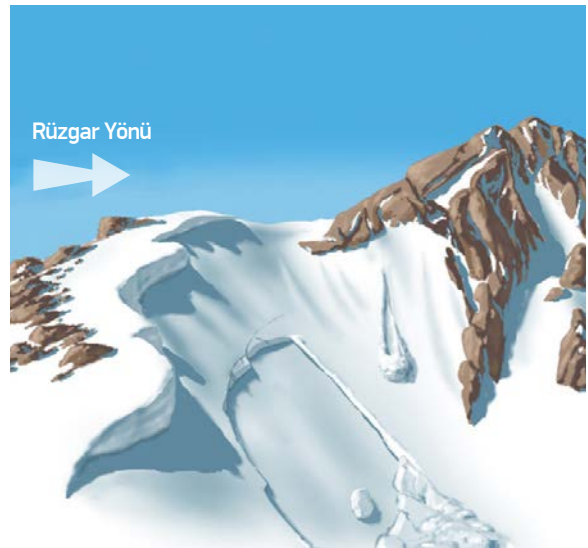


4.2.2 Rüzgar

Rüzgar, çığ oluşumunda oldukça önemli olan bir meteorolojik etken olup, bazı bölgelerden süpürülen karın başka bölgelerde birikmesine neden olur. Örneğin, dağ ya da tepe sırtlarına dik yönde ve sürekli biçimde esen rüzgar, sırtlar üzerinde kar saçıklarının oluşmasını, sırtın rüzgaraltı bölümünde ise kalın kar tabakalarının oluşmasını sağlamaktadır (**Şekil 1.18**). Bu şekilde oluşan kar tabakalarının genellikle kendi ağırlığı ile kırılan saçaktan kaynaklanan kar kütlesi ile tetiklenmesi sonucunda çığ oluşturmaları sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Diğer bir deyişle, yakın geçmişte hiç kar yağışı gerçekleşmemiş bile olsa, rüzgar etkisi çığ ile sonuçlanabilecek kar birikimini sağlayabilmektedir. Bu nedenle, olası çığların öngörülebilmesi açısından çığ oluşturan kar tabakalarının oluşumunda etkili hakim rüzgar yönünün bilinmesi, sırtlar boyunca saçak gelişiminin ve rüzgaraltı yamaçlarda yeni tabaka oluşumlarının takip edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüze değin gerçekleştirilen gözlemler sürekli aynı yönden esmek üzere 10 ila 30 m/s hız aralığındaki rüzgarın genellikle çığla sonuçlanan saçak oluşumuna ve kar birikimine neden olduğunu göstermiştir (**bkz. EKLER Bölümü 3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ**). Diğer yandan, güneybatı kökenli, ılık hava taşıyan lodos rüzgarları kar örtüsü yüzeyinde erimeye neden olarak kay-

ma kabuğu ve/veya zayıf tabaka oluşumuna katkıda bulunarak, gecikmeli etkili çığların oluşmasına zemin hazırlarlar.

Şekil 1.18 Sabit yönlü ve sürekli esen rüzgar sırtlar boyunca saçıklar oluşturur.



4.2.3 Sıcaklık

Sıcaklık kar örtüsü yüzeyinde kayma kabuğunun, örtü içinde ise zayıf tabakaların oluşmasında ya da kar tabakalarının kaynaşmasında belirleyici role sahiptir. Hava sıcaklığının aşırı düşük olması kar örtüsü içindeki sıcaklık gradyanını büyütür ve örtü içinde zayıf tabakaların oluşumunu teşvik etmektedir (**bkz. 4.1. Kar Örtüsü Koşulları**). Zayıf tabaka türlerinden birisi olan yüzey şeker karı da aşırı soğuk ve rüzgarsız gecelerde atmosferik nemin hızla donması sonucunda oluşan bir kırığı türüdür. Günümüze değin gerçekleştirilen gözlemler;

- donma derecesi dolayındaki sıcaklığın 12 saat içinde 8°C'den fazla artması,
- çığ başlangıç bölgesindeki sıcaklıkların 24 saatten uzun süre donma noktası üzerinde olması,
- yaklaşık -10°C ve altındaki çok soğuk havanın 24 saatten uzun süre devam etmesi durumunda çığ oluşma potansiyelinin arttığını göstermektedir. (**bkz. EKLER Bölümü 3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ**)

4.2.4 Güneşlenme-Bulutluluk

Güneşlenme (*solar radiation*) ve bulutluluk gibi meteorolojik etkenler de çığ oluşumunu etkilemektedirler. Örneğin, sıcaklığın -10°C'nin, rüzgar hızının 5 m/s'nin altında bulunduğu, gece boyu süren açık gökyüzü koşulları çığ oluşumunu teşvik etmektedir. Benzer biçimde, gündüz gerçekleşen ince bulutlu ya da açık gökyüzü koşulları ve özellikle güneşe bakan yamaçlara dik düşen güneş ışığı çığ oluşma potansiyelini arttırmaktadır (**bkz. EKLER Bölümü 3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ**).

4.2.5 Meteorolojik Çığ Göstergeleri

Çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen uzun süreli gözlemler aşağıdaki meteorolojik süreçlerin pek çok durumda çığ oluşumu ile sonuçlandığını göstermiştir.

- Özellikle eğimlerin 40° ve üzerinde olduğu arazide yoğun ve kalınlığı 15 cm ya da daha fazla olan kar yağışı çığlara neden olur.

- Yaklaşık 30 cm ya da daha fazla yeni kar yağışı dik yamaçlarda gevşek kar çığlarına neden olur.
- Yaklaşık 30 cm ya da daha fazla, yüksek yoğunluklu yeni kar dayanımsız kar örtüleri üzerindeki yükü arttırarak zayıf tabaka çığlarına neden olur.
- Yaklaşık 15 cm ya da daha fazla yeni kara 6 saat ya da daha uzun süre eşlik eden 10-30 m/s hız ile sabit yönden esen rüzgar yeni kar tabakaları oluşturarak çığ riskini arttırır.
- Kar üzerine yağmur hemen her zaman çığa neden olur; daha yoğun yağmur daha büyük çığlara neden olur.
- Düşük sıcaklık ve düşük yoğunluklu kar yağışı ile başlayan, daha ılık sıcaklık ve yüksek yoğunluklu kar yağışı ile sonlanan tipiler çoğunlukla doğrudan etkili tetiklenme ile çığlara neden olurlar.
- Gün içinde hızla yükselen sıcaklıklar kar örtüsündeki oturmaya hızlandırarak yeni kar yüküne gerek kalmaksızın çığları tetikleyebilir.
- Donma noktası ya da üzerindeki bağıl ılık hava sıcaklığı yoğun güneşlenme ile birleştiğinde ıslak kar çığlarına neden olur.
- Donma noktası üzerindeki sıcaklığın 24 saatten daha uzun süre etkili olması durumunda kar örtüsünün derinliklerine sızan erime suyu çığa neden olur.
- Bir gün süreli açık gökyüzü, soğuk ve sakin havayı takip eden önemli miktarda kar yağışı yüzey şeker karının gömülmesine neden olarak kar örtüsünün duraysızlaştırır.
- Uzun süreli, bağıl soğuk kurak dönemleri takip eden önemli düzeydeki kar yağışı çoğunlukla yüzeye yakın şeker karının ya da derinlik şeker karının gömülmesine neden olarak daha fazla yüklenme oluşması durumunda çığa neden olur.

4.3 Topoğrafik Koşullar

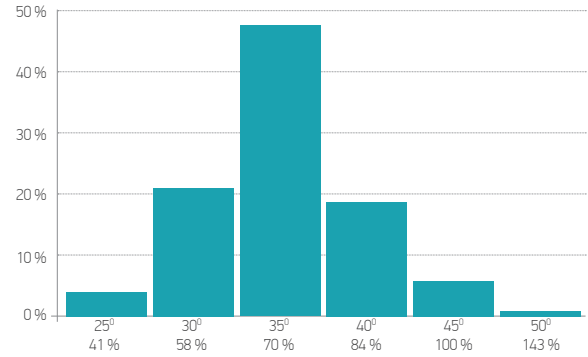
Çığa neden olan kar örtüsünün birikimi ve metamorfizma süreci ile çığın tetiklenmesi ve sonraki hareketi üzerinde topoğrafik koşullar da belirleyici olmaktadır. Çığ oluşumunda topoğrafik etkenlerin rolü aşağıda kısaca açıklanmış olup, konuyla ilgili ayrıntılar **ÇIĞ HARİTALAMALARI ve DEĞERLENDİRMELERİ Bölümünde**'de sunulmuştur.

4.3.1 Eğim

Bölüm 3'te de değinildiği gibi eğim kar örtüsüne etkileyen çekim kuvvetini belirleyen en önemli topoğrafik etkidir. Yamaç eğimi arttıkça, kar örtüsüne etkileyen çekme kuvveti de artmaktadır. Diğer yandan, çığ oluşumu çekme kuvvetinin yanı sıra buna karşı koyan sürtünme kuvvetinin büyüklüğüne de bağlıdır. Günümüze değin gerçekleştirilen gözlemler çığların yaklaşık % 48'inin 35° dolayında eğimli yamaçlarda, %20'sinin 30°, yine %20'sinin ise 40° dolayında eğimli yamaçlarda başladığını göstermektedir (**Şekil 1.19**). Çığların kabaca % 5'i 25°, % 5'i ise 45° dolayındaki eğimli yamaçlarda başlamaktadır. Çok az sayıdaki çığ ise 50° dolayında eğimli yamaçlarda başlamaktadır. Konuyla ilgili bir diğer değerlendirmeye göre, çığların büyük çoğunluğu 30°-60° arasındaki eğime sahip yamaçlarda başlamakta; bu çığların ağırlıklı bölümü ise 30°-45° eğimli yamaçlarda gerçekleşmektedir (**Şekil 1.20**). Diğer yandan, büyük ölçekli çığların tamamına yakın bölümünün 30°-45° eğimli yamaçlardan başladığı gözlenmiştir. Ayrıca, gözlemler ıslak kar çığlarının önemli bir bölümünün 30°'den küçük eğimli yamaçlardan başladığını; buna karşın, tek noktadan başlayan toz kar çığlarının büyük bölümünün ise 45°'den büyük eğimli yamaçlardan başladığını göstermektedir.

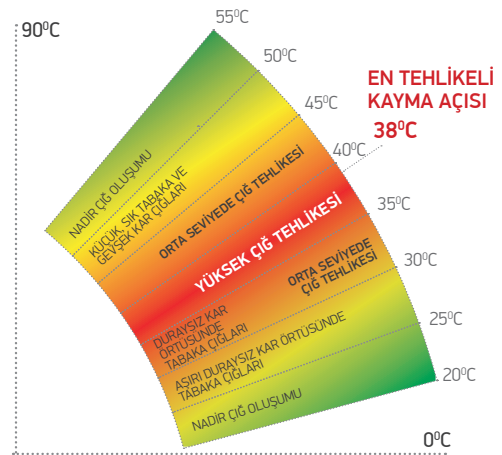
Yamaç eğiminin 20°'den küçük ve 55°'den büyük olduğu durumlarda çığ oluşumu ile karşılaşılmamaktadır. Eğimin 20°'den küçük olması durumunda kar örtüsüne etkileyen çekme kuvveti çığ oluşumu için yeterli değildir. Diğer yandan, 55°'den büyük eğimli yamaçlarda da kar daha fazla birikmeden yamaç aşağı akışa geçmekte, çığ oluşumu için yeterli kar birikimi oluşmamaktadır. Eğimin 20°-25° aralığında bulunduğu yamaçlarda da çığ oluşumu nadir görülmektedir. Öte yandan, eğimin 25°-30° aralığında bulunduğu yamaçlarda ise kar örtüsünün aşırı derecede duraysız olduğu koşullarda çığ oluşmaktadır. En yaygın ve tehlikeli tabaka çığları eğimin 38° dolayında olduğu yamaçlarda gerçekleşmektedir. Eğimin 30°-35° ve 40°-45° aralığında bulunduğu

Şekil 1.19 Başlangıç bölgelerindeki yamaç eğimine göre tabaka çığlarının dağılımı.



yamaçlar orta derecede tabaka çığı tehlikesi içermekte; eğimin 35°-40° aralığında olduğu yamaçlarda tabaka çığı tehlikesi en yüksek düzeye çıkmaktadır. Eğimin 45°-50° aralığında olduğu yamaçlarda ise daha sık, fakat daha küçük ölçekli tabaka ve gevşek toz kar çığları oluşmaktadır. Eğimin 50°-55° aralığında bulunduğu yamaçlarda ise nadiren gevşek toz kar çığları oluşmaktadır.

Şekil 1.20 Başlangıç bölgelerindeki yamaç eğimine göre çığ tiplerinin ve sıklığının dağılımı.



4.3.2 Bakı

Yamacın baktığı yön olan bakı, güneş ışınlarının ilgili yamaca ulaşma açısını da belirlemektedir. Güneş ışınlarınca taşınan radyasyon kar yüzeyinin ve/veya kar yüzeyindeki kırıntının (yüzey şeker karı) erimesine neden olduğundan yamaç bakısı aynı zamanda söz konusu yamaçta erime/donma süreçlerinin ne denli etkili olduğunu belirten bir göstergedir. Bakı ülkemizin de içinde bulunduğu 30°-50° kuzey enlemleri arasındaki kuşakta çığ oluşumu açısından diğer enlem kuşaklarına göre daha etkilidir.

Kış aylarında kuzeye bakan yamaçlar güneye bakan yamaçlara göre farklı güneşlenme açısından dolayı daha az ısı almaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak söz konusu yamaçlardaki kar örtüleri oldukça farklı karaktere sahip olmaktadır. Güneye bakan yamaçlardaki kar genellikle daha ılık olmakta, gün içindeki erime/donma süreçlerinden dolayı kar örtüsü yüzeyinde ince bir buz tabakası oluşmaktadır. Bu tabaka iyi bir kayma kabuğu oluşturduğu gibi zamanla yüzey altı şeker karı şeklinde bir zayıf tabakanın oluşumunu da teşvik edilmektedir. Buna karşın, kuzeye bakan yamaçların hiç güneşlenmeyen bölümleri özellikle yüzey şeker karı gelişimine son derece elverişlidir. Bu durumda, güneye bakılı yamaçlarda kayma kabukları, kuzey bakılı yamaçlarda ise yüzey şeker karı oluşumu çığ oluşumunu teşvik eden etkenler olarak öne çıkmaktadır.

Kuzey ve güney bakılı yamaçların kar örtüleri arasındaki benzer farklılıklar, doğu ve batı bakılı yamaçlarda da gözlenmektedir. Doğuya bakan yamaçlar hava sıcaklığının henüz düşük olduğu sabah saatlerinde güneş alırken, batıya bakan yamaçlara güneş ışığı havanın nispeten ılıklaştığı, öğleden sonra ulaşmaktadır. Bu nedenle, doğu bakılı yamaçlar her zaman batıya bakan yamaçlardan daha soğuk olmaktadır. Öte yandan, soğuk bir kar örtüsündeki zayıf tabakalar bağıl ılık bir kar örtüsü içinde gelişen zayıf tabakalara oranla daha uzun süre varlıklarını korumaktadırlar. Soğuk kar örtüsünde –kayganlığı nedeniyle kayakçılar tarafından da sevilen yüzey şeker karı daha yoğun biçimde oluşmaktadır. Kuzey ve doğuya bakılı yamaçlardaki çığ oluşumlarında bu kesimlerdeki zayıf tabaka oluşum yoğunluğunun daha yüksek olmasının yanı sıra bu tür zeminlerin kayakçılar tarafından daha sık kullanılmasının da etkili olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan, daha yoğun güneşlenmenin gerçekleştiği güney ve batı bakılı yamaçlarda ise daha yoğun güneşlenmeden dolayı kuzey ve doğuya bakılı yamaçlara oranla daha fazla ıslak kar çığı oluşmaktadır. Havanın uzun süredir kapalı olduğu, kar örtüsüne güneş ışınlarının nadiren ulaştığı ya da sürekli gölgede kalan yamaçların çığ oluşturma potansiyelleri arasında çok az bir farklılık oluşmaktadır. **Şekil 1.21**'de doğuya ve güneye bakan yamaçların kar örtüleri arasındaki fark görülmektedir.

Şekil 1.21 Doğuya (soldaki pembe gölgeli bölüm) ve güneye (sağdaki gölgesiz bölüm) bakılı yamaçların kar örtüleri arasındaki fark.



4.3.3 Yükseklik

Çiğ oluşumunda etkili topoğrafik etkenlerden birisi de yüksekliktir. Yükseklik arttıkça hava sıcaklığı azalmakta; alçak kotlardan yüksek kotlara doğru bitki örtüsü gittikçe daha seyrek ve bodur olmakta, daha yüksek kesimlerde ise yıl boyu hava sıcaklığının düşük olmasından dolayı hiç gelişmemektedir. Sıcaklığın yükseklikle azalması kar metamorfizması üzerinde de etkili olmaktadır. Örneğin, bir vadinin üst kesimlerinde aşırı düşük gece sıcaklıkları yüzey şeker karı tipinde zayıf tabakaların oluşmasına neden olurken, daha alt kesimlerde daha ılık gündüz sıcaklıkları buz tabakası şeklindeki kayma kabuğu oluşumuna neden olabilmektedir. Öte yandan, kar örtüsü yüzeyi ile temasta olan hava sıcaklığı ne denli düşükse kar örtüsü içinde metamorfizma o denli hızlı ilerlemekte, zayıf tabaka oluşumu o denli daha hızlı olmaktadır. Bu durum, üst kotlardaki kar örtüsü içinde zayıf tabaka oluşumunun alt kotlara göre daha yaygın olmasını sağlamaktadır. Diğer yandan, alt kotlarda inildikçe bitki örtüsü daha sıklaşmakta, bitki boyları uzamaktadır. Bitki örtüsü, karın yüzeye tutunmasını kolaylaştırdığı gibi, kar hareketini yavaşlatmakta ya da durdurmaktadır. Bu gibi nedenlerden dolayı eğim ve bakı gibi koşullar aynı olsa bile bir yamacın ya da vadinin üst ve alt kesimlerinde kar örtüsü ve buna bağlı çiğ oluşum potansiyeli oldukça büyük farklılık göstermektedir.

4.3.4 Yamaç Tipi

Çiğ oluşumunda kar örtüsünün üzerinde uzandığı yamaç tipi de topoğrafik etkenler arasında yer almaktadır. Morfolojik olarak kabaca,

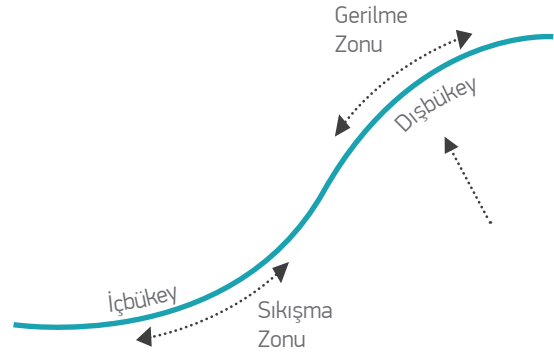
- i) düz,
- ii) dış bükey ve
- iii) iç bükey

olmak üzere üç tip yamaç bulunmaktadır. Düz yamaçlar, tepe ve taban noktaları arasında bir levha gibi uzanan yüzeyden oluşurlar. Bu tür yamaçlarda, tepeden tabana doğru eğim hemen hemen sabittir. Bu levhanın dışarıya doğru bükük olması durumunda dış bükey, içeriye doğru bükük olması durumunda ise iç bükey yamaçlar oluşmaktadır. Dış bükey yamaçlarda üst kotlarda düşük olan eğim alt kotlara doğru art-

makta; iç bükey yamaçlarda ise üst kotlarda yüksek olan eğim alt kotlara doğru azalmaktadır (**Şekil 1.22**). Bu nedenle, düz, iç bükey ve dış bükey yamaçların çiğ oluşturma potansiyelleri farklıdır. Anılan yamaç tipleri arasında dış bükey yamaçlar en yüksek çiğ oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu durumun nedeni, dış bükey yamaçların düşük eğimli üst bölümlerinde sürtünme, yüksek eğimli alt bölümlerinde ise çekme kuvvetlerinin egemen olmasıdır. Böylece, yamaç eğiminin en yüksek olduğu bölgede zıt yönlü kuvvetler arasındaki kritik dengenin aşılması ile kar örtüsü yenilmekte, bunun sonucunda yüzey ya da tüm tabaka çığları oluşmaktadır.

Dış bükey yamaçlardan sonra en yaygın çiğ oluşumu düz yamaçlarda gözlenmektedir. Bu tür yamaçlar tüm tabaka çığlarının oluşumuna daha elverişlidirler. Gerek düz ve gerekse dış bükey yamaçlar üzerinde oluşan çığlar uzun çığ patikaları oluşturabilmektedir. Buna karşın, iç bükey yamaçların alt bölümlerinde eğimin azalması bu tür yamaçların üst kesimlerinde başlayan çığların alt kesimlere doğru yavaşlayarak, durmasına neden olmaktadır.

Şekil 1.22 Dış bükey ve iç bükey yamaçlarda eğimin üst kotlardan, alt kotlara değişimi.



Diğer yandan, dere yatakları ve benzeri vadi şeklindeki ya da çukur morfolojik yapılar özellikle rüzgarla taşınan kar için çevrelerine göre daha çok kar depolanmasına imkan sağlayan alanlardır. Genellikle çığların başlangıç bölgesi, akma hattı ve depolanma bölgesi bu gibi morfolojik yapıların uzanımını takip eder (**Şekil 1.23**).

Şekil 1.23 Vadi şekilli çığ başlangıç bölgesi



4.4 Çığ Tetikleyicileri

Çığın tetiklenmesi kar örtüsü üzerindeki yükün artması ve/veya kar örtüsünü taşıyan yüzeyin taşıma kabiliyetini yitirmesine neden olan süreç(ler)in sonucudur. Daha önce de açıklandığı gibi (**bkz. 3. ÇIĞ NASIL OLUŞUR?**) çığ kar örtüsünün tamamına ya da bir bölümüne etkiyen sürtünme ve çekme kuvvetleri arasındaki kritik dengenin çeşitli koşullar altında çekme kuvveti lehine bozulması ile gerçekleşmektedir. Söz konusu dengenin bozulması bir tetikleyici (başlatıcı) tarafından sağlanmaktadır. Çığı başlatan tetikleyiciler etkiye hızları açısından “Doğrudan etkili tetikleyiciler” ve “Gecikmeli etkili tetikleyiciler” olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Doğrudan etkili tetikleyiciler çığı kısa sürede başlatırken, gecikmeli etkili tetikleyicilerin çığı başlatması için günleri, hatta haftaları kapsayan bir gelişme süreci gereklidir. Doğrudan etkili tetikleyiciler çoğunlukla kar örtüsü üzerindeki yükü arttıran bir canlı hareketi (örğ. kayakçı, yabancı hayvan, bir araç vb), bir depremden kaynaklanan titreşim enerjisi, yağış ya da rüzgar taşınımı kaynaklı yeni kar birikimi ya da üst kottardaki saçakların koparak örtü üzerine düşmesi gibi ani etkileri kapsar. Anılan etkenlerin çığı nasıl başlattıkları kısmen ya da büyük oranda bilindiğinden, bu tür etken-

lere neden olan süreçlerin izlenmesi yoluyla doğrudan etkili tetikleyiciler tarafından başlatılan çığların tahmin edilmesi daha kolaydır. Diğer yandan, gecikmeli etkili tetikleyiciler çoğunlukla zayıf tabakaların ya da kayma kabağının oluşumu ile ilgilidir. Örneğin, hava sıcaklığının uzun süre aşırı düşük seyretmesi ile teşvik edilen yüzey altı ve derin şeker karı oluşumunu sağlayan kar metamorfizması süreçleri sonucunda anılan zayıf tabakaların oluşması ve kritik kayganlığa ulaşması günler/haftalar/aylar boyu sürmekte; bu yolla gerçekleşen çığları tetikleyen koşulların etkisi oldukça gecikmeli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gecikmeli etkili tetikleyiciler tarafından başlatılan çığların öngörülmesi oldukça güçtür. Ülkemizde günümüze değin gerçekleşen en ölümcül çığlardan 1993 kışında yaşanan Üzengili-Bayburt (59 kişi) çığı aşırı kar yağışına bağlı yük artışı sonucunda gerçekleşmiştir. Öte yandan, 2009 kışında yaşanan Zigana-Gümüşhane (11 kişi) çığı düz bir yamaç üzerinde kritik denge noktasında bulunan kar örtüsünün olasılıkla kış sprocularınca (kayakçı, snowboardcu, vb.) tetiklenmesi sonucunda oluşmuştur.

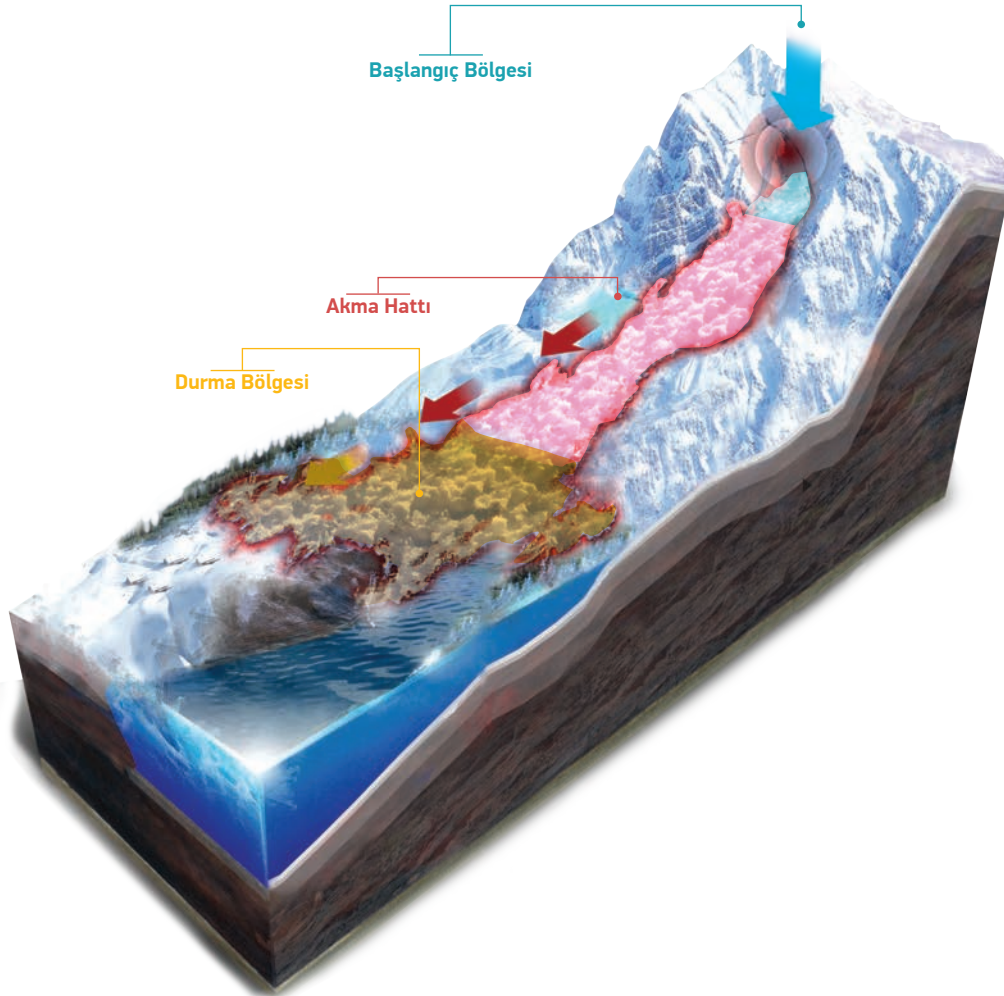
5. ÇİĞ PATİKASI

Bir çığ olayında, çığ hareketinin başlangıç ve durma bölgeleri arasında uzanan alana “çığ patikası” denir (Şekil 1.24 ve 1.25). Bir çığ patikası yukarıdan aşağıya doğru,

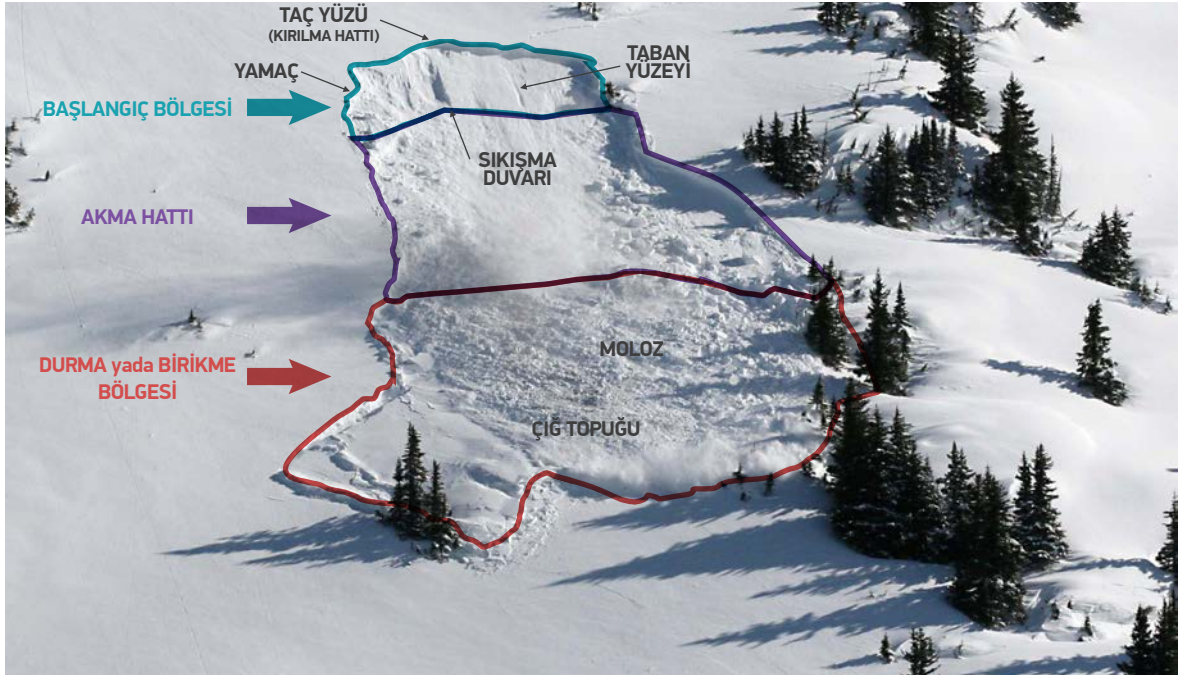
- i) başlangıç bölgesi,
- ii) akma hattı ve
- iii) durma bölgesi

olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Bu bölümlere ilişkin özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Şekil 1.24 Tipik bir çığ patikasının bölümleri.



Şekil 1.25: Tipik bir çığ patikasının bölümleri.



5.1 Başlangıç Bölgesi

Başlangıç bölgesi duraysız kar örtüsünün yenilerek hareketlenmeye başladığı bölgedir. Hareket bir noktadan ya da bir hat boyunca başlayabilir. Hareketin başladığı en yüksek kesim taç (*Ing. crown*) olarak adlandırılır. Çığ bir hat boyunca başladı ise bu hat taç yüzü (*Ing. crown face*) olarak adlandırılır. Başlangıç bölgesinin yan bölümleri yamaç (*Ing. flank*), tabanı taban yüzeyi (*Ing. bed surface*) alt sınırı ise sıkışma duvarı (*Ing. stauchwall*) olarak adlandırılır. Başlangıç bölgesinin taç yüzü kısmında çekme gerilimi (*Ing. tensile stress*), alt sınırdaki sıkışma duvarı kısmında ise sıkışma gerilimi (*Ing. compressive stress*) etkilidir (Şekil 1.26). Çığ oluşumu sırasında çoğunlukla başlangıç bölgesindeki kar örtüsü sıkışma duvarı üzerinden kar örtüsü üzerine sıçrayarak hareketini bu örtü üzerinde sürdürür. Buna karşın, çok büyük ölçekli ve yüksek yoğunluklu çığlarda, çığ dalgası akış hattı yüzeyindeki kar örtüsünü zemine kadar kazıyabildiği gibi, bazı durumlarda zeminin de kazındığı görülmektedir.

Şekil 1.26: Çığ Başlangıç bölgesinde kar örtüsüne etkileyen kuvvet tipleri.



5.2 Akma Hattı

Bir çığ patikasının başlangıç bölgesi altında bulunan ikinci bölümü akma hattıdır. Bu hat, çığın başlangıç bölgesi ile çığ durduğu ve çığ malzemesinin biriktirildiği durma bölgesini birbirine bağlar. Akış hattı boyunca tonlarca kar, eğimli bir yamaç boyunca bazen 350 km/sa'e ulaşabilen hızla, geçtiği yol üzerinde büyük zararlar veren muazzam bir kütle şeklinde akar. Bu kütlenin geçtiği yolun morfolojisi, çığın yüksekliğini ve çarpma gücünü değiştirmesi açısından önem taşımaktadır. Çığ akış hatlarını tanımlamak için bir çok sınıflama bulunmaktadır. En basit akış hattı sınıflamasına göre çığ akış hatları, açık yamaçlar veya kanallar olarak ikiye ayrılır.

Açık yamaçlar, kendilerini sınırlandırıcı yanal bariyerlere sahip değildirler (**bkz. 1.28**). Bu hatlarda çığın akış yüksekliği düşüktür. Kanallar ise, vadiler ve benzeri dar-uzun oluklardır (**bkz. Şekil 1.23**). Akış alanının daralmasından dolayı kanallarda akan çığların hızı ve akış yüksekliği açık yamaç çığlarına oranla çok daha fazladır. Çığlar akarken genellikle bir hattı izlerler. Bununla birlikte, çığlar her zaman doğal yanal bariyerler tarafından sınırlandırılmazlar ve bazen umulmadık yollar izleyerek, vadi içinde bir yamaçtan diğerine çarparak akış hattının dışına çıkabilirler.

5.3 Durma Bölgesi

Çığ patikasının üçüncü ve son bölümü durma bölgesidir. Bu bölge, akış hızının azaldığı, çığ durduğu ve taşıdığı malzemenin depolandığı yerdir. Çığın ulaştığı en uzak bölüm çığ topuğu ya da topuk bölgesi olarak da adlandırılmaktadır. Durma bölgesi, geniş bir düzlük, bir vadinin sonu, başka bir vadinin karşı yamacı veya çığın akışını durduran herhangi bir yer olabilir. Bu bölgede çığın hızı arazinin yapısal unsurlarına karşı çok hassas olup, çığ küçük cisimler veya yapılar tarafından saptı-

rılabılır. Çığlar umulmadık dönüşler yapabilir veya eğim açısı azaldığı zaman kısa bir mesafede durabilirler. Durma bölgeleri için tipik eğim açısı 15° veya daha düşük değerlerdedir. Gevşek ve kuru toz kardan oluşan çığlar özellikle düz arazilerde uzun mesafeler katedebilirler. Durma bölgesindeki bir orman, ağaçların yoğunluğu, yüksekliği ve elastikliğine bağlı olarak çığ akışını yavaşlatabilir.



6. ÇIĞ TIPLERİ

Literatürde çığların sınıflanmasına yönelik olarak kar tabakalarının fiziksel özelliklerini, başlangıç bölgelerinin özelliklerini, oluşum mevsimini, arazi morfolojisini vb dikkate alan çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Aşağıda içerikleri basitten karmaşığa değişen üç farklı sınıflama yaklaşımına değinilmiştir.

6.1 Kısa Sınıflama

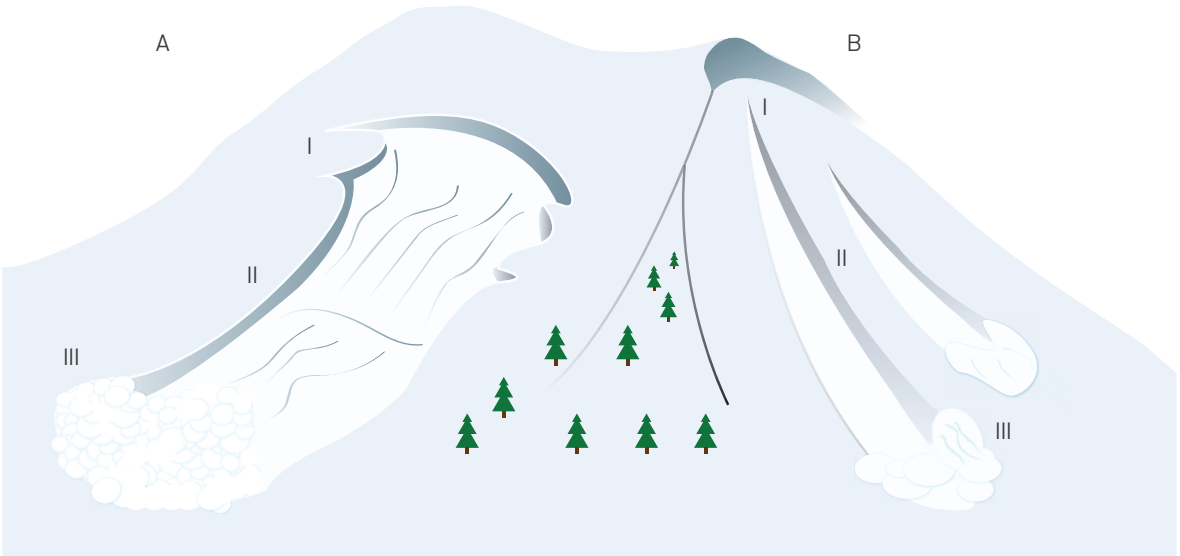
ABD Uzay ve Atmosferik Bilimler Ajansı'nca (NOAA) çığ hava koşullarının tahminine yönelik COMET eğitim programı çerçevesinde önerilen basit yaklaşımda kar çığları **i)** tabaka çığı ve **ii)** gevşek kar çığı olmak üzere başlıca iki ana sınıfa ayrılmaktadır (**Şekil 1.27 ve 1.28**). Tabaka ve gevşek kar çığıları kuru ya da ıslak kardan oluşabilmektedirler.

- **Tabaka çığı** (*İng. slab*) birbiriyle iyi bir biçimde kaynaşmış ve pekişmiş kar kristallerinden oluşan kohezyonlu kar tabakalarının yamaç aşağı kayması sonucunda oluşur. Tabaka çığıları rüzgar etkisi ile biriken kar tabakasınınca oluşturulduklarından rüzgar tabakası (*İng. wind slab*) çığı olarak da anılırlar. Çığı oluşturan kar tabakaları yalnızca bir tipteye ait

kar tabakası içerebilecekleri gibi çok sayıda tipteye ait kar tabakalarını da içerebilirler. Gevşek kar çığıları ile kıyaslandığında tabaka çığıları daha öldürücü ve yıkıcıdır.

- **Gevşek kar çığı** (*İng. slough, sluff*) yamaç üzerinde tek bir noktadan başlayan kar hareketinin, yamaç aşağı akışı sırasında kar örtüsü yüzeyindeki gevşek, pekişmemiş, birbiri ile kaynaşmamış kar kristallerinden oluşan kohezyonsuz karı bünyesine alması ile oluşur. Gevşek kar çığıları genellikle yamaç üzerinde **Λ** biçimli bir akış şekline sahiptirler. Bu tür çığılar çığa kapılan kişiyi örtebilir ya da taşıyabilirse, nadiren mal ya da can kaybına neden olabilecek büyüklüğe ulaşırlar.

Şekil 1.27 Tabaka (solda) ve gevşek kar (sağda) çığı patikalarının şematik gösterimi (I: başlangıç, II: akma, III: durma bölgeleri) (JSA)

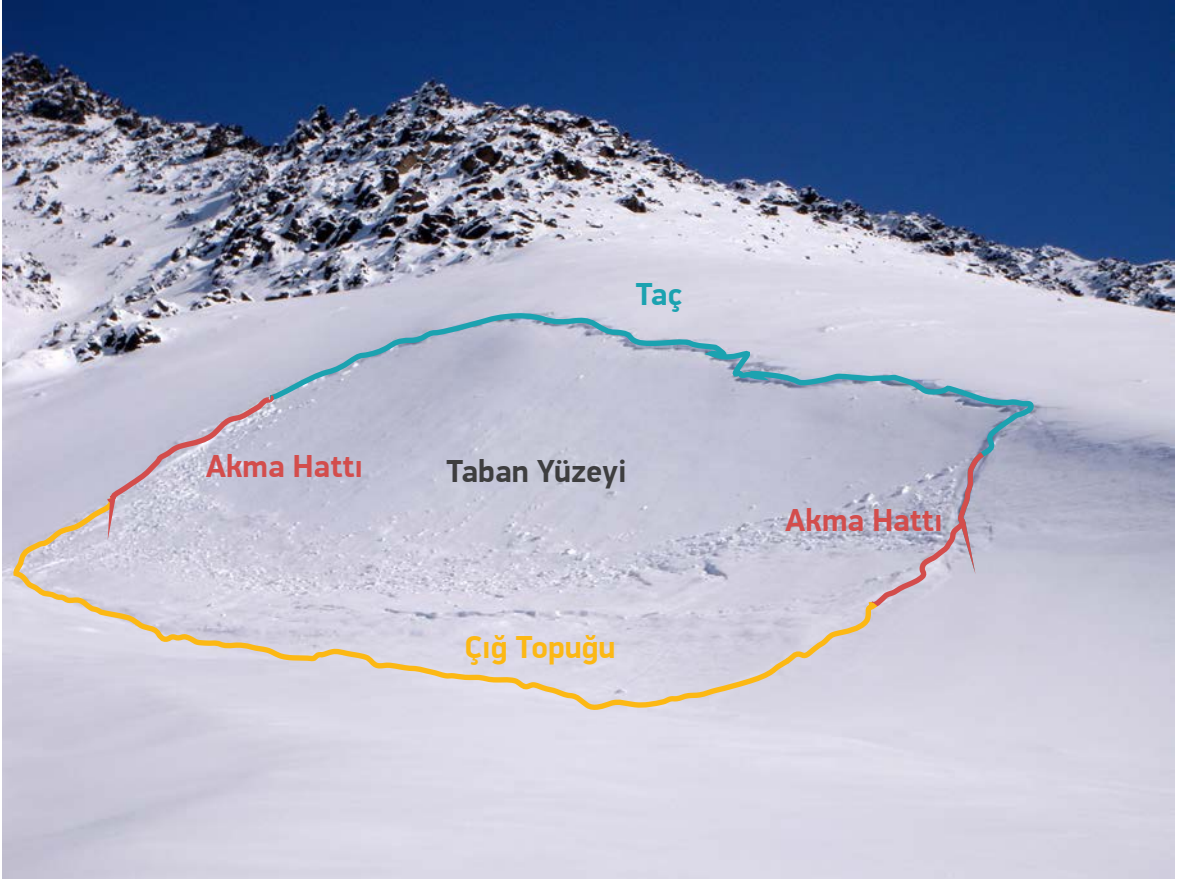


Tabaka çığları, taç yüzü, yamaçlar ve sıkışma duvarı arasındaki kar tabakasının hareketlenmesi ile başlar. Bu tür çığlar akış hattı boyunca temas ettikleri diğer kar kütlesi ve benzeri unsurları bünyelerine alabilirler. Tabaka çığları genellikle engebesiz ve düzlemsel bir taban yüzeyi üzerinde kayarlar. Bu yüzey genellikle tabaka çığı ile kaynaşmamış bir zayıf tabaka olmakla birlikte bazen de doğal zeminden oluşmaktadır (Şekil 1.28).

Şekil 1.28 Tipik tabaka çığı (solda) ve gevşek kar çığı sağda) görünüşleri



Şekil 1.29 Tipik bir tabaka çığının bölümleri



Tabaka çığları ayrıca yumuşak (İng. soft) ve sert (İng. hard) tabaka çığları olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Yumuşak tabaka çığları rüzgarın bağıl yavaş estiği ve/veya karın bağıl olarak düşük yoğunluğa sahip olduğu durumlarda oluşmaktadır. Bu tabakalar kolaylıkla parçalanmakta, çığ yamaç aşağı ilerledikçe sert

tabaka çığlarına oranla daha fazla tozlaşmaktadır. Sert tabaka çığları rüzgarların bağıl olarak daha güçlü ve/veya kar yoğunluğunun bağıl olarak daha yüksek olduğu koşullarda oluşmaktadır. Sert tabaka çığları yamaç aşağı iri bloklar şeklinde ilerler. Bu tür çığlar daha yıkıcı olmaktadır.

Sert tabaka çığları,
iri bloklar şeklinde ilerler ve daha yıkıcıdır.

6.2 JSA Sınıflaması

Çığların oluşum biçimlerine dayalı biraz daha ayrıntılı bir yaklaşım JSA (Japan Sabo Association) (1992) tarafından önerilmiştir. Bu yaklaşıma göre çığların sınıflanmasında

- i) Çığ başlangıç bölgesi
 - a. bir noktadan başlayan,
 - b. bir hattan başlayan,
- ii) Çığ tabakası kar tipi
 - a. kuru kar,
 - b. ıslak kar ve
- iii) Kayan karın derinliği
 - a. yüzey tabakası,
 - b. tüm tabaka dikkate alınmaktadır.

JSA sınıflamasında kar örtüsünün tamamı Tüm Tabaka, örtünün tamamını kapsamayan yüzeye yakın bölümü ise Yüzey Tabakası olarak adlandırılmaktadır. Çığın kar örtüsünün bir kısmını içeren yüzey tabakası

ya da tamamını içeren tüm tabaka biçiminde olması kar örtüsünün geçirdiği metamorfizmaya bağlıdır. Metamorfizma süreci sonucunda üzerinde kaymanın gerçekleştiği zayıf tabaka örtünün tabanında yer alıyor ise tüm tabaka, örtünün içinde yer alıyor ise yüzey tabakası çığı oluşmaktadır.

Anılan ölçütlere göre sekiz farklı çığ tipi tanımlanabilmekle birlikte, doğada bunlardan altı tanesi ile karşılaşılmaktadır. Günümüze değin, bir noktadan başlayan ıslak ya da kuru tüm tabaka çığ tipleri doğada gözlenmemiştir. **Bölüm B'de "Çığ Envanteri ve Veri Tabanlarının Oluşturulması"** başlığı altında ayrıntıları sunulan **çığ tipleri kullanılmalıdır.**

Çizelge 1.2'den de görüldüğü gibi JSA sınıflamasındaki "Bir Noktadan Başlayan" ve "Bir Hattan Başlayan" sınıfları yukarıda daha önce açıklanan Kısa Sınıflama'daki "Gevşek Kar Çığı" ve "Tabaka Çığı"na karşılık gelmektedir. JSA sınıflamasında geçen terimlerin anlamları aşağıda kısaca açıklanmış, bunlara ilişkin görsel örnekler Şekil 1.30'da sunulmuştur.

Çizelge 1.2 JSA sınıflamasına göre çığ tipleri.

Bir Noktadan Başlayan	Bir Hattan Başlayan
Kuru Kar Yüzey Tabakası	Kuru Kar Yüzey Tabakası
Islak Kar Yüzey Tabakası	Islak Kar Yüzey Tabakası
	Kuru Kar Tüm Tabaka
	Islak Kar Tüm Tabaka

Günümüze değin gerçekleştirilen gözlemlere göre JSA sınıflamasındaki çığ tiplerinin genel özellikleri ise şu şekildedir.

- Bir noktadan başlayan kuru kar yüzey tabakası çığı sıcaklığın düşük ve kar yağışının devam etmekte olduğu durumlarda gerçekleşme eğilimindedir. Genellikle tetikleyici unsur bir saçaktan, ağaç dalından ya da kaya yüzeyi vb'den düşen kardır. Kuru kar, yamacı toz kar çığı şeklinde süpürür. Bir noktadan başlayan hareket Λ şeklinde yamaç aşağı doğru genişler. Bu tür çığlar genelde küçük ölçeklidir ve izleri kolaylıkla belirlenemez.
- Bir noktadan başlayan ıslak kar yüzey tabakası çıkları yeni yağmış 20-30 cm kalınlığındaki karın

ılık hava ile temas etmesi sonucunda oluşurlar. Genellikle bir kar topunca tetiklenen ıslak kar Λ şekilli akış hattı oluşturur. Akış hattının uzun olması durumunda çöküntü akışına benzer bir çığ görünümüne kavuşur. Genellikle küçük ölçeklidir. Bu tür çığlar çoğunlukla bahar aylarında, pürüzlü yüzeyler üzerinde birikmiş karın ılık hava koşullarına maruz kalması sonucunda oluşurlar.

- Bir hattan başlayan kuru kar yüzey tabakası çıkları genellikle daha önce birikmiş dikkate değer kalınlıktaki kar üzerine düşük sıcaklıkta kısa sürede birkaç on cm'lik kar yağması durumunda gerçekleşirler. Tetiklenme kar yağışı sırasında ya da sonra-



sında düşük sıcaklık koşullarında gerçekleşir. Kar kütleleri yamaç üzerindeki oldukça geniş bir hat boyunca birlikte hareket etmeye başlar. Oluşan çığ çoğunlukla büyük ölçeklidir. Çığ kütesine bir kar dumanı da eşlik eder ve çığ dağ eteğinden birkaç km öteye değin ulaşabilir.

- Bir hattan başlayan kuru kar tüm tabaka çığları uzun süreli soğuk koşullarda gerçekleşen kuru kar yağışı sonrasında gerçekleşirler. Çığın başladığı yamaçta sonuçlanan ve karşı dağ yamacına ulaşan iki alt tipi vardır. İlk tipte, mevcut kuru kar örtüsünün üzerine soğuk koşullarda yağın yeni kar örtüsü, kendisi ile birlikte alttaki kar örtüsü tabakasını da harekete geçirmektedir. Çığın yeni kardan oluşan kar dumanı bileşeni dağ eteğinden oldukça ileri mesafelere ulaşabilir. İkinci tip ise aşırı soğuk hava koşullarının uzun süre devam etmesi sonucunda yeryüzeyine yakın kar tabakasının kırılma kazanması ve üstteki kar örtüsünün ağırlığı ile çökmesi sonucunda hareketlenmesi ile oluşur. Bu çığ tipinin “Bir hattan başlayan ıslak kar tüm tabaka çığı”ndan farkı dağ yamacından daha uzaklara ulaşabilmesidir.

- Bir hattan başlayan ıslak kar yüzey tabakası çığları genellikle kar yağışından sonra havanın iyileştiği, sıcaklığın arttığı koşullarda oluşma eğilimindedirler. Bu tür çığ tabakaları daha fazla su içerir. Çığ kar akışı şeklinde olup, kar dumanı oluşturmaz.
- Bir hattan başlayan ıslak kar tüm tabaka çığları çoğunlukla ilkbaharda, kar erimesi döneminde oluşurlarsa da sıcaklığın çok yükseldiği kış aylarında da görülebilirler. Çığın tetiklenmesi yağmurlu ya da ılık bir günde kar erimesi suyunun tabakanın yamaç yukarı bölümünde yüzeyden zemine doğru uzanan bir çatlak ya da boşluk aracılığı ile kar tabakaları ya da kar örtüsü ile zemin arasına sızması sonucunda gerçekleşir. Çığ genellikle büyük ölçeklidir ve sert kar tabakası parçaları akış sırasında zemini kazıyabilir. Çığ sırasında kopan kar kütleleri kar dumanı⁵ oluşturmaksızın yamaç aşağı akar.

⁵ Kar dumanı (*snow smoke*): Çığ sırasında toz kardan oluşan bulutsu kütle.



6.3 UNESCO Sınıflaması

UNESCO (Kotlyakov, 1981) tarafından geliştirilmiş morfolojik çığ sınıflandırması çığın başlangıç, akma ve durma bölgelerine ait 9 farklı özelliğe dayanan oldukça ayrıntılı bir yaklaşım içermektedir. Bu özellikler,

- çığın başlama şekli,
- kayma düzleminin konumu,
- kar içindeki sıvı su,
- akış hattının şekli,
- akış şekli,
- kaymanın gerçekleştiği yüzey,
- durma bölgesindeki yüzey pürüzlülüğü,

h) durma bölgesindeki karın sıvı su içeriği ve

i) durma bölgesindeki karın kirliliği ölçütlerini içermektedir (**Çizelge 1.3**).

Buna göre, örneğin çizgisel başlangıçlı bir çığ eski kar tabakasındaki kırılma sonucu başlamış ve sıvı su içermeyen bir kuru kar çığı ise A1, B3, C1 kodları ile tanımlanmaktadır. Çığın akışı bir vadi boyunca, kar bulutu şeklinde gerçekleşmiş ise D2 ve E1 kodları kullanılmakta, durma bölgesindeki yüzey kaba ve düzensiz, enkazın su içeriği kuru, enkaz ağaçlar ve dallar içeriyor ise G1, H1 ve I4 kodları kullanılmaktadır.

Çizelge 1.3: UNESCO morfolojik çığ sınıflaması (AFET, 1999)

Alan	Kriterler	Alternatif Karakteristikler	Kodlama ve Adlandırmalar
Çığ Başlangıç Bölgesi	A Başlama şekli	A1 Noktasal başlangıç hattı (gevşek kar çığı)	A2 Çizgisel başlangıç hattı (tabaka çığı)
		A3 Çizgisel bir kırık boyunca bir noktadan kopma (karişik kopma- yumuşak kar)	A4 Çatlaklı bir yapıdan kopma ile başlama (sert kar)
	B Kayma düzleminin konumu	B1 Kar örtüsünün içinde (yüzey-tabaka çığı) B3 Eski kar tabakasında kırılma	B2 Taze kar tabakasında kırılma B4 Zeminde oluşan yenilme (zemin)
Çığ Akış Hattı	C Kar içinde sıvı durum-daki su	C1 Yok (kuru kar çığı)	C2 Var (ıslak kar çığı)
	D Akış hattının şekli	D1 Açık yamaçta bulunan patika (yamaç çığı)	D2 Bir vadi veya kanal şekilli patika (vadi çığı)
	E Hareket (akış) şekli	E1 Kar bulutu (toz çığı)	E2 Zemin üzerinde akış
Çığ Durma Bölgesi	F Kaymanın gerçekleştiği yüzey	F1 Kar örtüsü üzerinde (yüzey çığı)	F2 Zemin üzerinde (Zemin çığı)
	G Durma bölgesindeki yüzey pürüzlülüğü	G1 Kaba, düzensiz	G2 Köşeli bloklar
	H Depolanma anında enkazdaki sıvı su içeriği	G3 Yuvarlağımsı yumrular	G4 İnce
	I Enkazın kirliliği	H1 Yok (kuru çığ enkazı)	H2 Var (ıslak çığ enkazı)
		I1 Görünen bir kirlenme yok (temiz çığ)	I2 Kirlilik var (kirlenmiş çığ)
	I3 Kaya ve toprak I5 Yapılar	I4 Ağaçlar ve dallar	



Şekil 1.30 Çeşitli çığ tiplerine ait görüntüler.



Tek noktadan başlayan çığlar



Yüzey Tabakası çığı



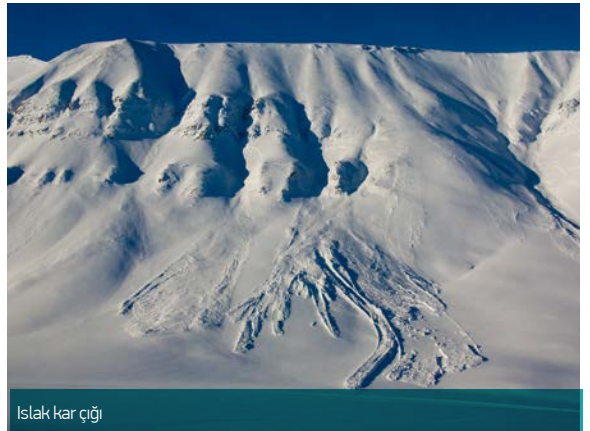
Tüm tabaka çığı



Tüm tabaka çığı



Yüzey Tabakası çığı



Islak kar çığı

7. ÇIĞIN BÜYÜKLÜĞÜ VE ETKİLERİ

Çiğ duyarlılık haritaları çiğ oluşabilecek alanları, çiğ tehlikesi haritaları ise çiğ gerçekleşeceği alanları belirtmek üzere kullanılmaktadır. Çiğ tehlike haritalarından sonraki aşama çiğ riski haritalarının oluşturulmasıdır. Çiğ riski haritaları çiğ tehlikesinin büyüklüğü ve etkileri dikkate alınarak hazırlanır. Konuyla ilgili ayrıntılı bilgiler **ÇIĞ HARİTALAMALARI ve DEĞERLENDİRMELERİ Bölümünde**'de sunulmuştur.

Günümüzde çiğ büyüklüğünü tanımlamak üzere kullanılan tek bir standart yaklaşım bulunmamaktadır. Çiğ büyüklüğü genel olarak

- i) akma patikası uzunluğu,
- ii) oluşan tahribat düzeyi ve
- iii) çiğ hacmi

gibi göstergeler dikkate alınarak belirlenmektedir.

Çiğ büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla Avrupa ve Amerika ülkelerinde kullanılmakta olan sınıflamalar birleştirilerek **Çizelge 1.4**'te gösterilmiştir. Buna göre, çiğlar, patika uzunluğu ve çiğ hacmi 10 m ve 100 m³ olan Yüzeysel Çiğ ile patika uzunluğu ve çiğ hacmi 3000 m ve >100.000 m³ olan Çok Büyük Çiğ arasında bulunan 5 sınıfa ayrılmaktadır. Sınıf 1'den sınıf 5'e doğru çiğ tahribat (İng. destruction) potansiyeli de D1'den D5'e doğru artmaktadır.

Çizelge 1.4 Avrupa ve Amerika'da kullanılan çiğ büyüklüğü ölçekleri (Moner et al., 2013)

Çiğ Büyüklüğü	Çiğ Tahribat Potansiyeli (Avrupa Sınıflaması)	Tipik Uzunluk (m)	Akış/Durma Sınıflaması (Amerika Sınıflaması)	Tipik Çiğ Hacmi (m ³)
1 Yüzeysel	D1. İnsanlara bağıl olarak zararı yok. Kısmen gömülmeye ya da düşmeye neden olabilir.	10	Kar hareketi yamaç sonuna ulaşmadan durur.	100
2 Küçük	D2. Bir kişiyi gömebilir, yaralayabilir ya da öldürebilir.	100	Kar hareketi yamaç sonunda durur.	1000
3 Orta	D3. Bir otomobili gömebilir, kamyonu zarar verebilir, ahşap bir evi ya da bazı ağaçları yıkabilir.	1000	Özellikle yamaç eğiminin 30°'nin altında olması durumunda patikasından taşıp düz alanlarda 50 m'den kısa mesafeler kat edebilir.	10,000
4 Büyük	D4. Bir treni, kamyonu, bir kaç binayı ya da dikkate değer büyüklükte ormanı tahrip edebilir.	1000-2000	Özellikle yamaç eğiminin 30°'nin altında olması durumunda patikasından taşıp düz alanlarda 50 m'den büyük mesafeler kat edebilir, vadi tabanına ulaşabilir.	100,000
5 Çok büyük	D5. Yer yüzeyini kazıyabilir.	3000	Vadi tabanına ulaşır.	>100,000

Hızla hareket eden ve binlerce ton ağırlığındaki kar- dan oluşan çığ karşılaştığı doğal ya da yapay tüm un- surları kolaylıkla tahrip eden muazzam bir güce sahip- tir. Farklı tür çığlar, farklı tür ve büyüklükteki hasarlara neden olurlar. Akan kar kütesinin yoğunluğu, boyutları ve hızı ile çığın hareket halinde iken koparıp bünyesine kattığı buz ve kaya gibi cisimler çığların meydana ge- tireceği tahribatın büyüklüğünü belirler. Çığın çarpma kuvveti genellikle akış hızı ve çığ yoğunluğu ile orantılıdır. McClung (1990) tarafından çok sayıda çığ üzerinde gerçekleştirilen gözlemler sonucunda çığın ulaşabile- ceği maksimum hızın tahminine yönelik aşağıdaki göz- lemsel eşitlikler belirlenmiştir.

$$\text{Maksimum hız (m/s)} = 1.5 (\text{çığ patikası uzunluğu})^{0.5}$$

$$\text{Maksimum hız (m/s)} = 1.8 (\text{kopma ve topuk bölgeleri arası kot farkı, m})^{0.5}$$

Çığların çarpma kuvvetleri başta yoğunluk olmak üzere çığı oluşturan kar kütesinin özelliklerine bağlı

olarak geniş bir aralıkta değişmektedir (**Çizelge 1.5**). Genellikle, ıslak kar çığları yüksek yoğunluklarından dolayı, daha büyük çarpma kuvvetine sahip oldukları- dan bağıl olarak daha yıkıcıdır. Toz kar çığlarında ise akış yoğunluğu daha düşük olduğundan çarpma kuvve- ti ve oluşan tahribat da daha sınırlı düzeyde olmaktadır.

Çizelge 1.5'te sunulan çarpma kuvvetlerinin pratikte neden olabilecekleri hasar büyüklüğü **Çizelge 1.6**'da gösterilmiştir. Buna göre, 0.1 ton/m² düzeyindeki za- yıf bir çarpma kuvvetinde oluşan hasar yalnızca cam- ların kırılması ile sınırlı iken, 100 ton/m² düzeyindeki, bir çarpma kuvveti betonarme yapıların yıkılmasına neden olabilmektedir. **Şekil 1.31**'de Hacer Vadisinde (Aladağlar) gerçekleşen orta büyüklükte bir çığ tara- fından kabuğu soyulmuş ve gövdesine kaya parçaları saplanmış bir ağacın ağacın görüntüsü sunulmuştur. **Şekil 1.32-35**'te ise çeşitli çığ olaylarına ait tipik hasar görüntüleri sunulmuştur.

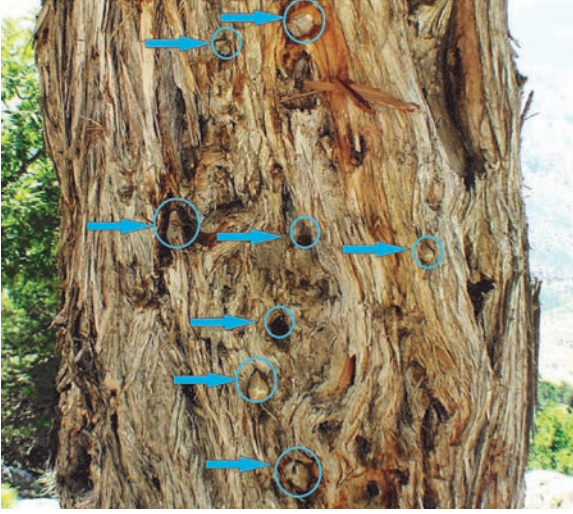
Çizelge 1.5 Çeşitli kaynaklara göre farklı tipteki çığların çarpma kuvvetleri (AFET, 1999).

Çığ Türleri	Çarpma Kuvvetleri (ton/m ²)		Akış Yoğunluğu (kg/m ³)
	McClung and Scharer, 1998 (ölçülen)	USDA, 1975 (tahmini)	
Toz Çığlar	En fazla 10	0.2 - 1.5	10
Kuru Kar Çığları	En fazla 80	5 - 30	100 - 150
Islak Çığlar	En fazla 20	30 - 40	150 - 200

Çizelge 1.6 Farklı düzeydeki çığ çarpma kuvvetlerinin neden olabileceği hasar düzeyleri .

Çarpma kuvveti (ton/m ²)	Potansiyel Hasar
0.1	Camlar kırılır
0.5	Kapılar kırılır
3	Ağaçtan inşa edilen yapılar yıkılır
10	Büyük ağaçlar kökünden sökülür
100	Güçlendirilmiş betonarme yapılar yıkılır

Şekil 1.31 Orta büyüklükte bir çığın ağaç üzerinde oluşturduğu tahribat (Hacer Vadisi, Aladağlar, Kayseri).



Şekil 1.33 Orta büyüklükteki bir çığ tarafından sürüklenmiş karayolu iş makinası



Şekil 1.32 Kesildiği tarihten kabaca 30 yıl önce çığ tahribatına uğramış bir ağaç gövdesindeki büyüme halkaları. Büyüme halkalarından hareketle çığ frekansının tahmin edilmesi çığ riski haritalarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.





Şekil 1.34 Çiğ altında kalan bir ilkokulun dış görünümü.



Şekil 1.35 Çiğ altında kalan bir ilkokulun içinden görünümle.



Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması

ÇİĞ TEMEL KILAVUZ



B

ÇİĞ HARİTALAMALARI ve DEĞERLENDİRMELERİ



1. GİRİŞ

Doğal afetler ve değerlendirmelerine yönelik çalışmaların başlangıçtaki en önemli aşamalarından biri, ilgililenen doğal afet türünün özelliklerinin ortaya konulmasıdır. Diğer bir deyişle, söz konusu doğal afet türüne ilişkin özelliklerin yansıtıldığı ve parametrik analizlerin yapılmasına olanak sağlayacak bir veri tabanı ve envanterinin oluşturulma aşaması, bu tür değerlendirmelerin en önemli kesimini oluşturmaktadır. Günümüz teknolojisinde, dikkate alınacak doğal afet türünün değerlendirmesine yönelik olarak kullanılacak teknoloji, yöntem ve parametreler ne olursa olsun, yapılacak değerlendirmelerin güvenilirliğini ve başarısını, oluşturulacak envanter ve veri tabanı çalışmaları, doğrudan etkilemektedir.

Herhangi bir alan için uygulanacak ve değerlendirmesi yapılacak çığ modelleri için de, yukarıda değinilen kavramlar geçerli olup, geçmişte meydana gelen çığ olaylarına ilişkin veri tabanı ve envanterinin oluşturulması büyük öneme sahiptir. Ayrıca, bu tür veri tabanlarının oluşturulması ve güncellenmesi, çığ olaylarının nerede, hangi koşullarda ve ne zaman gelişebileceği konularında önemli olan girdi parametrelerini (topoğrafik, meteorolojik, jeomorfolojik vb.) içermesi açısından, haritalama/modelleme çalışmaları için hayati öneme sahiptir. Örneğin, ABD’de 1950’li yılların başından itibaren gerek ilgili devlet kurumları, gerekse gönüllüler (kayakçılar, avcılar, yerel halk vb.) tarafından tutulmaya başlanarak oluşturulan çığ kayıtları sayesinde, ABD günümüzde çığ olaylarının sıklıkla yaşandığı; ancak, meydana gelen can ve mal kayıplarını minimize etmiş ülkelerin başında gelmektedir (Sheridan vd., 2005).

Çığ oluşum mekanizmalarının çözümlenmesinde, ülkeden ülkeye, hatta aynı ülke içinde, bölgeden bölgeye değişimler gözlenebilmekte, dikkate alınan alanlara

ilişkin temel topoğrafik, meteorolojik ve çevresel özellikler, diğer bir deyişle çığ envanteri ve veri tabanı oluşturulması ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir bölge için yapılacak çığ değerlendirme çalışması için öncelikle bu bilgilerin toplanması zaruridir. Bu kılavuz kapsamında yapılacak değerlendirmelerin, öncelikle çığ duyarlılığının, daha sonra tehlike ve riskinin değerlendirilmesine yönelik olarak dikkate alınması gerekliliği unutulmamalıdır.

Çoğunlukla hidrometeorolojik afetler içinde değerlendirilen çığ afeti, temelde diğer kütle hareketleri gibi, birbirinden farklı birçok parametrenin bir arada etkin olduğu ve yer çekimi etkisiyle, kütlelerin aşağı yönde hareketi şeklinde gelişen bir mekanizmaya sahiptir. Çığlar, dağlık arazilerde meydana gelen ve insanların can ve mal güvenliği üzerinde büyük bir tehdit unsuru yaratan; ayrıca, çevre üzerinde de olumsuz etkilere yol açan bir doğa olayıdır. Bir bölgede çığ olayının gelişmesinde, topoğrafik özelliklerin, meteorolojik/iklimsel değişimlerin, kar türü ve yapısının ve çevresel faktörlerin (bitki örtüsü yoğunluğu, arazi kullanımı, insan etkisi gibi) bir arada etkilediği parametrik etkileşimlerin olduğu bilinmelidir. Ancak, burada sözü edilen tüm parametrelere ilişkin güvenilir verilerin elde edilmesi, hangi parametrenin, hangi oranda etkilediğinin belirlenmesi, ancak çığ envanter bilgisi ve oluşma zamanı ve koşulları biliniyorsa mümkün olabilmektedir. Bu parametrelerin sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi ve çığ duyarlılık, tehlike ve risk haritalarının oluşturulması, gelecekte yapılacak yerleşim planlamaları, önlem yapılarının geliştirilmesi ve risk yönetimi açısından temel atlık olup, son derece büyük öneme sahiptir.



2. TEMEL TANIMLAR ve KAVRAMLAR

Çiğ değerlendirme haritalamalarına geçilmeden önce, kılavuzun bu bölümünde kullanılan temel kavramlara ilişkin güncel tanımlamalara, aşağıda değinilmiştir. Bu tür haritalamalar günümüzde çoğunlukla Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılarak yapıldığından, kılavuz içinde kullanılan teknik CBS terminolojisine de burada yer verilmiştir. Kullanıcıların bu tanımlamaları ve kavramsal içerikleri hakkında bilgi sahibi olmaları, bir sonraki analiz aşaması için temel teşkil edeceğinden, son derece önemlidir.

- **CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) (Geographical Information System):** Konuma dayalı bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütün dahilinde yapan bilgi sistemidir.
- **UA (Uzaktan Algılama) (Remote Sensing):** Bir nesneye fiziksel temas olmaksızın, ilgili nesnenin elektromanyetik ışınım özelliklerinin algılanarak değerlendirildiği ve kullanıcılara sunulduğu bilim dalıdır. Çoğunlukla hava fotoğrafı yorumlamaları ve uydu görüntülerinin değerlendirilmesi işlemlerini kapsamaktadır.
- **Duyarlılık (Susceptibility):** Duyarlılık kavramı, dikkate alınan afet türünün oluşumunda etkin olduğu düşünülen hazırlayıcı parametrelerin (topoğrafik, çevresel vb.) dikkate alınarak yapılan analizler sonucunda, söz konusu afet türünün gelecekte gelişmesi olası alanlarının, göreceli olarak sınıflandırılması şeklinde tanımlanmaktadır (Varnes, 1984; Fell vd., 2008).
- **Raster (Hücresel) Veri (Raster Data):** Yeryüzeyi üzerindeki nesnelerin, grid hücreleri şeklinde ifade edildiği ve bu nesnelere ilişkin özellikleri yansıtan ve görüntü olarak bilgi sunan veri gruplarıdır.
- **Çözünürlük (Resolution):** Bir görüntü elemanının gerçeği yansıtma hassasiyetinin sayısal değeridir.
- **Piksel (Pixel):** En küçük hücresel görüntü elemanıdır.
- **SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) (Digital Elevation Model):** Çok sayıda konumsal ve yükseklik değerinin, bir koordinat sistemi dahilinde, yeryüzeyine ilişkin verilerle ifade edilip, istatistiksel olarak

değerlendirilmesi ve sunulmasından oluşan veri grubudur.

- **Vektörel Veri (Vector Data):** Yeryüzeyi üzerindeki nesnelerin, nokta, çizgi veya poligon şeklinde ifade edilebildiği konum, şekil ve/veya öz nitelik bilgilerini içeren veri gruplarıdır.

Sözü edilen bu kavramlar, çoğunlukla CBS temelli doğal afet değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan yöntem/kavram/teknik terim tanımlamaları olup, dünya çapında kabul görmüş terminolojiyi içermektedir. Çiğ olayının özelindeki teknik kavramlara, bir önceki bölümde değinildiği için, bu bölümde değinilmeyecektir.

3. ÇIĞ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI

Karmaşık bir doğa olayı olan ve önemli oranda belirsizlik içeren çığ olayının gelişebileceği bölgelerin olabildiğince güvenilir biçimde haritalanabilmesi için genel olarak:

- Geçmişte meydana gelmiş çığ bilgilerine,
- Yerel oluşum koşullarına (topoğrafya, bitki örtüsü vb.) ilişkin güvenilir bilgilere,
- Bu verilerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen yerel çığ karakteristiklerine özgü bilgilere

gereksinim duyulmaktadır. Bu bilgiler ayrıntılandırılarak, çığ değerlendirme amacına (envanter, duyarlılık vb.) yönelik olarak, farklı parametreler ve yöntemler

ile haritalamalar yapılmaktadır (**Çizelge 2.1**). Bu tür haritaların üretilmesinin temel amacı, can ve mal kayıplarının minimize edilmesidir. Ayrıca, dağlık alanlarda mevcut yerleşimlerin dışında, yine insan odaklı turizm faaliyetleri, doğa sporları, ulaşım gibi unsurların varlığı nedeniyle, çığ değerlendirmelerinin yapılması, hem insan hayatı, hem de doğal çevre ve mal kayıplarının azaltılması yönünde olumlu etki yapacaktır. Bunların dışında, çığ değerlendirmeleri bölgesel ölçekteki planlamalar, arazi kullanımı, envanter oluşturulması, modelleme, risk yönetimi gibi amaçlar doğrultusunda da yapılmaktadır (McClung vd., 2002).



Çizelge 2.1. Çiğ değerlendirmelerinde kullanılan haritalama türleri (Weir, 2002).

Analiz Türü	Haritalama Türü	Üstünlük ve Sınırlama
Çiğ Dağılım Analizi	Envanter oluşturma (Fitzharris ve Harris, 1983)	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve niceliksel bir yöntemdir. Veri tabanı oluşturulmasına olanak sağlar. Tahmine yönelik bir değerlendirme yapılamamakla birlikte, her türlü analiz için altlık olarak kullanılabilir.
Çiğ Aktivite Analizi	Farklı zamansal periyotlara ilişkin çiğ yerlerinin haritalanması (çoğunlukla hava fotoğraflarından yararlanılarak)	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve niceliksel bir yöntemdir. Veri tabanı oluşturulmasına olanak sağlar. Farklı zamanlara ilişkin bilgi içerdiğinden, çiğ aktivite değerlendirme çalışmalarına altlık oluşturur. Tahmine yönelik doğrudan bir değerlendirme yapılamamakla birlikte, özellikle tehlike değerlendirmeleri için son derece önemlidir.
Çiğ Yoğunluk Analizi	Birim alana (km ²) düşen çiğ sayısının belirlenmesi; duyarlılık haritalamaları	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve niceliksel bir yöntemdir. Veri tabanı oluşturulmasına olanak sağlar. Kısmen tahmin yapılabilir.
Jeomorfolojik Analiz	Doğrudan haritalama; eğim, baki, yükseklik, arazi kullanımı gibi parametrik ilişkiler ile olası çiğ yerlerinin belirlenmesi; Fransız Yöntemi (Borrel, 1992)	<ul style="list-style-type: none"> Öznel, nitel ve esnek bir yöntemdir. Tehlike değerlendirmesi tartışmaya açıktır. Önemli oranda deneyim gerektirmektedir. Veri tabanı oluşturulmasına olanak sağlar. En hızlı çıktı üreten yöntem olmasına karşın, yeniden değerlendirme yapılması güçtür.
Öznel Puanlama Analizi	Duyarlılık haritalama, tehlike puantaj sistemi (CBS yardımıyla)	<ul style="list-style-type: none"> Öznel, nitel/yarı nicel ve esnek bir yöntemdir. Tehlike değerlendirmesi tartışmaya açıktır. Önemli oranda deneyim gerektirmektedir. Veri tabanı oluşturulmasına olanak sağlar.
İki Değişkenli İstatistiksel Analiz	Parametrelerin çiğ oluşumları ile ilişkisi temel alınarak haritalama yapılması	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve nitel/yarı nicel bir yöntemdir. İstatistik temelli bir yöntemdir. Parametrik etki değerlendirmesi yapılabilmektedir. Sonuç haritanın güvenilirliği, veri kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.
Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz	Parametrelerin çiğ oluşumları ile ilişkisi temel alınarak haritalama yapılması	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve nicel bir yöntemdir. İstatistik temelli bir yöntemdir. Olasılığa bağlı olduğundan tehlike ve risk haritalamasına olanak sağlar. Veriye dayalı olduğundan, deneyim minimum düzeydedir. Sonuç haritanın güvenilirliği, veri kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.
Duraylılık Analizleri	Topoğrafik ve kar özelliklerinin bir arada değerlendirildiği dinamik modeller, yaklaşımlar (Conway vd., 2000)	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel ve nicel bir yöntemdir. Büyük alanlarda uygulama güçlüğü mevcuttur. Topoğrafik, meteorolojik ve kar özellikleri net bir şekilde bilinmelidir.
Yayılım Zonlama Analizi	İsviçre (kırmızı, mavi, sarı, beyaz) zonlama tekniği, İzlanda risk haritalama yaklaşımı (Keylock vd., 1999)	<ul style="list-style-type: none"> Nesnel/öznel ve nitel/nicel bir yöntemdir. Planlama için pratik bir uygulamadır.
Doğrusal Yayılım Analizi	NGI (Norwegian Geotechnical Institute) haritalama tekniği (Lied vd., 1989)	<ul style="list-style-type: none"> Öznel ve nitel/nicel bir yöntemdir. Doğrusal hareket modellemesi için uygundur. Ayrıntılı saha çalışması gerektirmektedir. Sonuç haritanın güvenilirliği, veri kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.
Doğrusal Risk Analizi	Karayolu ve demiryolu taşımacılığının yapıldığı alanlarda yapılabilecek risk haritalaması (McClung ve Navin, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> Çoğunlukla, taşımacılık yapılan karayolu veya demiryolları için uygulanabilir. Ayrıntılı saha çalışması gerektirmektedir. Sonuç haritanın güvenilirliği, veri kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.

Günümüzde çığlara ilişkin haritalamalar konusunda ister büyük, ister küçük ölçekte olsun, CBS'nin kullanımı vazgeçilmez bir unsurdur. Bu tür değerlendirmelerde CBS'nin kullanılmasının sağladığı en önemli faydalardan biri, veri tabanı oluşturmak, veri tabanını yönetmek ve teknik analizlerin yapılmasına olanak sağlamasıdır. Bunun yanı sıra, özellikle farklı senaryoların dikkate alınarak çığ yayılım zonlarının belirlenmesi, duyarlılık, tehlike ve risk modellemeleri ile dinamik yaklaşımların da içerildiği uygulamalarda, modelleme yapılmasına ve karar vericilere farklı alternatifler sunulmasında da, CBS'nden önemli oranda fayda sağlanmaktadır.

Çizelge 2.1 incelendiğinde, çığ değerlendirmelerinde farklı amaçlara yönelik olarak, farklı haritalama teknikleri kullanıldığı görülmektedir. Gerek yöntemler, gerekse kullanılan parametreler açısından, tüm dünya çapında kabul görmüş bir yöntemden bahsedilememektedir (Weird, 2002). Bu durumun temel gerekçesi, çığ olayının mekanizmasının son derece karmaşık olması ve önemli belirsizlikler içermesi olarak değerlendirilebilir (McClung vd., 2002). Ayrıca, çığ oluşum mekanizmalarının bölgesel farklılıklar göstermesi nedeniyle de bu durum ilişkilendirilebilir. Temel olarak ele alındığında, Çizelge 2.1'de verilen analiz türleri niteliksel ve niceliksel yöntemler olmak üzere iki grupta

incelenebilir. Ayrıca, sözü edilen yöntemler çalışma prensiplerine göre de ampirik yaklaşımlar ve dinamik yaklaşımlar (fiziksel/matematiksel modeller) olmak üzere de iki farklı gruba ayrılabilir. Ampirik yaklaşımların büyük bir bölümü, istatistiksel olarak çığ olaylarının ve ilgili parametrelerinin değerlendirilmesine dayanan ve bölgesel ölçekte yapılacak değerlendirmelerde kullanılan ve sadece yayılma zonunun tahmin edilmesine yarayan yöntemlerdir. Dinamik modeller ise, çoğunlukla lokal değerlendirmeleri içererek, ampirik yaklaşım uygulamalarından çok daha küçük alanlarda uygulanabilecek, çığ olayının fiziksel/matematiksel yöntemler ile analiz edildiği, başlangıç zonundan, yayılma zonunun sonuna kadar olan çığ dinamiğini dikkate alan, hız, çarpma basıncı, kar derinliği gibi parametrelerin kullanıldığı yöntemleri kapsamaktadır.

Tüm yöntemlerin birbirlerine göre üstünlük ve sınırlamaları olsa da, buradaki en önemli unsur, çığ envanter haritası ve çığ özelliklerinin yansıtıldığı veri tabanının sağlıklı ve güvenilir bir şekilde oluşturulmasıdır. Zira, birçok yöntemin sonucunda elde edilecek "çıktı", doğrudan girdi parametreleri ile ilişkili olup, bu parametrelerin temel alındığı çığ özelliklerine ve yerlerine dayanmaktadır. İzleyen paragraflarda sözü edilen yöntemlerin ayrıntılarına değinilmiştir.

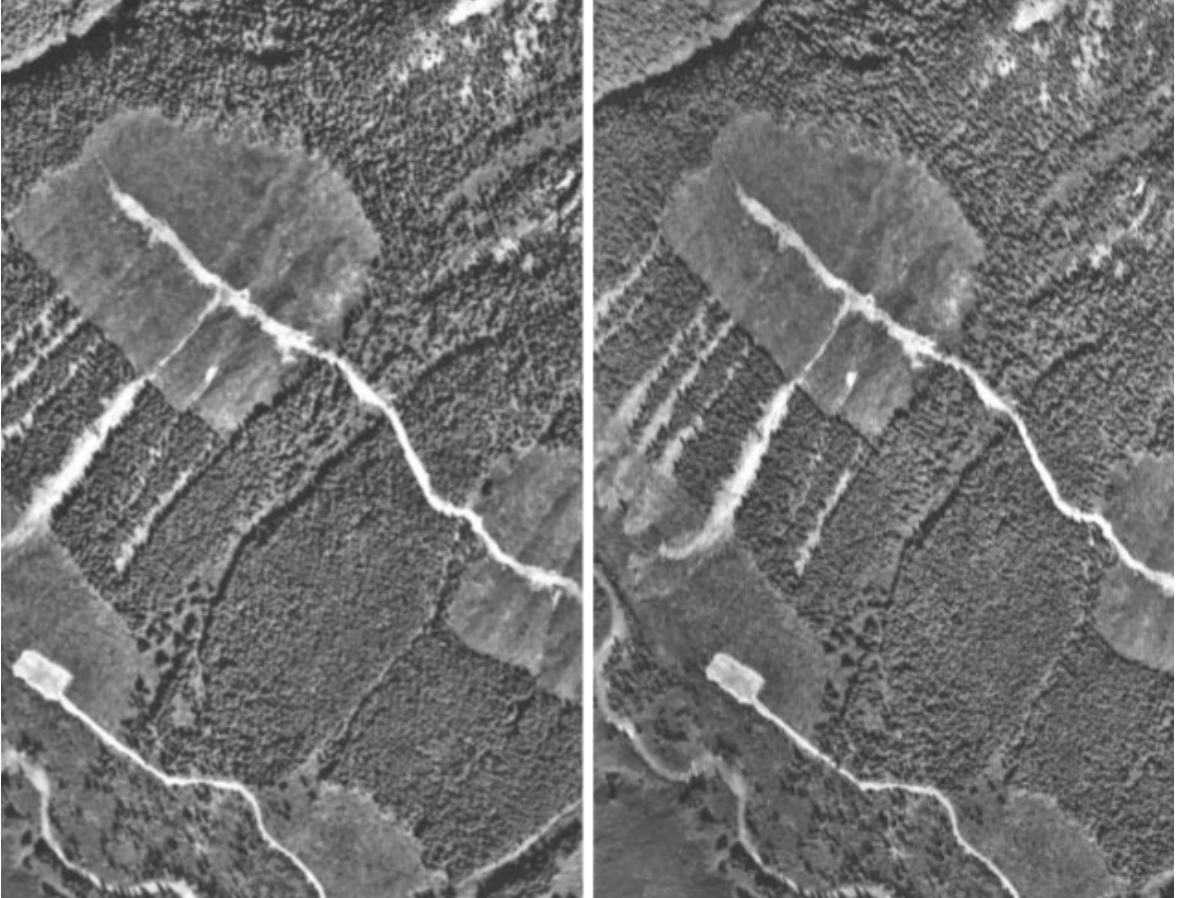


3.1. Çiğ Dağılım, Aktivite ve Yoğunluk Analizleri

Bu tür analizlerden özellikle, envanter oluşturmaya yönelik olarak gerçekleştirilen dağılım analizleri büyük önem taşımaktadır. Dikkate alınan alanda meydana gelen çığ yerlerinin saha çalışmaları ve UA ürünlerinin değerlendirilmesi ile haritalanmasına dayanmakta olan dağılım analizleri, çığ yerlerinin mekansal dağılımı ve büyüklükleri hakkında bilgi vermektedir. Aktivite ve yoğunluk analizleri çoğunlukla mekansal dağılım analizine dayanmakta olup, bunlardan aktivite analizleri dikkate alınan bir bölgede farklı dönemlerde meydana gelmiş olan çığ yerlerinin belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada, özellikle hava fotoğraflarından yararlanılmaktadır (**Şekil 2.1**).

Farklı zamanlarda çekilmiş hava fotoğrafları çığ aktivitesi hakkında bilgi vereceği gibi, tehlike haritalamalarındaki zamansal ve mekansal olasılık kavramının belirlenmesinde de önemli bir girdi sağlayabilmektedir. Yoğunluk analizleri ise, temelde göreceli bir duyarlılık haritalaması olup, çoğunlukla birim alan başına düşen çığ olay sayısına dayanmaktadır. Bu sayı ne kadar yüksek olursa, ilgilenilen alanda çığ oluşma olasılığının, o denli yüksek olacağı dikkate alınmaktadır.

Şekil 2.1. Nagle Creek (Monashee Dağları, Kanada) çığ patikasının hava fotoğrafından görünümü (3 boyutlu görebilmek için stereoskop kullanınız) (Weird, 2002).

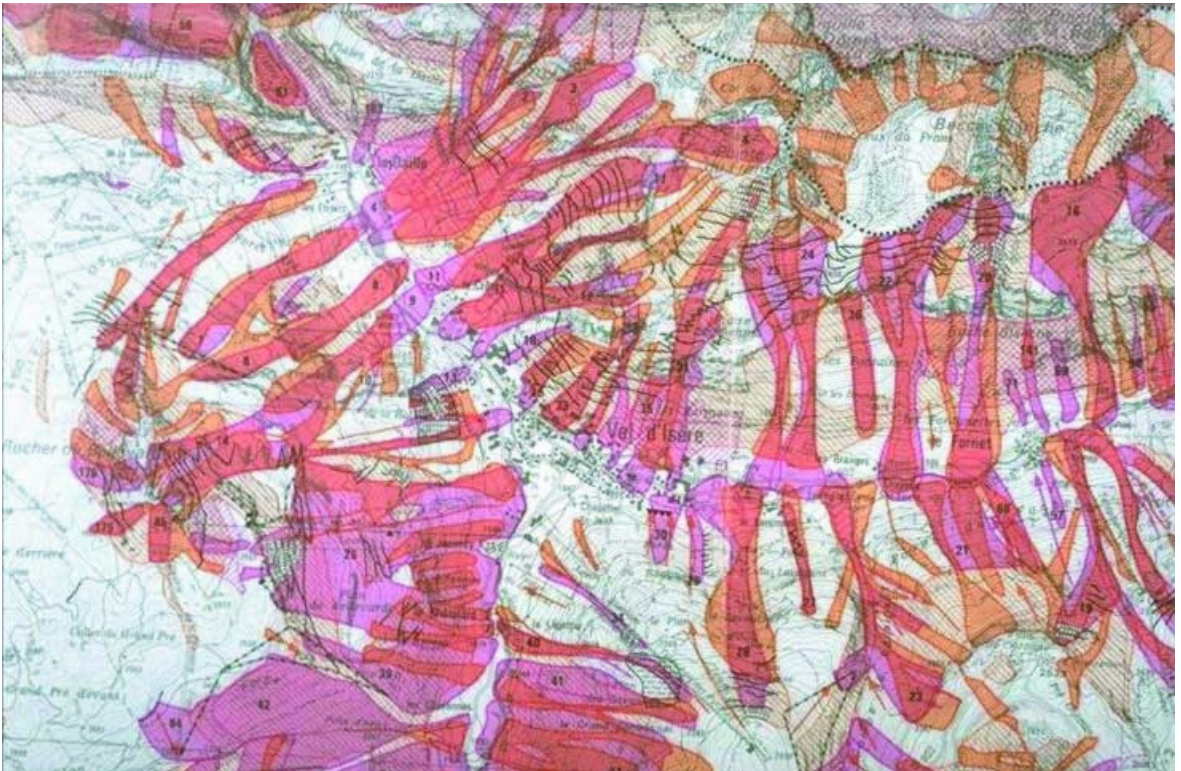


3.2. Jeomorfolojik Analiz

Bu yöntem, son derece öznel temelleri olan bir yöntem olup, büyük oranda deneyime dayanmaktadır. Haritalamayı yapacak kişinin deneyimine bağlı olarak, hangi alanlarda çığ olayının potansiyel olarak gelişeceği veya tehlike/risk değerlendirmesi, doğrudan haritalama ile gerçekleştirilmektedir. Tehlike ve/veya risk değerlendirmelerine geçişin son derece tartışmaya açık olduğu bu yöntem, mevcut yöntemler arasında en hızlı şekilde uygulamaya geçirilecek yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Weir, 2002). Jeomorfolojik analizlerin yerinde, diğer bir deyişle, doğrudan saha çalışmaları ile yapıldığı, tamamıyla analizi yapan kişinin deneyimine dayandığı ve bunun hangi kurallar dahilinde yapıldığı konusu da öznel içerikli bir başka konudur. Bununla birlikte, çığ değerlendirme çalışmaları içinde yerinde veya doğrudan haritalama çalışmalarının da veri kalitesi ve çalışma güvenilirliğini arttıracak bir gerçektir.

Buradaki temel sorun, analizi yapan kişinin haritalamayı ne derecede doğru yaptığıdır. Temeli jeomorfolojik analizlere dayanan, hava fotoğrafı yorumlamaları ve SAM ile birlikte entegre edilerek çığ analizlerinin yapıldığı bir başka teknik de Fransız Tekniği olarak bilinen yöntemdir. Belirli kesimleri Norveç Tekniği ile benzerlik gösteren bu yöntemde, 1/25000 ölçekli haritalar temel alınmakta ve çığ patikalarını da dikkate alarak, maksimum yayılma zonu da belirlenmektedir (Şekil 2.2). Ancak, çarpma basıncı veya yoğunluğu hakkında herhangi bir yorum yapılamamaktadır (Weir, 2002).

Şekil 2.2. Val d'Isère (Fransa) bölgesinin 1/25000 ölçekli çığ haritalaması (turuncu bölgeler: hava fotoğraflarından; mor bölgeler saha çalışmaları ile belirlenmiş olup, yayılım zonları Norveç tekniği ile hesaplanmıştır) (Weir, 2002).



3.3. Öznel Puanlama Analizi

Bu yöntemde gerek duyarlılık, gerekse tehlike değerlendirmeleri için analizi yapacak kişinin deneyimi doğrultusunda, çığ oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametreler ve bunlara ilişkin alt gruplara puanlar verilerek değerlendirmeler yapılmaktadır. Herhangi bir istatistiksel değerlendirme yapılmaksızın gerçekleştirilen bu puanlama sisteminde daha çok, parametre ve alt gruplarının teorik olarak çığ oluşumu açısından hangi puantayı alacağı şeklinde öznel bir yorumlama yapılmaktadır. Örneğin, yamaç eğim parametresi değerlendirmelerde kullanılacaksa, teorik olarak yamaç eğimlerinin 28° ile 45° arasında değiştiği kesimler, çığ başlangıcı açısından en duyarlı/tehlikeli/riskli bölgeleri içereceğinden, en yüksek puanı almaktadır. Zira, literatürde meydana gelen çığların çok büyük bir bölümünün bu yamaç eğim değerleri arasında geliştiği bilinmektedir. Bununla birlikte, teorik olarak 10° 'nin altında çığ

oluşumu mümkün olmadığından, en az puana sahip olacaktır. Bu şekilde izlenen bir yaklaşımla, dikkate alınan parametreler ve alt gruplarına puanlamalar yapılarak ve çoğunlukla CBS ortamında bu puanlamalar birleştirilerek (aritmetiksel toplama, çarpma gibi çakıştırma işlemleri ile), sonuç haritaları üretilebilmekte, “yüksek”, “orta”, “düşük” gibi tanımlamalarla, ilgili değerlendirme ifade edilebilmektedir (Şekil 2.3) (Simea, 2012; Nagarajan vd., 2014).



3.4. İstatistiksel Analizler

Niceliksel yöntemler altında değerlendirilen istatistiksel analizler, çığ oluşumu gibi karmaşık sistemlerin ve çoğunlukla birden fazla nedenden ötürü meydana gelen kütle hareketlerinin çözümlenmesinde, sıklıkla kullanılan en nesnel yöntem olarak değerlendirilmektedir (Guzzetti vd., 2000). Bu tür analizlerde geçmişte meydana gelmiş olan çıglarda etkin olduğu düşünülen parametreler, istatistiksel olarak değerlendirilmekte ve CBS tabanlı platformlarda sayısal olarak ifade edilebilmektedirler. İstatistiksel analizler veriye dayalı ve nesnel yöntemler içinde değerlendirilmektedir. Buraya kadar değinilen yöntemlerin aksine, deneyimi minimum düzeyde tutup, veri temelli çalışan istatistiksel yöntemlerde en önemli husus, güvenilir çığ envanter haritası ve özelliklerinin yansıtıldığı veri tabanlarının bulunmasıdır. Bu yöntemlerde amaç, haritalama amacıyla dikkate alınan parametreler ve alt grupları ile çığ meydana gelen yerler arasında istatistiksel ilişkiler kurularak, sonuç haritalarının üretilmesidir. İstatistiksel analizlerde, dikkate alınan her bir parametre için “girdi-çıkıtı” ilişkisi net bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Dikkate alınan parametreler ile sonuç çıkıtısı doğrudan analiz ediliyorsa iki değişkenli, tüm sistem üzerinde bir değerlendirme yapılmak isteniyorsa, çok değişkenli istatistiksel analizler kullanılmalıdır. İstatistiksel analizler olasılık yaklaşımının kullanılabilir olmasından ötürü, özellikle tehlike haritalamaları için son derece büyük öneme sahiptir.

İki değişkenli istatistiksel analizlerde temel hedef, dikkate alınan parametreler ile çığ yerleri arasında ilişkilerin kurulması ve parametrelerin ağırlıklı değerleri-

nin belirlenmesidir. Belirlenen ağırlıklı parametrik değerler, daha sonra CBS ortamında bir araya getirilerek, çığ duyarlılık haritaları oluşturulabilmektedir. Yöntemde öncelikle parametrelerin CBS ortamına aktarılması ve çığ yerleriyle ilişkilendirilerek, çığ yoğunluğunun ve ağırlıklı değerlerin belirlenmesi şeklinde bir yol izlenmektedir. Daha sonra, ağırlıklı değerler farklı parametre haritalarına atanarak, sonuç duyarlılık haritaları üretilebilmektedir. Buradaki en önemli unsurlardan biri, çığ duyarlılığında etkin olabilecek parametrelerin seçimi ve bunların uygun alt sınıflar altında gruplandırılmasıdır. İki değişkenli istatistiksel analizlerde, çığ oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametreler sınıflandırılarak ve çığ yoğunluk değerleri temel alınarak ağırlık değerleri atanmaktadır. Çok değişkenli istatistiksel analizlerde ise hesaplamalar daha karmaşık bir yapıda gerçekleşmektedir.

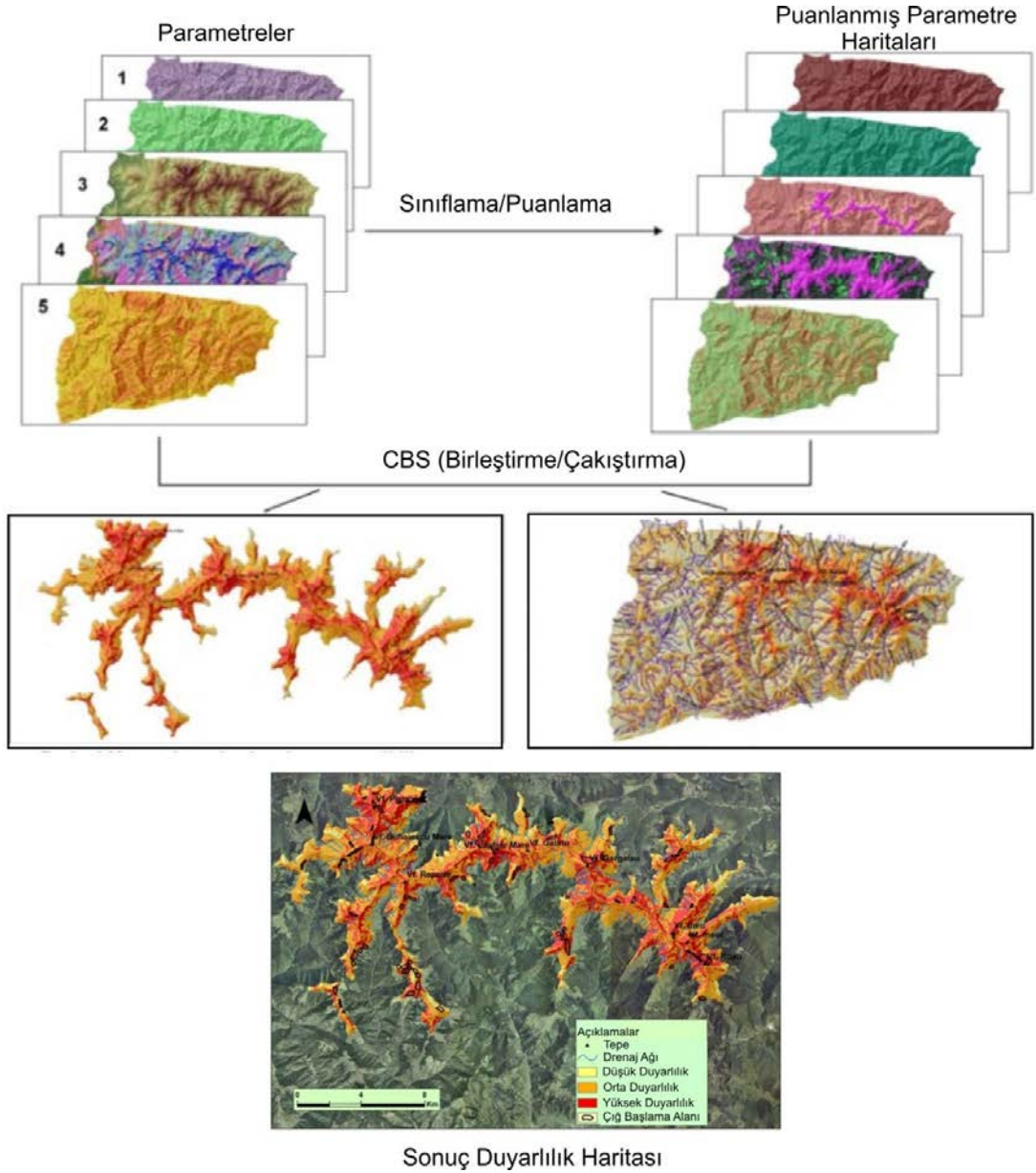
Çok değişkenli istatistiksel analizlerde, kütle hareketlerinin çözümlenmesine yönelik olarak araştırmacıların üzerinde yoğunlaştığı yöntemler, faktör analizi, diskriminant analizi ve lojistik regresyon modelleridir. Bu yöntemlerde, dikkate alınan parametreler, tüm sistemin çözümüne yönelik olarak bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle, iki değişkenli analizlerin aksine, “girdi-çıkıtı” ilişkisi bir parametre üzerinden değil, tüm parametreler üzerinden istatistiksel olarak gerçekleştirilmektedir.

Sağlıklı Envanter Verileri

daha güncel metodolojilerle

doğruya en yakın analizler yapılmasını sağlar.

Şekil 2.3. Rodnei Dağları (Romanya) için üretilmiş bir çığ duyarlılık haritası ve oluşturulma aşamaları (Simea, 2012).



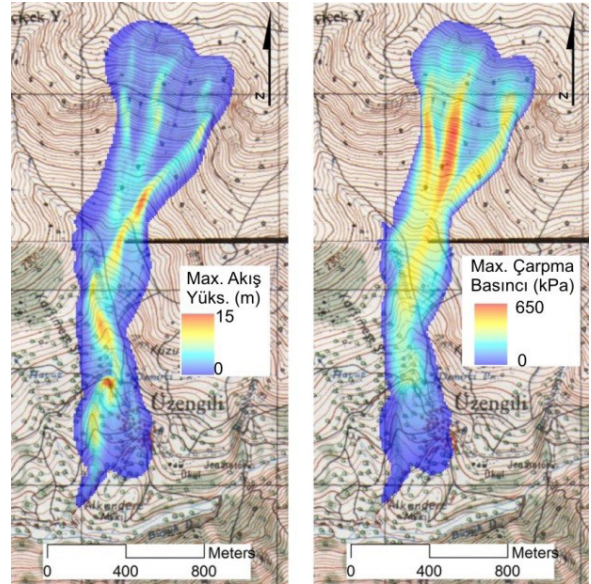
3.5. Duraylılık (Stabilite) Analizleri

Duraylılık analizleri, çığların başlangıç bölgelerinden itibaren hangi alanlara ve ne şekilde hareket edeceğinin belirlenebildiği kütleli akış modellerini içermekte olup, topoğrafik ve kar özellikleri ile ilgili ve son derece hassas ölçümlerin içerildiği birçok girdi parametresini gerektiren modelleri kapsamaktadır. Modellerde çoğunlukla sürtünme ve sürüklenme katsayıları belirlenerek, çığ patikası boyunca; yerçekimi kuvvet bileşenleri ile etkin olan makaslama kuvvetleri arasındaki ilişkiler kullanılmaktadır. Sürtünme ve sürüklenme katsayılarının belirlenmesi modellemedeki en önemli unsur olup, arazi gözlemleri ile denştirilerek seçilmelidir. Bu analizlerde en önemli diğer girdi parametreleri ise doğruluğu yüksek topoğrafik kesitler ile kar özellikleridir (örn.: kar derinliği, kar yoğunluğu vb.). Bu tür özelliklerin sağlıklı bir şekilde belirlenmesine dayalı olan duraylılık analizleri, parametrelerin aynı bölgede bile değişim gösterebileceğinden ötürü, çoğunlukla bölgesel çalışmalarda değil, çok daha küçük alanlarda ve lokal uygulamalarda tercih edilmektedir. Bu tür analizler, çığ dinamiğinin ve sürtünme ve sürüklenme katsayılarının seçilmesindeki belirsizlikler nedeniyle, spekülatif sonuçlara da yol açabilmektedir (Weir, 2002).

Sözü edilen modellerin yapılabilmesi için kullanılan bazı yazılımlar mevcuttur. Bunlar, 1, 2 ve 3 boyutlu modeller yapılarak, kütleli akışın hangi koşullarda ve özelliklerde, hangi alanlara ulaşabileceği hakkında kullanıcılara bilgiler sunmaktadır. Bunlardan, Voellmy-Salm modelini (Salm vd., 1990) temel alan 1 boyutlu analizlerin yapılabildiği yazılımlara örnek olarak AVAL-1D ve VARA-2D gösterilebilir. Bu yazılımlar 1 boyutlu (çığ akış hattı boyunca) akış mekanizmasının çözümlenmesine yardımcı olmaktadır. 2 boyutlu analizleri temel alan yazılımlar ise kar derinliği ve kütleli yayılmayı da dikkate alarak modellerin yapılmasına olanak sağlamaktadır (örn.: AVAL-2D, RAMMS, ELBA+). Dinamik çarpma basıncı, akış hızı gibi parametrelerin de tahmin edilebildiği (Şekil 2.4) bu yazılımlar, özellikle çığ tehlike ve risk modelleri ile geriye dönük analizlerinde kullanılacak düzeyde

olup, farklı senaryo çıktıları hakkında da kullanıcılara bilgiler sunmaktadır. Sözü edilen yazılımlarda, topoğrafik özelliklerin yansıtıldığı yüksek çözünürlük ve hassasiyete sahip SAM'leri kullanılmaktadır. 3 boyutlu analizler ise hacimsel olarak çığ kütlelerinin modellenmesini yaparak, çalışma prensibi diğer yöntemlere göre daha karmaşık bir yapıdadır. Sözü edilen yazılımların ve modellerin büyük bir bölümü, CBS platformları ile uyumlu olarak çalışmaktadır.

Şekil 2.4. Üzengili yöresi için yapılan çığ modellemesinde elde edilen maksimum akış yüksekliği ve çarpma basıncı haritaları (Aydin vd., 2014).



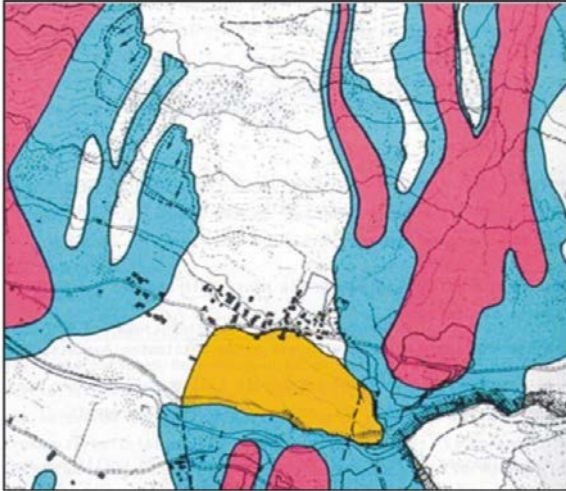
3.6. Yayılım Zonlama Analizleri

Bu yöntem, çoğunlukla bölgesel planlama çalışmaları ve arazi kullanım planlamaları için kullanışlı olup, literatürde İsviçre Zonlama Tekniği olarak bilinmektedir. İsviçre Çiğ Kılavuzunu temel alan bu yaklaşım tehlike modellenmesine dayanmaktayken, benzer bir yaklaşımla İzlanda Tekniği de uygulamalarda kullanılmaktadır. Ancak, İzlanda Tekniği risk tabanlı olup, uygulamalarda daha çok İsviçre Tekniği tercih edilmektedir.

İsviçre Tekniği'nde, özellikle 1/10.000 veya 1/5.000 ölçekli sayısal yükseklik verilerinin kullanıldığı SAM'lerinin ilk aşamada kullanılması önerilmektedir. Hava fotoğrafı yorumlamaları ile çalışılan bölgesel özelliklerin ve yerleşim, önemli yapılar gibi mevcut bilgilerin, yine

sayısal ortama aktarılması ve bir CBS platformunda saklanması önerilmektedir. Geçmişte meydana gelmiş olan çiğ olayları ve bunlara ilişkin özellikler hakkında ayrıntılı bir çalışma yapılması önerilen yöntemde, meteorolojik verilerin de dikkate alınması ve bunun minimum 20 yıllık bir süreyi kapsamaması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, dinamik duraylılık analizleri ile çiğ tehlike haritalarının ve tekrarlanma periyodu ile çarpma basıncını temel alan yaklaşımlara yer verilmesi gereken yöntemde, dört farklı zon tanımlanmaktadır (Şekil 2.5). Bunlar:

Şekil 2.5. İsviçre Tekniği ile yapılan çiğ haritalamasına bir örnek (Yavaş vd., 2010).



Kırmızı zon **Sarı zon** **Mavi zon**

Kırmızı Zon: Çarpma basıncı 30 kPa'dan büyük olan alanları içermektedir. Bu alanlarda, yeni yapılaşmaya izin verilmediği gibi, kış kullanımına da açık değildir.

Mavi Zon: Çarpma basıncı 3-30 kPa arasında olan alanları içermekte, mevcut yapılar önlem yapıları ile desteklenmelidir.

Sarı Zon: Çarpma basıncının 3 kPa'dan daha az olduğu alanları içermektedir. Çiğ önleme yapılarının önerilebileceği bölgeleri kapsamaktadır.

Beyaz Zon: Herhangi bir çiğ olayının yaşanmayacağı alanları kapsamakta olup, herhangi bir önlem yapısının gerekmediği zondur.

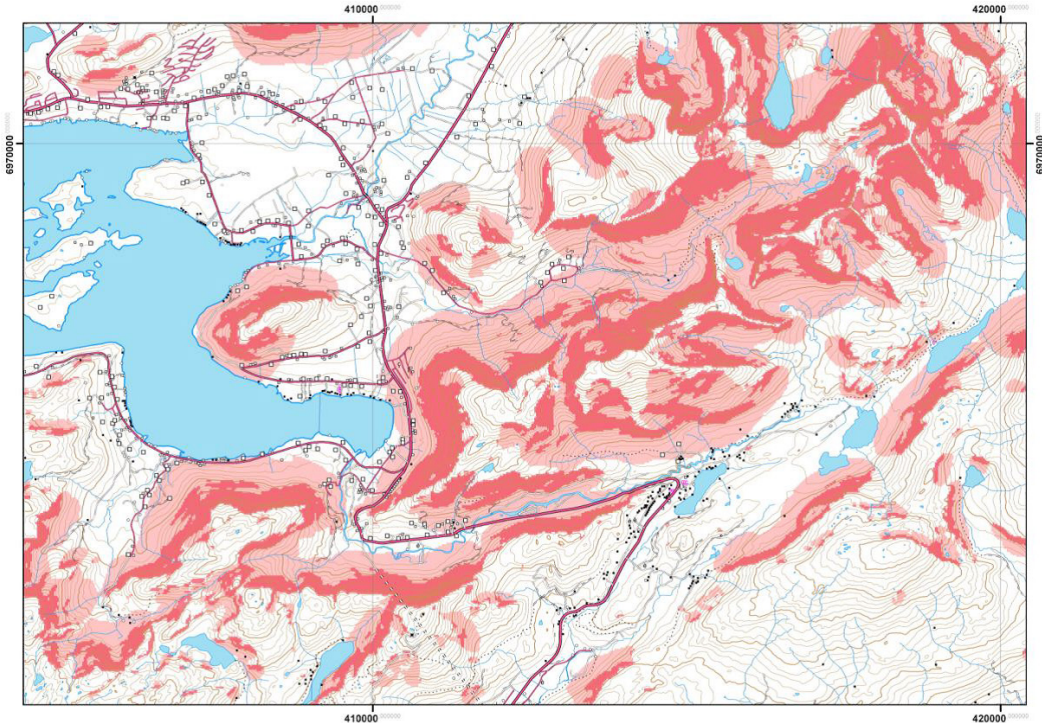
3.7. Doğrusal Yayılım Analizi

Doğrusal yayılım analizi, NGI (Norwegian Geotechnical Institute) tarafından önerilen ve tüm Norveç'i kapsayacak şekilde kullanılan bir yöntemdir. Yöntem, duyarlılık analizlerinin yapılmasını temel olarak üretmektedir. Literatürde Norveç Tekniği olarak da bilinen bu yöntemde, sadece yamaç eğimi girdi parametresi olarak kullanılmakta ve yayılım açısı Lied ve Bakkehoi (1980) ve Bakkehoi vd. (1983) tarafından önerilen α - β yöntemi (Alfa Beta Enerji Çizgisi Yöntemi, ABEÇ) ile hesaplanmaktadır. Bunun için, çığ başlangıç bölgeleri seçilerek, seçilen bu bölgelerdeki olası çığ akış hattı profili elle veya CBS yardımıyla belirlenmektedir. Bu profil boyunca, 2. ile 4. derece arasında değişen polinomlar kullanılarak bir yumuşatma yapılmaktadır. Bu profil boyunca yamaç eğiminin 10° olduğu nokta seçilerek, başlangıç noktası ile birleştirilmekte ve β açısı ölçülmektedir. Daha sonra istatistiksel olarak yapılan regresyon analizi sonucunda α açısı tespit edilerek,

başlangıç noktasından itibaren kütleli yayılımın hangi alanlara ulaşacağı belirlenmektedir. Bu yöntemle üretilen haritaların, ön bölgesel değerlendirmelere yönelik olduğu, duyarlı zonlara mutlaka saha çelışması ve ayrıntılı analizlerin yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (NGU, 2010).

Yöntemde 30° ile 55° arasındaki yamaç eğimleri arasında kalan alanlar CBS yardımıyla belirlenmekte ve bu alanlar kaynak bölge olarak seçilmektedir. 25 m çözünürlüğe sahip SAM üzerinde yapılan bu işlemler, yukarıda değinildiği şekilde işlemlere tabi tutularak, çığ yayılım zonları belirlenmektedir (Şekil 2.6). Norveç tekniğinde kullanılan α - β yönteminin ayrıntılarına, Pratik Kılavuz kapsamında değinilecektir.

Şekil 2.6. Norveç Tekniği ile üretilen çığ duyarlılık haritalarına bir örnek (kırmızı alanlar başlangıç zonlarını, pembe alanlar ise yayılım zonlarını göstermektedir) (NGU, 2010).

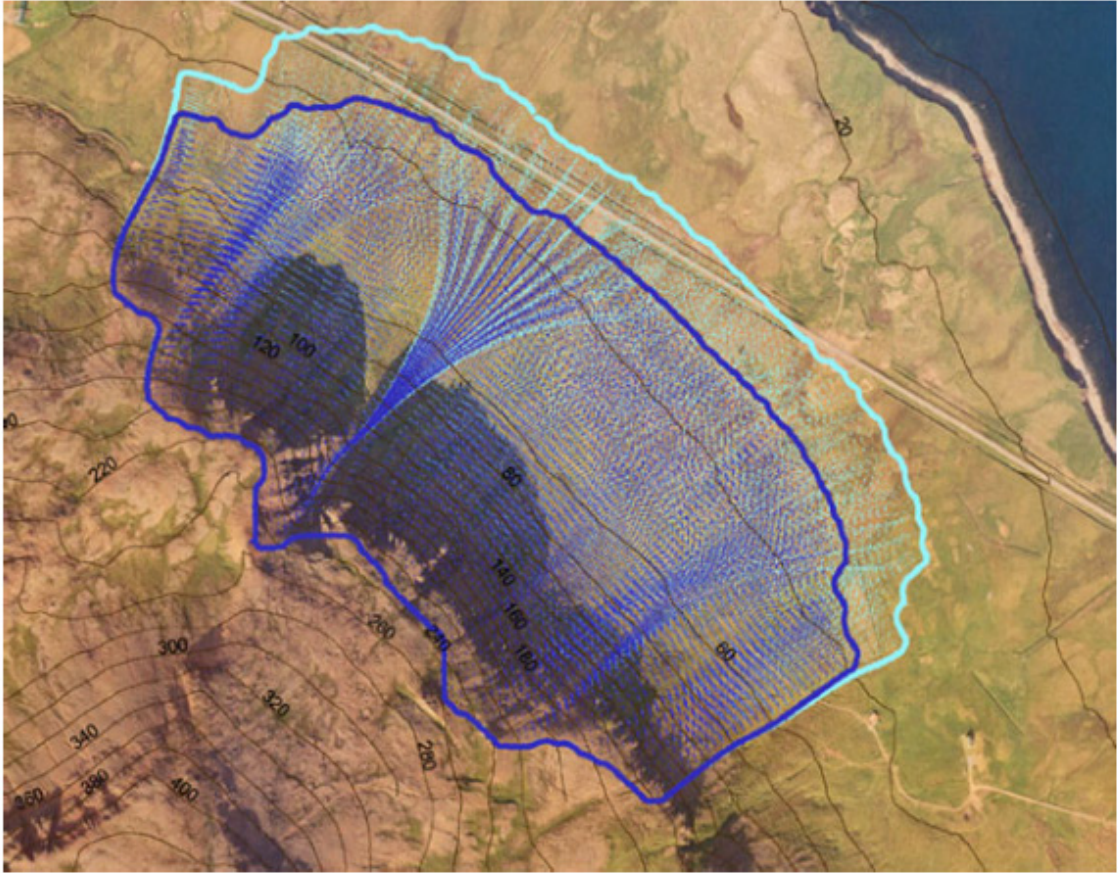


3.8. Doğrusal Risk Analizi

Çoğunlukla, dağlık alanlardaki karayolu ve demiryolu taşımacılığının yapıldığı alanlarda risk haritalaması (McClung ve Navin, 2002) çalışmalarını içeren bu yöntemde, çığ tehlikesi altındaki bu tür çizgisel/doğrusal ulaşım hatlarına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yöntemde ayrıntılı bir saha çalışması yapılması gerekliliği mevcuttur. Risk değeri, risk altındaki elemanlar olan

ve ulaşım hattından geçen araçlar ve araçlar içinde bulunması olası insan sayısı ile bu hatlara çığın ulaşması sonucunda meydana gelebilecek zarar miktarı ile hesaplanmaktadır (McClung ve Navin, 2002). Ayrıca, yollara ek olarak binalar ve insanlar gibi risk altındaki elemanlar gibi girdiler için de risk hesaplamaları yapılabilmektedir (Wastl vd., 2011) (Şekil 2.7).

Şekil 2.7. Kuzey İzlanda'daki 76 nolu karayolu için yapılan bir doğrusal çığ analizi (Wastl vd., 2011).



4. ÇİĞ HARİTALAMALARINDA KULLANILAN PARAMETRELER

Yukarıda değinilen yöntemler ve değerlendirmelerde kullanılan çok sayıda ve türde parametre mevcuttur. Kökensel olarak birbirinden farklı ve değişik amaçlara hizmet eden bu parametrelerin kullanımında temel olan, parametre ölçüm ve/veya değerlerinin güvenilirliği ve/veya hassasiyetidir. Ayrıca, çalışılan alansal büyüklük ve ölçek ile de ilgili olan çığ değerlendirme parametreleri üzerinde, bu kılavuzun hazırlanması kapsamında yapılan literatür araştırmalarına göre, araştırmacıların fikir birliğine vardıkları bir parametre grubundan söz edilememektedir. Bu seçim çoğunlukla, deneyim, mevcut veri grubu, ölçek etkisi, finansal koşullar, haritalama/değerlendirme yapılacak alanın büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bununla birlikte, kılavuzun oluşturulması kapsamında yapılan literatür araştırmalarına göre, yukarıda değinilen öl-

çütlerin dikkate alınmasıyla yapılan değerlendirmeler sonucunda (Çizelge 2.2), araştırmacıların çoğunlukla çığ duyarlılık çalışmalarına yönelindikleri ve analizlerde yamaç eğim parametresini mutlaka kullandıkları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, dikkate alınan alansal yayılım arttıkça, çözünürlük hassasiyetinin azaldığı (sayısal olarak büyürken, hassasiyetinin azalması), analiz türü veya yöntemi ne olursa olsun, CBS'nin bu tür çalışmalarda mutlaka bir araç olarak kullanıldığı da ortaya çıkmaktadır. Buna karşın, hava fotoğrafı yorumlamaları ve uydu görüntülerinin analizi gibi UA uygulamalarının, çığ değerlendirmeleri için önemli faydaları olması, dolayısıyla kullanımının yüksek olması beklenmekteyken, çalışmaların bir çoğunda göz ardı edildiği de belirlenmiştir. Araştırmacıların, tehlike ve risk modellemelerinin önemli belirsizlikler içermesi ve son derece ayrıntılı

Çizelge 2.2. Kılavuz kapsamında çığ değerlendirmelerine yönelik yapılan literatür araştırması analizi.

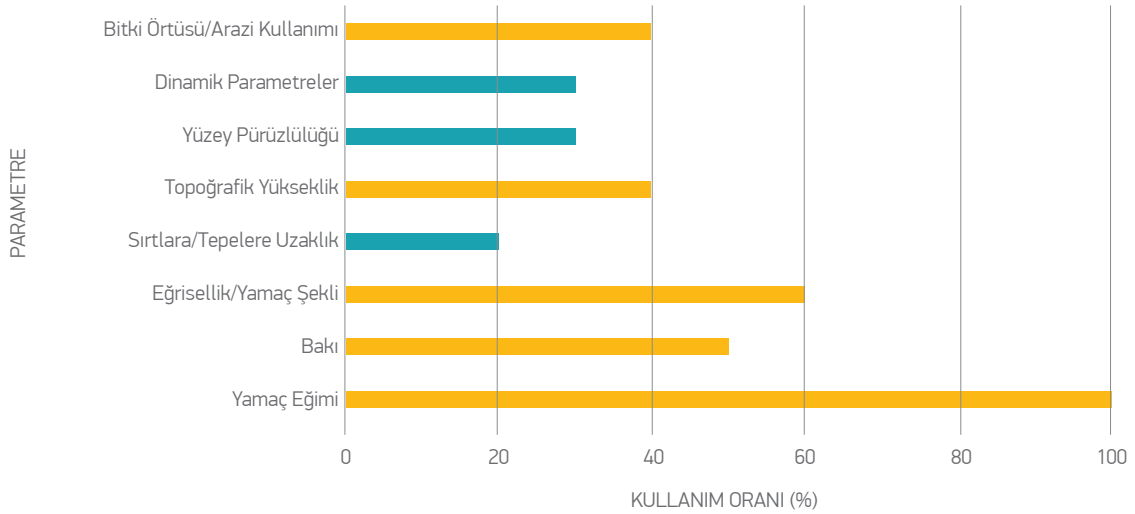
Yazarlar	Yer	Parametre	Alan (km ²)	Çözünürlük (m*m)	CBS/UA Kullanımı	Haritalama Türü	Yöntem
Maggioni ve Gruber (2003)	Davos (İsviçre)	Yamaç eğimi, baki, yatay eğrissellik, sırtlara uzaklık	Belli değil	25*25	CBS	Başlangıç Bölgesi	İstatistiksel Analiz
Ghini ve Chung (2005)	Alta Val Badia (İtalya)	Yamaç eğimi, baki, topoğrafik yükseklik, tepelere uzaklık, yüzey pürüzlülüğü, yamaç şekli	230	20*20	CBS	Duyarlılık	İstatistiksel Analiz, Bulanık Mantık (Kullanılan Yazılım: Starter)
Sheridan vd. (2005)	Rainier Dağı, Washington (ABD)	Düşü yüksekliği, yayılma zonu, hacim, kar derinliği, sürtünme açısı, hız	5.1	5*5	CBS	Yayımla Zonu	Duraylılık Analizi (Kullanılan Yazılım: Flow 3D, Titan 2D)
NGU (2010)	Norveç	Yamaç eğimi	385000	25*25	CBS	Duyarlılık	Yayımla Zonu
Cavasianu vd. (2011)	Ceahlau Milli Parkı (Romanya)	Yamaç eğimi, baki, topoğrafik yükseklik, yatay eğrissellik, yüzey pürüzlülüğü, bitki örtüsü	31	3*3	CBS+UA	Duyarlılık ve Risk	Puanlama
Suk ve Klimanek (2011)	Krkonose Dağları (Çek Cumhuriyeti)	Yamaç eğimi, baki, düşey eğrissellik, tanjansiyel eğrissellik, bitki örtüsü	350	5*5	CBS+UA (Hava Fotoğrafı)	Duyarlılık	Puanlama
Simea (2012)	Rodnei Dağları (Romanya)	Yamaç eğimi, arazi kullanımı, topoğrafik yükseklik, yatay eğrissellik, düşey eğrissellik	140	10*10	CBS	Duyarlılık	Puanlama
Selçuk (2013)	Bitlis (Türkiye)	Yamaç eğimi, topoğrafik yükseklik, baki, bitki yoğunluğu, arazi kullanımı	8855	25*25	CBS	Duyarlılık	İstatistiksel Analiz
Aydın vd. (2014)	Bayburt (Türkiye)	Yamaç eğimi, yatay eğrissellik, yüzey pürüzlülüğü, akış hızı, akış yüksekliği	Belli değil	10*10	CBS	Modelleme (Başlangıç bölgesi, yayılma zonu, çarpma basıncı)	Duraylılık Analizi (Geriye Dönük Analiz; Yazılım: RAMMS)
Özşahin ve Kaymaz (2014)	Doğu Anadolu Bölgesi (Türkiye)	Yamaç eğimi, sıcaklık, yağış, nüfus yoğunluğu	163000	100*100	CBS	Duyarlılık/Risk	Puanlama

verilerle çalışılması gerekliliğinden ötürü, öncelikle duyarlılık çalışmalarına yönelindikleri de söylenebilir. Diğer bir deyişle, öncelikle genel bölgesel değerlendirmelerin yapılarak duyarlılık haritalarının oluşturulması, sonrasında veri temini vder olanaklar uygun oluyorsa tehlike ve risk haritalamalarına geçilmesi yönünde bir eğilim olup, bu durum, diğer doğal afetler için yapılan değerlendirmeler ile de paralellik göstermektedir. Şüphesiz, burada yapılan değerlendirmeler, dikkate alınan ve ulaşılabilen bu kaynaklar için geçerlidir. Bununla birlikte, araştırmacıların çığ değerlendirmelerinde kullandıkları metodolojiler ve parametreler hakkında genel bir fikir verdiği düşünülmektedir.

Yapılan tüm bu değerlendirmeler ve ülkemiz koşulları da dikkate alındığında, bu kılavuz kapsamında yapılacak analizler, çığ başlangıç bölgelerinin belirlenmesi, duyarlılık haritalarının oluşturulması ve yayılım zo-

nunun hesaplanması aşamalarını kapsayacaktır. Dikkate alınan bu çalışmalarda kullanılan parametreler irdelendiğinde (Şekil 2.8), yamaç eğimi, bakı, eğrisellik/yamaç şekli, topoğrafik yükseklik ve bitki örtüsü/arazi kullanımı parametrelerinin, daha sıklıkla kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.8'deki parametrik dağılımlar elde edilirken, bazı parametrelerin (örneğin yamaç şekli ve eğrisellik, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi), aynı amaca hizmet etmesinden ötürü bir arada değerlendirildikleri unutulmamalıdır. Kılavuz kapsamında, yukarıda verilen tüm parametrelerin analizinden çok, kılavuz kapsamında önerilen metodolojiyi de (pratik klavuzda da ayrıntıları ile sunulmuştur) temel alacak ve ön plana çıkan bu parametrelere değinilecektir. Bu parametrelerden, çığ başlangıç zonunun belirlenmesinde dikkate alınacak parametreler, izleyen paragraflarda irdelenmiştir.

Şekil 2.8. Yapılan literatür çalışması temelli parametre kullanım oranları.

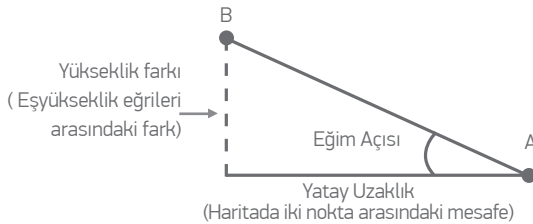


4.1. Yamaç Eğimi

Bir yamaçtaki iki nokta arasındaki yükseklik farkının, bu iki nokta arasındaki yatay uzaklığa oranı, yamaç eğimi olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifadeyle, yamaç eğimi, dikkate alınan bu iki noktayı birleştiren çizginin, yatayla oluşturduğu dar açıya verilen isimdir (**Şekil 2.9**). Yamaç eğimi parametresi, Çizelge 2.2'den de görülebileceği gibi, araştırmacılar arasında en fazla kullanılan parametredir. Çığ oluşum mekanizması da düşünüldüğünde, çığ olaylarının doğası gereği dikkate alınması gereken bu parametre uygulamalarda, SAM kullanılarak üretilmektedir. SAM kullanılarak, CBS yazılımlarının yamaç eğimi (slope) üreten ilgili modülleri ile oluşturulmasında, vektörel topoğrafik yükseklik değerleri kullanılarak, raster veri formatında yamaç eğim haritaları oluşturulmaktadır. Buradaki en önemli unsurlardan biri, vektörel formattaki yükseklik değerlerinin (kontur veya nokta) güvenilirliğidir. Kılavuz kapsamında, HGK (Harita Genel Komutanlığı)'nın sayısal topoğrafik verilerinin kullanılması önerilmektedir. Eğer bu durum mümkün olamıyorsa, herhangi bir CBS yazılımı kullanılarak, dikkate alınan alanın 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarının sayısallaştırılması önerilmekte, bu verilerden itibaren oluşturulacak SAM'nin, doğruluğunun sınanması gerekmektedir.

çığ olayının başlamasına yol açacak yer çekimi kuvvet bileşeninin, yeterince büyük olmaması şeklinde değerlendirilmektedir (Maggioni ve Gruber, 2003). Bununla birlikte, McClung ve Schaerer (1993) bu değerlerin bölgesel değişimler gösterebileceğini, genelde 28° ile 55° arasında yamaç eğimlerine sahip yamaçların çığ başlangıç alanlarını içerdiğini belirtmektedirler. Nagarajan vd. (2014) ise Himalaya'larda yaptıkları öznel puanlamaya dayalı çalışmalarında, 10°'nin altındaki yamaç eğimlerinde hiçbir şekilde çığ olayının beklenmemesi gerektiğini, 10° ile 28° yamaç eğimleri arasında çığ olabirliğinin düşük, 28° ile 45° yamaç eğimleri arasında çığ olabirliğinin çok yüksek ve 45°'den yüksek yamaç eğimlerinde ise çığ olabirliğinin yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Sözü edilen bu çalışmalar, dünya üzerinde farklı bölgelerde yapılmış ve envanteri tutulan çığ olaylarına dayanmakta olup, Türkiye'deki çığların daha fazla kayıt altına alınmasıyla, ülkemiz koşullarını yansıtan bir değerlendirme yapılabilir. Ancak, kılavuz kapsamında, Türkiye koşullarını yansıtan yeterli istatistiksel veri olmadığı ve/veya ulaşılamadığı için, yukarıda sözü edilen çalışmalarda teorik bilgiler analizlere temel teşkil edebilir.

Şekil 2.9. Yamaç eğimi kavramının şekilsel olarak ifade edilmesi.



Çığlar, belirli topoğrafik özelliklere sahip herhangi bir yamaç üzerinde başlayabilmektedirler. Yamaç eğimi parametresi, topoğrafik özellikler ve çığ başlangıç bölgelerinin ayırt edilmesindeki en önemli girdi parametrelerinden birisidir. Salm (1982) ve Munter (1999)'un yaptıkları çalışmalarda, çığların 30° ile 60° arasındaki yamaç eğimlerinde meydana geldiği belirtilmektedir. Teorik olarak değerlendirildiğinde, 60°'den yüksek yamaç eğimlerinde, çığ oluşumu için yeterli miktarda kar birikmemesi, 30°'den küçük yamaç eğimlerinde ise,

4.2. Bakı

Bakı kavramı veya yamaç yönelimi, yamacın coğrafi yön olarak hangi yöne baktığını ifade etmekte olup, yamacın baktığı yönün azimut cinsinden kuzeyle yaptığı açı olarak tanımlanmaktadır (**Şekil 2.10**). Bu tanım ayrıca, güneş ışığını alma/almama, buharlaşma, su tutma/tutmama gibi kavramlarla da ilişkilendirilerek, doğal afet değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılan bir parametredir. Yamaçlara ilişkin bakı değerleri 0° ile 360° arasında değişmekte olup, coğrafi yönlerle olan açılal ilişki değerleri, **Şekil 2.10**'da sunulmaktadır.

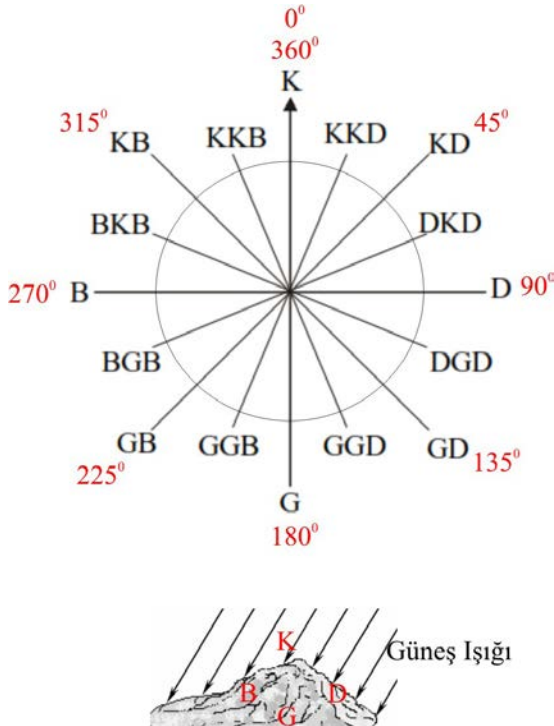
Yamaç eğim parametresinde olduğu gibi, bakı parametresinin analizlerde kullanılmasında, vektörel topoğrafik verilerden itibaren oluşturulan raster formatındaki SAM'lerinden yararlanılmaktadır. CBS ya-

zılımlarının ilgili modülleri (aspect) ile bakı haritaları oluşturulmakta ve değerlendirmelerde kullanılmaktadır. Yamaç eğim parametresine benzer şekilde, bakı parametresine ilişkin raster harita üretilmesindeki en önemli unsur, vektörel formattaki yükseklik değerlerinin (kontur veya nokta) güvenilirliğidir.

Bakı parametresinin analizlerde kullanılmasında temel ilke, yamacın baktığı yön ile güneş ışığını alma/alamama, rüzgar yönü, hava akımı gibi bölgesel özelliklerin bir arada değerlendirilmesidir. Örneğin, güneş ışığı alan ve farklı rüzgar yönlerinin etkin olduğu bir bölgede, farklı kar örtü tabakaları oluşmakta, bu durum da çığ oluşumlarına zemin hazırlamaktadır (Suk ve Klimanek, 2011). Sözü edilen iklimsel ve meteorolojik özelliklerle çığ oluşumu arasında en yüksek oranda ilişkilendirilen, bir yamacın güneş ışığını mevsimsel olarak daha az veya daha çok alması veya alamamasıdır. Yerküre ölçeğinde değerlendirildiğinde, bakı parametresi ile çığ oluşumu arasındaki etkileşimin, Türkiye'nin de içinde bulunduğu orta enlemlerde (30° ile 55° arası) yüksek etkiye sahip olduğu görülmektedir (**Şekil 2.11a**). Bir yamacın güneş ışığını alıp almaması, biriken kar kütlelerinin sıcaklıkla da ilgili olarak, çığ oluşumları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Örneğin, doğu ve batıya bakan yamaçlar karşılaştırıldığında (**Şekil 2.11b**), doğuya bakan yamaçlar, sıcaklığın düşük olduğu sabah saatlerinde daha çok güneş ışınlarına maruz kalmaktayken, batıya bakan yamaçlar ise, öğleden sonra güneş ışığını daha çok almaktadırlar. Diğer yandan, kuzeye bakan yamaçlar kışın daha az güneş ışığına maruz kalmaktadırlar. Bu durumun tersine güneye bakan yamaçlar, kışın güneş ışığını daha fazla alırlar. Bu nedenle, kuzeye bakan yamaçlarda çığ oluşumu potansiyelinin daha yüksek olacağı söylenebilir (**Şekil 2.11c**). Bununla birlikte, güneye bakan yamaçlar, güneş ışığını daha fazla aldığı için, ince buz kütlelerinin oluşabileceği zayıf zonların gelişmesine de olanak sağlamaktadır. Bu durum da, çığ oluşumu açısından potansiyel olarak tehlike yaratan bir durumdur.

Genel bir yorumlama olarak, zayıf kar zonlarının daha soğuk olan kuzey ve doğu yönlerinde gelişerek çığ oluşumunda etkin olabileceği, güneş ışığını daha fazla alan sıcak kesimlerde ise, ıslak kar oluşumlarına yol açılarak, ıslak çığların potansiyel olarak fazla gelişmesinin olası olduğu söylenebilir. Ayrıca, yukarıda yapılan

Şekil 2.10. Ana coğrafi yönler ile ilişkilendirilen bakı değerleri.

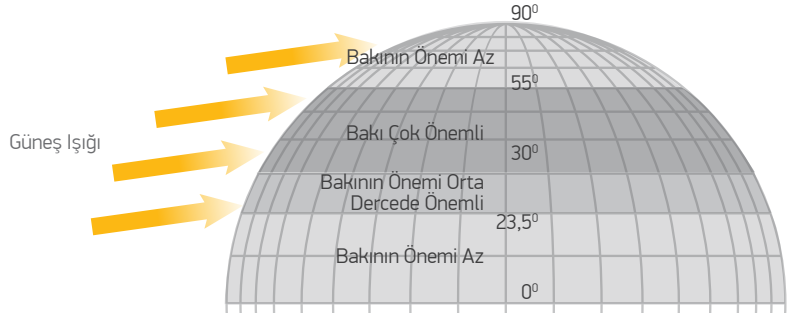


değerlendirmeler, ana yönlere yönelik olup, bakı değerleri açısından değerlendirildiğinde, hemen hemen her bakı değerinde (0° ile 359.9°), çığ oluşumlarının meydana gelebileceği de unutulmamalıdır. Burada uygulanabilecek en sağlıklı yaklaşım, yukarıda değinilen teorik alt yapıyı da kullanarak, çığ oluşumlarının haritalanması esnasında, çığın meydana geldiği yamacın bakı değerlerinin pusula ile belirlenmesi, kaydedilmesi

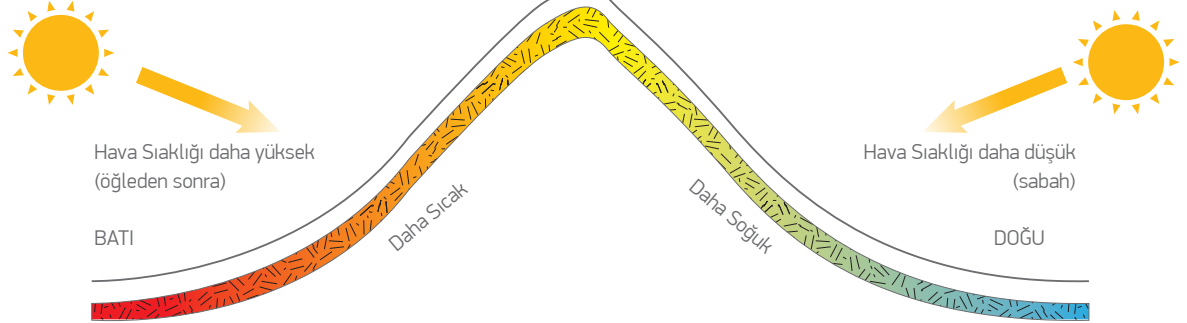
ve istatistiksel olarak değerlendirilmesidir. Bu şekilde yapılacak bir yaklaşımla, dikkate alınacak her hangi bir alan için, daha güvenilir ve temsil edici veriler elde edilebilecektir.

Şekil 2.11. Kuzey yarımkürede bakının çığ oluşumu üzerindeki etkileri (NAC, 2014).

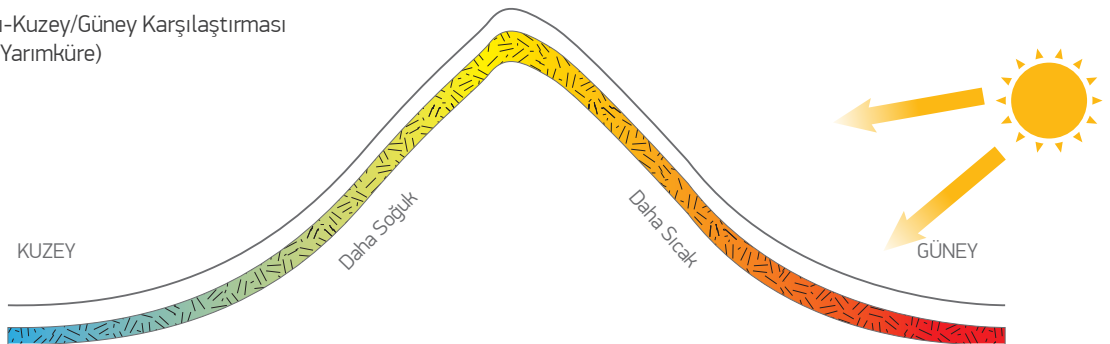
(a) Bakı-Enlem ilişkisi
(Kuzey Yarımküre)



(b) Bakı-Doğu/Batı Karşılaştırması
(Kuzey Yarımküre)



(c) Bakı-Kuzey/Güney Karşılaştırması
(Kuzey Yarımküre)



4.3. Yamaç Şekli (Eğrisellik)

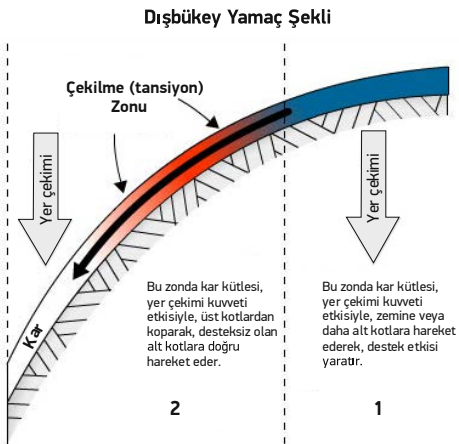
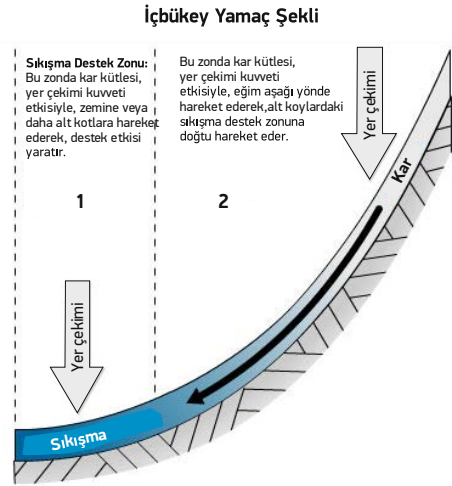
Bir yamaçın morfolojik anlamda şeklinin tanımlanmasında, görsel yorumlamalar ve CBS'nden yararlanılmaktadır. Yamaçlar, doruk, tepe, sırt, çukur, içbükey, dışbükey, düz gibi morfolojik anlamda görsel olarak yorumlanabilmekteyken, bu yorumlamalar, CBS yardımıyla otomatik olarak da yapılabilmektedir. CBS yazılımlarının birçoğu "eğrisellik" (curvature) modülleri yardımıyla bu sınıflamaları yapabilmektedir. Eğriselliğe dayalı yamaç şekli parametresi de, yamaç eğimi ve bakı parametrelerinde değinildiği üzere, vektörel yükseklik verilerinden itibaren oluşturulan raster formatındaki SAM yardımıyla belirlenebilmektedir. Burada önemli olan husus, yine SAM'nin temsil edici ve güvenilir olmasıdır.

Çığlara yönelik incelemelerde, yapılan literatür araştırmalarına göre, yamaç şekli parametresinin kullanımında, eğrisellik kavramı temel alınarak, yamaçların çoğunlukla CBS ortamında şekilsel sınıflamalarının yapılması yönünde bir eğilimin olduğu ortaya çıkmaktadır. Yamaç eğriselliği parametresi kapsamında araştırmacılar, CBS ortamında profil eğriselliği, plan eğriselliği veya her iki parametreyi bir arada dikkate almaktadırlar. Profil eğriselliği, yamaç yönelimi yönündeki eğrisellik; plan eğriselliği ise yamaç yönelimine dik olan eğrisellik (yatay yönde) olarak tanımlanabilir. Eğrisellik temelde topoğrafyanın morfolojisini tanımlayan bir parametre olup, yamaç eğriselliği açısından yamaçlar dışbükey, içbükey ve düz olmak üzere üç sınıfta incelenmektedirler. Pozitif eğrisellik dışbükey yamaç, negatif eğrisellik içbükey yamaç, sıfır değeri ise düz yamaç ifade etmektedir. Çığ başlangıç alanlarının belirlenmesinde ise çoğunlukla uygulamalarda dikkate alınan, SAM'nden üretilen eğrisellik haritalarında, - 0.2 değerinden düşük değerlere sahip yamaçların içbükey (konkav), 0.2 değerinden büyük değerlerin dışbükey (konveks) ve bu değerler arasında kalan eğrisellik değerlerinin ise düz yamaçlar olduğu kabul edilmektedir (Maggioni ve Gruber, 2003).

Çığ oluşumu açısından ele alındığında ise eğrisellik parametresinin kullanımı Şekil 2.12'de özetlenmiştir. Bu parametre üzerinde araştırmacılar arasındaki genel kanı, sözü edilen her üç yamaç şekli için, çığ oluşumlarının meydana gelebileceğidir. Örneğin, Maggioni ve Gruber (2003) içbükey yamaçlarda çığ olma potansiyelinin, dışbükey ve düz şekilli yamaçlara oranla daha fazla olduğunu savunmaktayken, Nagarajan vd. (2014) yaptıkları çalışmada, düz yamaçlar çığ oluşumu açısından

daha etkin kabul etmişlerdir. NAC (2014)'e göre, özellikle küçük ölçekli yamaçlarda, Şekil 2.12'de değinilen 1 numaralı zonların daha az çığ olasılığı içerdiği; ancak, dışbükey yamaçlarda tansiyon zonunun varlığından ötürü, çığ başlangıç bölgelerinin istatistiksel olarak içbükey yamaçlara göre daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bu durumda, bu parametrenin dikkate alınmasındaki en önemli hususun, çalışılacak alanda haritalanacak çığların istatistiksel olarak değerlendirilip, daha sonra analizlere sokulması şeklinde bir yöntem izlenebilir.

Şekil 2.12. İçbükey ve dışbükey yamaç şekillerinin çığ oluşumunda etkisi (NAC, 2014).



4.4. Topoğrafik Yükseklik

Teorik olarak incelendiğinde, deniz seviyesinden daha yüksek kotlara çıkıldıkça, sıcaklığın düşmesi ile çığ oluşumu arasında doğrusal bir ilişki kurulabilir (Nagarajan vd., 2014). Ayrıca, kar yağışı, rüzgar hızı gibi diğer meteorolojik olayların gelişimi ile çığ oluşumu arasında yükseklik artışına bağlı olarak doğrusal ilişkiler de kurulabilir. Örneğin, rüzgar hızı yüksek kotlarda çok daha fazla olmaktadır, düşük kotlarda rüzgar hızında önemli düşüşler meydana gelmektedir (Selçuk, 2013). Ayrıca, düşük kotlara düşen kar kütleleri, sıcaklık-yükseklik ilişkisine de bağlı olarak, üst kotlara göre çok daha çabuk erime eğilimindedirler.

Bu parametrenin kullanımında da, buraya kadar değinilen parametrelerde olduğu gibi SAM kullanılmakta, ancak vektörel yükseklik değerlerinden üretilen raster formattaki SAM, doğrudan analizlere sokulmaktadır. Zira, dikkate alınan parametre, doğrudan SAM ile ifade edilmektedir.

Topoğrafik yükseklik parametresi için de araştırmacılar arasında çığ oluşumu açısından kesin ve net değerler verilememektedir. Zira, çalışmanın yapılacağı alanın bulunduğu bölge, bu sorunun temel kaynağını oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, Nagarajan vd. (2014) Himalaya’larda yaptıkları çalışmalarında 3000 m altında çığ oluşumu bulunmadığı için, çığ başlangıç bölgesi değerlendirmesinde 3000 m ve üstündeki kotları dikkate almaktayken, Türkiye’de Selçuk (2013) tarafından Bitlis ili için yapılan çığ değerlendirmesinde, bölgedeki en yüksek değer 3400 m olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, parametrenin sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için, yine çalışılacak bölge veya ülke koşulları dikkate alınarak yapılacak ortalama istatistiksel değerlerin dikkate alınması önerilmektedir.

4.5. Arazi Kullanımı/Bitki Örtüsü

Arazi kullanımı parametresi, çığ başlangıç bölgelerinin belirlenmesinde sıklıkla dikkate alınan bir parametreye olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, arazi kullanımı parametresinin çığ başlangıç bölgelerindeki kullanımı, daha çok bir “filtreleme” aracı olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, buraya kadar değinilen parametrelerle belirlenen bir çığ başlangıç bölgesi sık ormanlık bir alana karşılık gelebilir. Bu durumda, bu tür alanlar, ormanlık bölgenin çığ oluşumunu engelleyici yönde etkisi olacağı düşünülerek, dikkate alınmamaktadır (Nagarajan vd., 2014). Bununla birlikte, NGU (2010) tarafından yapılan değerlendirmede, bu tür yoğun ormanlık alanlar mevcut olsa bile, daha tutucu tarafta kalınıp, çığ başlangıç bölgelerinde dikkate alınabilmektedir.

Bu parametrenin kullanımında, çoğunlukla mevcut vektörel veya raster arazi kullanım haritalarındaki ormanlık, tarımsal, çıplak alanlar gibi tanımlamaların bulunduğu haritalar kullanılabilir. Ayrıca, hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinden de yararlanılarak, yorumlamaya dayalı veya sayısal olarak bitki örtüsünün varlığı/yokluğu şeklinde değerlendirmeler yapılarak, analizlere dahil edilebilir. Bu değerlendirmeler için çoğunlukla, uydu görüntüleri kullanılarak sayısal içerikli bitki örtüsü indeksleri (NDVI, TVI gibi) kullanılabilir.

4.6. Diğer Parametreler

Çizelge 2.2'de sunulan ve buraya kadar değinilmeyen yüzey pürüzlülüğü, sıcaklık, tepelere uzaklık, rüzgar hızı gibi parametreler de, çığ başlangıç bölgelerinin belirlenmesine ve/veya dinamik analizlere yönelik olarak kullanılabilir. Buraya kadar değinilen ve teorik alt yapısı değerlendirilen parametreler, literatürde daha sıklıkla kullanılan ve ön plana çıkan parametrelerdir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, “diğer parametreler” içinde değerlendirilen parametrelerin, çığ oluşumunda “etkin olmayacakları” veya “önemsiz” oldukları, ya da değerlendirmesi yapılan parametrelerin, “daha etkin” veya “daha önemli” oldukları anlamına gelmediğinin bilinmesidir. Bu tür doğal afet değerlendirmelerindeki en önemli sorunlardan biri olan parametre seçiminde,

daha önceden de değinildiği üzere, deneyim, finansal koşullar ve mevcut veri ve ulaşılan bu verinin kalitesi gibi ölçütler önem kazanmaktadır. Bu kılavuzu kullanacak kişilerin analizlerde dikkat etmeleri gereken en önemli konulardan biri, eğer çığ oluşumunda etkin olduğuna inandığınız ve/veya savunduğunuz bir parametre varsa, bu parametreyi teorisi veya kullanım amacı ile de destekleyerek, analizlerinizde kullanınız. Zira, çalıştığınız bölgenin özelliklerini en iyi bilen, çığ oluşumları ile parametreleri ilişkilendiren ve daha da önemlisi, çığ oluşumlarını yerinde gören, sizlersiniz.



5. DUYARLILIK, TEHLİKE ve RİSK KAVRAMLARI

Doğal afetlerin değerlendirilmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda, duyarlılık, tehlike ve risk kavramlarına özellikle son yıllarda sıklıkla rastlanılmaktadır. Günümüzde, bu kavramların içerildiği haritaların özellikle doğal afetlere yönelik üretilmesinin önemi tartışılmaz bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kavramların içerildiği haritaların üretilmesi ve uygulamaya sokulmasının, önceliği insan yaşamı olan “doğal afet zararlarını azaltma ve korunma” çalışmalarının en önemli unsurları olduğu, dünya çapında kabul gören bir kavram halini almıştır.

Çığ olayı özelinde ele alındığında, İsviçre, Kanada, Norveç gibi gelişmiş ülkelerde bu afet türü sıklıkla yaşanmakta olup, ancak, meydana gelen zarar veya kayıplar, daha az olmaktadır. Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde ise, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerimiz başta olmak üzere, her yıl ortalama 24

vatandaşımız yaşamını yitirmekte, önemli maddi hasar ve kayıplar ortaya çıkmaktadır (Aydın vd., 2014). Bu nedenle, bu kılavuz kapsamında yapılan çalışmaların ve uygulamaların, ülkemizde ileride meydana gelebilecek çığ olaylarından etkilenme olasılığının ve görülebilecek zararların ve hasarların en alt seviyeye indirgenmesi açısından, son derece büyük önem taşıdığı düşünülmektedir.

İzleyen paragraflarda, bu bölüme konu olan kavramlara ve bunların önemine değinilecektir. Ayrıca, önceki bölümlerde değinilen ve gerek parametrik analizlerde, gerekse, yönlemsel değerlendirmelerde de vurgulandığı üzere, tüm haritalama çalışmalarına temel teşkil eden, çığ envanter haritaları ile veri tabanlarının oluşturulması aşamaları da irdelenecektir.




5.1. Çiğ Envanteri ve Veri Tabanlarının Oluşturulması

Çiğ değerlendirmelerine ilişkin verilerin toplanması ve analizlere altlık oluşturulacak bilgilerin elde edilmesi, meydana gelen çığlara ilişkin bir çığ envanter haritası ve veri tabanını oluşturacak aşamayı içermektedir. Bunun için, ülkemizde çığ değerlendirmelerinin daha sağlıklı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmesine yönelik olarak, AFAD çığ uzmanları tarafından geçmiş uygulamalarda kullanılan ve bu kılavuz kapsamında güncellenen Çiğ Kayıt Formunun (**Şekil 2.13**), çığ meydana gelmiş alanlar için doldurulması ve çığ özelliklerinin yansıtıldığı veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir. Parametrik ve yönetsel analizlerde de değinildiği üzere, bir bölgede güvenilir bir çığ değerlendirme analizinin yapılabilmesi, çığ oluşum özelliklerinin yansıtıldığı güvenilir ve sağlıklı bir envanter ve veri tabanı ile mümkün olacaktır. Meydana gelmiş çığların yanı sıra, bundan sonra oluşacak çığlar için de verilerin toplanması ve güncellenmesi gerekmektedir. **Şekil 2.13**'de sunulan çığ kayıt formlarının doldurulması, mümkün olduğunca saha çalışması yaparak, **çığ olayının yaşandığı alanların 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalara işlenmesi** ve çığ olaylarının özellikleri hak-

kında bilgi edinilmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla, bu tür bilgilerin elde edilmesi gelecekte oluşması olası çığ zararlarından korunma/azaltma çalışmalarına temel teşkil edeceğinden, son derece büyük önem arz etmektedir. **Şekil 2.13**'de verilen çığ kayıt formu, güncellenebilir ve amaca yönelik olarak değiştirilebilecek şekilde, ülkemiz koşulları da gözeticilerle AFAD çığ uzmanlarının önerileri dikkate alınarak tasarlanmıştır. İlgili formda ayrıca, TABB (Türkiye Afet Bilgi Bankası) projesi kapsamında yapılan ve bu proje kapsamında güncellenen zarar bilgileri de içermekte, eğer çığ oluşumu ve oluşturduğu kayıp/hasar/zarar ile ilgili bilgilere ulaşılabiliyorsa, bu bilgilerin de Çiğ Zarar Formu'na işlenmesi önerilmektedir. Sözü edilen Çiğ Zarar Formu da, **Şekil 2.14**'de sunulmaktadır. Çiğ tehlike ve risk değerlendirmelerine ve meydana gelen zarar ve kayıpların daha sağlıklı değerlendirilmesini sağlayacak bu bilgiler de, son derece büyük öneme sahiptir. Bu bilgilere ulaşıldığı takdirde veya mevcut ulaşılmış güvenilir bilgiler varsa (özellikle yerel halk ile yapılan görüşmeler, arşivler, yerel basın kaynakları vb.), ilgili form doldurularak, mutlaka çığ veri tabanında saklanmalıdır.

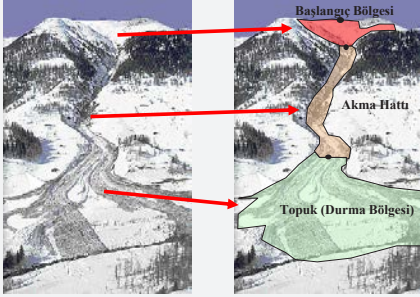


Şekil 2.13. Kılavuz kapsamında güncellenen çığ kayıt formu.



T.C.
BAŞKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

ÇİĞ KAYIT FORMU

Kayıt Tarihi:		Kaydı Alan:								
Kayıt No:		Fotoğraf No:								
İl:		Köy:	Mah./Mezra:							
Mevkii:		Pafta No:								
(Çiğ) Tarihi:		(Çiğ) Saati:								
Çiğ Türü:	Başlama Şekline Göre	<input type="checkbox"/> Noktasal Başlayan	<input type="checkbox"/> Çizgisel Başlayan							
	Kar Su İçeriğine Göre	<input type="checkbox"/> Kuru Kar Çiği	<input type="checkbox"/> Islak Kar Çiği							
	Kayma Düzlemine Göre	<input type="checkbox"/> Yüzey Tabaka Çiği	<input type="checkbox"/> Tüm Tabaka Çiği							
Çiğ Patikası Başlangıç Tepe Koordinatları (UTM):		X:	Y:							
Akma Hattı Tepe Koordinatları (UTM):		X:	Y:							
Topuk Bölgesi Tepe Koordinatları (UTM):		X:	Y:							
Çiğ Patikası Uzunluğu (m) :		Maksimum Menzil Mesafesi (MMM):	UTM Zonu:							
<small>* Ölçmek veya görmek mümkünse</small>										
Kopma Bölgesindeki Asgari Derinlik (cm):		Kopma Bölgesindeki Azami Derinlik (cm):								
Yamaç Eğimi: (*)		Baki: (*)								
Topuk Derinliği (m) :		Topuk Genişliği (m) :	Topuk Uzunluğu (m) :							
Topuk Malzemesi : Taş - Toprak - Ağaç - Dal - Buz - Diğer										
ÇİĞ OLUŞ SEBEBİ :	DOĞAL					YAPAY				
	SACAĞ DÜŞMESİ	AŞIRI KAR BİRİKİMİ	SİDİKTELİ RÜZGAR	ANİ ISINMA	DİĞER	İNSAN	HAYVAN	ARAÇ	DİĞER	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										
Yamaç Şekli:		<input type="checkbox"/> Düz	<input type="checkbox"/> İçbükey	<input type="checkbox"/> Dışbükey						
Bitki Örtüsü (Başlangıç Bölgesi)				<input type="checkbox"/> Orman	<input type="checkbox"/> Seyrek Orman	<input type="checkbox"/> Bodur Bitki/Çalı/Ot	<input type="checkbox"/> Çıplak/Kayalık			
Çiğ Zarar Bilgileri:		<input type="checkbox"/> Var (Zarar Formunu Doldurunuz)			<input type="checkbox"/> Yok					
Açıklamalar:										

Şekil 2.14. Kılavuz kapsamında oluşturulan çığ zarar formu.

AFAD
T.C. BAŞBAKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı

ÇİĞ ZARAR FORMU

A. Yaşamsal Etki Değerlendirmesi

Ölü Sayısı: _____
Yaralı Sayısı: _____
Evsiz Kalanların Sayısı: _____
Kayıp İnsan Sayısı: _____
Tahliye Edilenlerin Sayısı: _____
Telef Olan _____
Büyükbaş Hayvan Sayısı: _____
Küçükbaş Hayvan Sayısı: _____

B. Bina/Yapı Etki Değerlendirmesi

Hasarlı/Yıkılan Bina Sayısı: _____
Hasarlı/Yıkılan Okul Sayısı: _____
Hasarlı/Yıkılan Hastane Sayısı: _____
Hasarlı/Yıkılan Diğer Yapıların Sayısı: _____

C. Çevresel Etki Değerlendirmesi

Tarımsal Alan (ha): _____
Ormanlık Alan (ha): _____
Akarsu: _____

D. Altyapı Etki Değerlendirmesi

Yol: _____
Köprü: _____
İletişim Hattı: _____
İçme Suyu: _____
Kanalizasyon: _____

E. Sektörel Değerlendirme

Su kaynakları Eğitim
 Sağlık Sektörü Ulaşım
 Sanayi Tarım
 Haberleşme Diğer
 Enerji

Tahmini Toplam Maliyet (TL): _____
Hesaplanan Maliyet (TL): _____

Sözü edilen çığ veri tabanı özellikleri, öz nitelik tabloları olarak, mümkünse bir CBS yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış çığ yerlerine (lokasyonlarına) entegre edilmiş şekilde; eğer sayısallaştırma işlemi mümkün olamıyorsa, en azından MS Excel veya benzeri bir program kullanılarak, bilgisayar ortamında saklanmalıdır.

Burada önemli olan bir diğer unsur, çığ patikalarının mümkün olduğu ölçüde sahada yerinde yapılacak çalışmalar ile haritalanmasıdır. Kılavuz kapsamında önerilen haritalama ölçeği, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak, saha çalışmaları yapılarak, çığ yerlerinin öncelikle basılı topoğrafik haritalara, daha sonra sayısallaştırma işlemi ile CBS ortamına entegre edilmesidir. Bu aşamada eğer mümkün olabiliyorsa, hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri gibi UA ürünlerinden de yararlanılması önerilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, UA ürünlerinin kullanımının önemli ölçüde deneyim gerektirmesi olup, bu ürünlerin kullanılmasının, mümkün olduğu oranda deneyimli kişilerce yapılması gerekliliğidir. Zira, hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri kullanılarak çığ yerlerinin belirlenmesi hatalı değerlendirmelerin yapılmasına açık bir konu olup, mümkünse saha çalışmaları ile doğrulanmalıdır. Eğer UA ürünlerinin kullanılması da mümkün olamıyorsa, en azından Google Earth programı kullanılarak, çalışılması planlanan alana dair gözlemsel yorumlamaların yapılması çığ patikalarının belirlenmesinde kolaylık sağlayacaktır. Hava fotoğrafı yorumlamaları ve saha çalışmaları ile oluşturulmuş bir çığ envanter haritası, **Şekil 2.15**'de sunulmaktadır.

Yapılacak haritalama türünden bağımsız olarak, her türlü haritalama için temel unsur, çalışılması planlanan alana ilişkin çığ envanter haritası ve veri tabanlarının oluşturulmasıdır. Buradaki temel gerekçe, çığ özelliklerinin bölgeden bölgeye değişim gösterebilmesi ve birçok belirsizlik içermesi nedeniyle, çalışılan alanlara özgü çığ özelliklerinin ortaya konulması ve daha güvenilir verilerle çalışılması içindir. Yukarıda değinilen çığ kayıt ve zarar formlarının sağlıklı bir şekilde doldurulması son derece büyük önem taşımaktadır. Aşağıda maddeler halinde sıralanan envanter ve veri tabanı oluşturulması süreçlerini içeren bu işlemlerin, mümkün olduğunca sağlıklı bir şekilde yapılması önerilmektedir:

- **Çığ Nerelerde Oluşabilir?** Sağlıklı ve güvenilir bir çığ haritalaması yapabilmek için, öncelikle “nerelerde çığ oluşabilir?” sorusuna yanıt verilmesi gerekmektedir. Teorik olarak, topoğrafik yüksekliğin

1000-1100 m ve üzerindeki dağlık alanlar, kar örtüsü kalınlığının en az 0.5 m olduğu ve bir seferde 15 cm'den fazla kar yağışının yağdığı ve biriktiği yamaçlar, yamaç eğimlerinin 28° ile 60° arasında değiştiği ve bitki örtüsünden yoksun yamaçlar, çığ oluşumu için uygun alanları kapsamaktadır (AİGM, 1999). Doğal olarak bu değerler ve koşullarda değişimlerin olabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, çalışılması planlanan bölgelerde, bu özelliklerin sergilendiği yamaçları mutlaka dikkate alınız, gözlemleyiniz ve kayıt altına alınız.

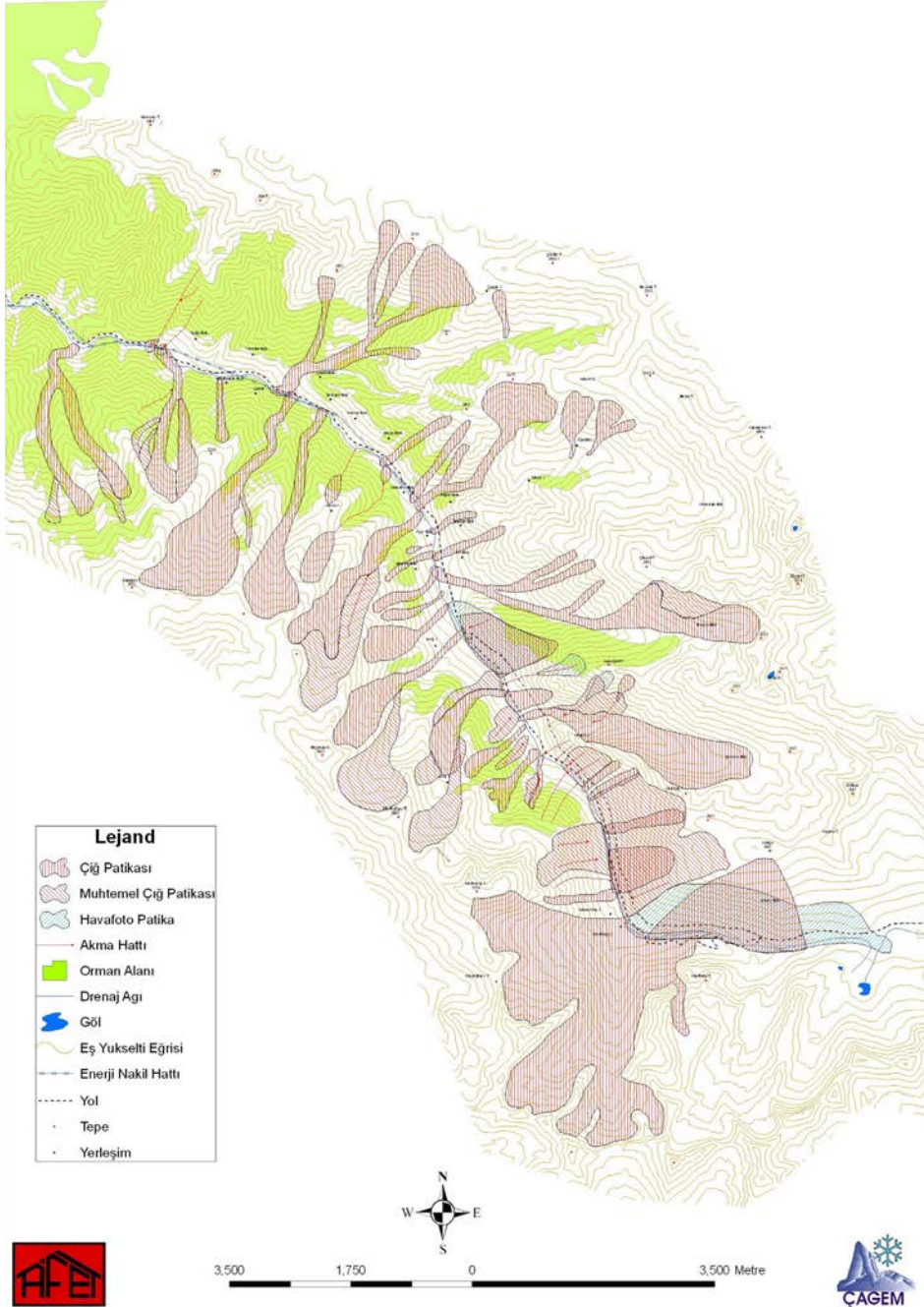
- **Literatür Araştırması:** Çalışacağınız alana ilişkin harita, rapor, arşiv vb. kaynakları mutlaka araştırınız. Bu şekilde yapılacak bir literatür çalışması, “nerelerde çığ olabilir?” sorusuna yanıt verebilmenin en kolay yollarından biridir. Ayrıca, çalışılacak alandaki yerel halk ile yapılacak görüşmeler de bu konuda size rehberlik edecektir. Eğer mümkünse, ulusal ve uluslararası güncel yayınları ve/veya çalışmaları da takip etmeniz önerilmektedir.
- **Saha Çalışmalarından Önce:** Çalışılacak alana ilişkin topoğrafik haritaları (basılı ya da sayısal olarak), mutlaka edininiz. Bunun için, HGK (Harita Genel Komutanlığı) haritalarını kullanmanız önerilir. Yapılacak haritalama türüne göre değişim gösteriyor olsa da, çığ duyarlılık çalışmaları için önerilen topoğrafik harita ölçeği 1/25.000'dir. Eğer elinizde mevcut çığ kayıtları varsa, bu çığ yerlerini (çığ patikaları ve akma hatlarını) harita üzerine işaretleyiniz. Eğer teorik bir altyapınız varsa ve UA çalışmalarında (hava fotoğrafı yorumlamaları ve uydu görüntülerinin değerlendirilmesi) tecrübeliyeniz, bu ürünlerden mutlaka yararlanmalısınız. Zira UA ürünleri, çalışılacak alana ilişkin son derece önemli bilgiler vermekte, zaman ve ekonomik açıdan önemli kazanımlar sağlamaktadır. UA konusunda herhangi bir tecrübeniz yoksa, bu ürünlerin kullanımı hata yapılmasına açık olabilir. Bu nedenle, tecrübeniz varsa bu ürünleri kullanınız. Bununla birlikte, bu konudaki eksikliklerin giderilerek, değerlendirmelerde UA ürünlerinin kullanımı, yapılacak analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği üzerinde olumlu yönde etki yapacağı için, dikkate alınmalıdır. Bu konuda, eksiklikler giderilinceye kadar, en azından Google Earth yazılımı ve buradan elde edilecek bilgilerden de yararlanılabilir. Burada unutulmaması gereken, herhangi bir UA ürünü kullanılarak belirlenen çığ patikalarının veya diğer

özelliklerinin, sahada yerinde görülmeden, sadece potansiyel çığ alanları olarak değerlendirilmesi gerekliliğidir. UA ürünlerinden yeri belirlenen bir çığ, saha çalışmaları sırasında, özellikle sınırlarının doğruluğu (yeri) vder özellikleri ile ayırtlanmalıdır.

- **Saha Çalışmaları:** Saha çalışmalarının temel amacı, mevcut çığ patikalarının ve çığ oluşumuna neden olan olası kaynak alanların haritalanması vder çığ özelliklerinin kayıt altına alınmasıdır. Diğer bir deyişle saha çalışmaları, çığ kayıt ve zarar formlarının mümkün olduğunca sağlıklı bilgiler ile doldurulması ve topoğrafik haritalar üzerine çığ alanlarının haritalanması aşamalarını kapsamaktadır. Saha çalışmalarınızı periyodik olarak yapmanız, hem çalışma yapacağınız alan hakkında daha fazla bilgi edinmenizi, hem de gözünüzden kaçan ve/veya yeni oluşan bir çığ olayını belirlemenizi sağlayacaktır. Saha çalışmaları sırasında, topoğrafik harita, pusula, defter, fotoğraf makinası, GPS (Global Positioning System) aleti gibi, çalışmalarınızdan en yüksek verimi alacağınız yardımcı malzemeleri yanınızda bulundurmanız ve bunlardan yararlanmanız önerilmektedir. Çığ oluşumlarının yeri, zamanı, türü (**bkz. Bölüm A**), başlangıç-akma-topuk bölgesi özellikleri ile diğer geometrik özelliklerini belirleyiniz. Gerek kayıtlardan, gerekse kişilerden elde ettiğiniz bir zarar/kayıp bilgisine ulaştıysanız, bu bilgileri de mutlaka çığ zarar formuna kaydediniz.

- **CBS Çalışmaları:** Günümüzde, gerek çığ envanter ve veri tabanı uygulamalarında, gerekse de çığ modellerlerinin ve/veya analizlerinin vazgeçilmez unsuru CBS'nin çığ değerlendirmelerinde kullanılmasıdır. CBS'nin bu tür uygulamalarda sağladığı yararlar tartışılmaz olup, bu konuda eksikleriniz varsa, bu eksiklikleri gidermeniz yararınıza olacaktır. Ayrıca, herhangi bir CBS programını temel düzeyde de olsa kullanmanız, CBS'nin sağladığı olanaklardan yararlanmanızı sağlayacak ve işleminizde önemli kolaylıklar getirecektir. Topoğrafik haritalar üzerinde yapmış olduğunuz tüm haritalama çalışmalarını, bir CBS programına, tüm çığ özelliklerini (çığ kayıt formunda dikkate aldığınız ve/veya bunların dışında olup, önemli gördüğünüz diğer özellikleri) dikkate alarak aktarmanız, hem veri yönetimi ve veri/bilgi sorgulama açısından, hem de bu aşamadan sonra yapılacak olan modeller için son derece büyük önem arz etmektedir. Sayısallaştırma yapılırken, dikkate aldığınız çığ özelliklerinden, çığ alansal özelliklerini (başlama, akma ve topuk) vektörel (poligon) olarak, diğer özelliklerini ise öznitelik verisi olarak ilgili çığ için kullandığınız yazılıma giriniz. Sayısallaştırma konusunda bir deneyiminiz yoksa, en azından MS Excel gibi bir yazılımı kullanarak, çığ kayıt formundaki ilgili özellikleri bir tablo şeklinde bilgisayarda saklayarak kaydediniz. Bu işlemleri, mevcut ve gelecekte belirleyeceğiniz her bir çığ lokasyonu için gerçekleştirmeniz gerekmektedir.

Şekil 2.15. Sivrikaya (Ovit Dağ geçidi) bölgesi çığ envanter ve jeomorfolojik analizle belirlenmiş olası çığ yerlerinin haritası (Yavaş vd., 2010).



- **Genel olarak değerlendirildiğinde envantere yönelik yapılması gereken çalışmalar:** Çığ değerlendirmelerine temel oluşturacak bu çalışmalardan elde edilecek bilgiler doğrultusunda yapılacak modelleme/analiz çalışmalarının yapılabilmesi, genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki sorulara verilecek sağlıklı yanıtlarla ortaya konulabilecektir (AFET, 1999):

- Ne zaman, nereye, nereden, hangi yolu izleyerek çığ düştü ?
- Nereyi ve nereleri etkiledi? (insan, konut, hayvan, altyapı, üstyapı vb.)
- Yarattığı hasarlar, etkiler nelerdir?
- Patika ve/veya akma hattının fiziksel özellikleri, kopan kütlelerin boyutları ve yeri,
- Her yıl kaç defa çığ ürettiği, biriken kar kalınlığı, kardan başka malzeme olup olmadığı nedir?
- Ekonomik kayıplar (enkaz kaldırma, iyileştirme, üretim ve işgücü vb. kaybı) nelerdir?
- Sosyal ve çevresel kayıplar nelerdir?

Bu bilgiler ile alandaki yamaç eğimi, bakı ve bitki örtüsü gibi bu ana kadar değinilen diğer özellikler ile beraber bir değerlendirme yapılarak, çığ patikalarının sınırları hassas bir şekilde topoğrafik harita üzerine işaretlenmelidir. Tüm bu çalışmaların ışığında elde edilen veriler harita üzerine işlendikten sonra, bütün bilgiler tercihen CBS ortamına aktararak, sorgulama, analiz/modelleme, senaryo üretimi gibi amaçlar için hazır hale getirilmelidir (AFET, 1999). Ancak bu şekilde izlenecek bir yaklaşımla, gereken analizler sağlıklı bir şekilde yapılabilecektir. Yukarıda değinilen özellikler dışında, çığ oluşumu hakkında önemli olduğunu düşünüldüğümüz başka bir parametre ve/veya olay, olgu, süreç vb. varsa, mutlaka bu özelliklerin de çığ kayıt formlarına işlenmesi gerekmektedir. Burada unutulmaması gereken en önemli nokta, maalesef ülkemizde günümüze değin bu afet türüne gereken önemin verilmemiş olmasıdır. Özellikle, yapacağınız envanter çalışmaları ve veri toplama süreçleri, bu açıdan bakıldığında da çok büyük öneme sahip olup, ülkemiz için önemli bir eksikliği giderecektir.



5.2. Duyarlılık Kavramı

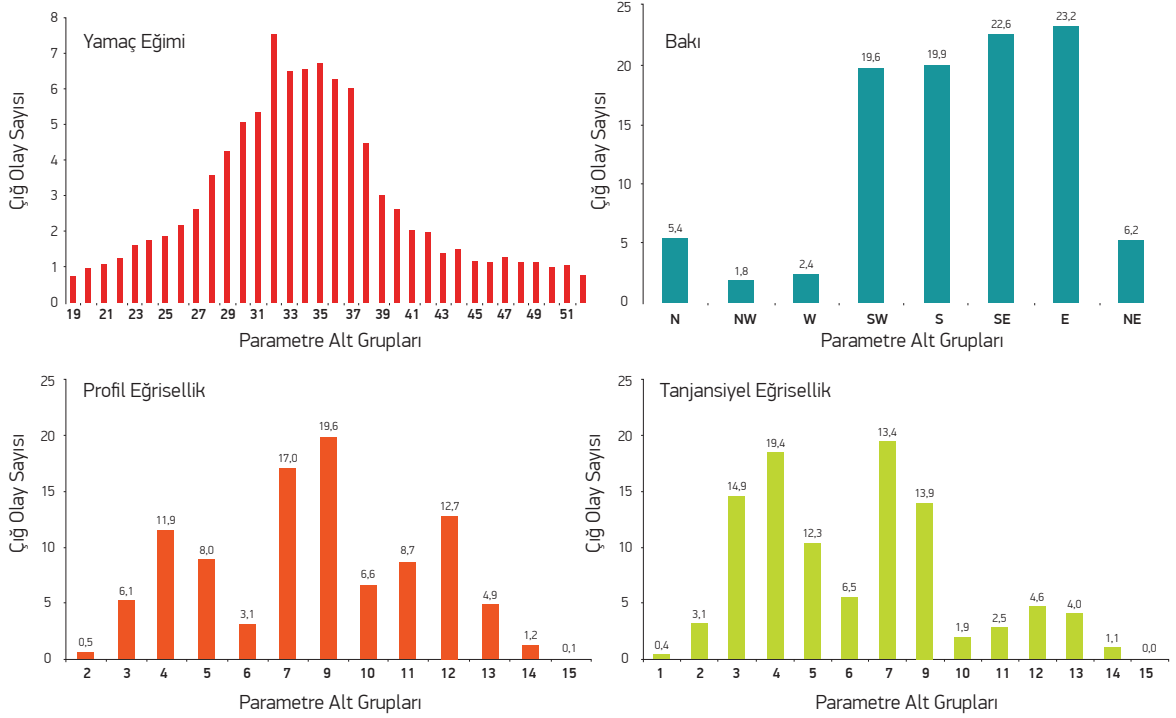
Herhangi bir doğal afet türü için duyarlılık kavramı, analizi yapılan afet türünün oluşumunda etkin olduğu düşünülen hazırlayıcı parametrelerin dikkate alınarak, gelecekte dikkate alınan afet türünün gelişmesi olası alanların, göreceli olarak sınıflandırılması şeklinde tanımlanmaktadır (Varnes, 1984; Aleotti ve Chowdhury, 1999; Fell vd. 2008; Van Westen vd., 2008). Bu tanım aynı zamanda, var olan veya gelecekte meydana gelmesi olası afetlerin yeri, alansal yayılımı veya büyüklüğü ve mekansal dağılımının belirlenmesini de içermektedir.

Çiğ özelinde dikkate alındığında ise, genel olarak yöntemsel analizlerde de değinildiği şekilde, ampirik yöntemler ile üretilen haritalar, çiğ duyarlılık haritaları olarak değerlendirilmelidir. Her ne kadar bazı çalışmaların içeriğinde, “tehlke”, “risk” gibi kavramlar geçiyor olsa da, ampirik yaklaşımların büyük bir bölümünde, istatistiksel olarak çiğ olaylarının ve ilgili hazırlayıcı parametrelerinin değerlendirilmesine dayanan ve bölgesel ölçekte yapılacak değerlendirmelerde kullanılan ve sadece yayılma zonunun tahmin edilmesine yarayan yöntemler olup, göreceli olarak bir bölgede hangi alanların çiğ oluşumuna “daha çok” veya “daha az” duyarlı olup olmadığı ortaya konulmaktadır. Diğer bir deyişle, eldeki çiğ oluşum verilerinden yola çıkılarak, gelecekte potansiyel olarak çiğ olması olası alanların belirlenmesi aşamaları duyarlılık kavramı içinde değerlendirilmelidir. Bu nedenle, tehlike ve risk kavramları ile duyarlılık kavramı karıştırılmamalıdır. Bu kılavuz kapsamında önerilen yöntemin de farklı ampirik yöntemlerin bir arada değerlendirildiği ve çiğ duyarlılığının belirlenmesine yönelik olduğu, göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, yapılan literatür araştırmaları dayanak alınarak, öncelikle çalışılacak alana ilişkin genel bir değerlendirmeyi içeren bölgesel duyarlılık haritalarının; sonrasında, güvenilir verilere ulaşıldığı taktirde daha küçük alt bölgelerde (alanlarda) tehlike ve risk çalışmalarına geçilmesi önerilmektedir.

Çiğ duyarlılığının belirlenmesine yönelik olarak öncelikle, çiğ başlangıç bölgelerinin ayırt edilmesi gerekmektedir. Bu alanların ayırt edilebilmesi için, Bölüm 2.4’de değinilen parametrelerin dikkate alınması önerilmektedir. İlgili bölümde de değinildiği üzere, çalışılması planlanan alanda, çiğ oluşumu üzerinde etkin olabileceği düşünülen parametreler, CBS ortamında analiz edilmeli ve modellenmelidir.

Buradaki en önemli olan husus, çiğ yerlerinin belirlenmiş olmasıdır. Bu alanlar haritalanarak, mevcut bilgiler çiğ kayıt formuna işlenmeli, istatistiksel olarak değerlendirilmeli ve daha sonra çiğ oluşumunda etkin olacağı düşünülen parametrelerle ilişkilendirilerek, Bölüm 3’de verildiği şekilde analiz edilmelidir. Eğer bu durum mümkün olamıyorsa, diğer bir deyişle, elinizde bir çiğ envanter haritası yoksa, dikkate alınan parametrelere ilişkin teorik alt yapı gözetilerek, çiğ başlangıç bölgeleri ayırtlanmalıdır. Daha sonra, Bölüm 3’de değinildiği şekilde başlangıç bölgeleri belirlenerek, çiğ yayılma zonları belirlenmeli ve çiğ duyarlılık haritalarının oluşturulması şeklinde bir yol izlenmelidir. Örneğin, Suk ve Klimanek (2011), çiğ olayının sıklıkla yaşandığı Çek Cumhuriyeti’nin Krkonose bölgesinde yaptıkları çalışmada, bölgede çiğ oluşumunda etkin olan ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) temelli ürettikleri yamaç eğimi, bakı ve eğrisellik (profil ve tanjansiyel) parametreleri ile bitki örtüsü parametrelerini bir arada değerlendirmişlerdir. 5x5 m çözünürlüğe sahip SYM’nden itibaren, sözü edilen morfolojik parametreleri CBS ortamında üreten araştırmacılar, bu parametreleri gruplandırarak ve çiğ lokasyonları ile deneştirerek, bu parametrelerin etkileri ortaya koymuşlardır (**Şekil 2.16**).

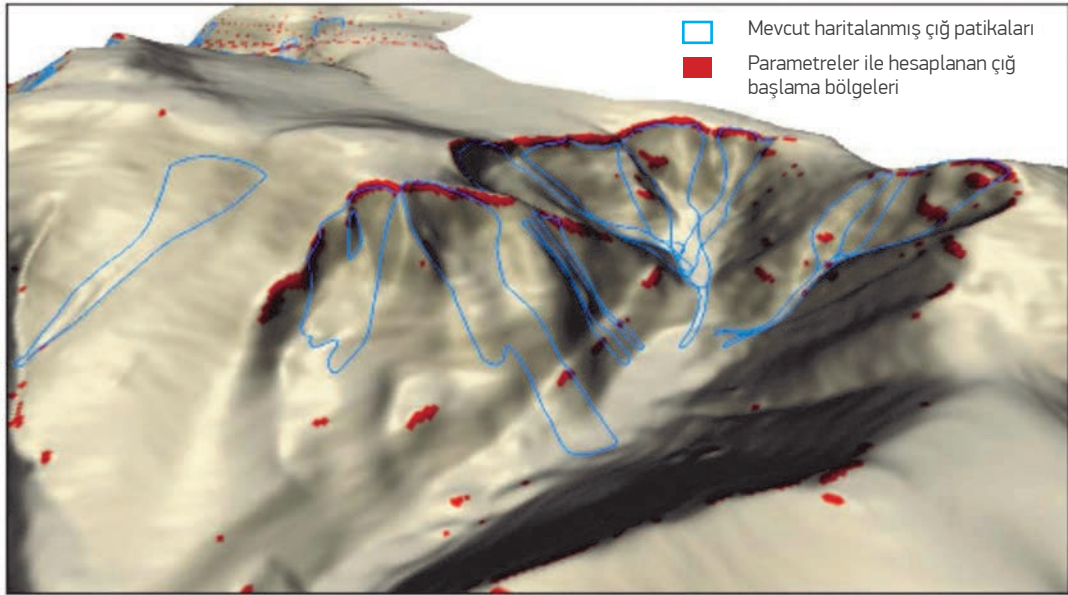
Şekil 2.16. Krkonose bölgesinde dikkate alınan parametreler ve çığ lokasyonları ile ilişkisi (Suk ve Klimanek, 2011).



Bu şekilde izlenen bir yaklaşımın en önemli faydası, dikkate alınan parametreler ile çığ lokasyonları arasındaki ilişkinin net bir şekilde izlenebilmesidir. Örneğin, bölgede çığ yerlerinin en fazla gözlemlendiği yamaç eğimi sınıfı 32°, bakı grubu E (doğuya bakan yamaçlar), profil eğrisellik sınıfı 9 ve tanjansiyel eğrisellik sınıfının da 7 nolu (bu gruplandırmalar eğrisellik değerinin dağılımına göre yapılmaktadır) yamaçlar olduğu anlaşılmaktadır.

Bu özellikler belirlendikten sonra, çığ yerlerinin dağılım frekansları dikkate alınarak puanlamalar yapılarak (bu puanlama istatistiksel olarak bir değerlendirme veya tecrübeye dayalı öznel bir puanlama ile yapılabilir) bunlar CBS ortamında birleştirilmiş (aritmetiksel çarpım) ve çığ başlangıç alanları belirlenmiştir (**Şekil 2.17**).

Şekil 2.17. Krkonose bölgesinde belirlenen çığ başlangıç alanları (Suk ve Klimanek, 2011).



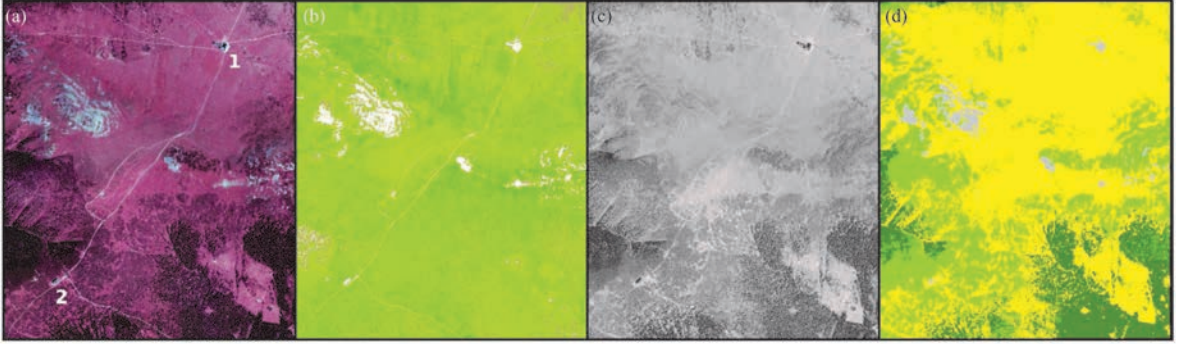
Araştırmacılar, mevcut çığ lokasyonları (mavi ile çizilmiş alanlar) ve dikkate aldıkları morfolojik parametreler ile CBS ortamında hesapladıkları (kırmızı alanlar) alanlar arasında uyumluluk olduğunu, ancak bitki örtüsünün de bu tür çalışmalarda dikkate alınmasını vurgulamışlardır. Bunun için, UA tekniklerinden biri olan denetimli sınıflama tekniğini, bir bitki örtüsü indeksi olan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerini kullanarak bölgelerinde uygulamışlardır. NDVI değerinin belirlenmesinin en önemli faydası, sağlıklı bitki örtüsü ile çıplak olan alanların kolaylıkla ayırt edilebilmesidir. NDVI değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

Burada IR, uydu görüntülerindeki kızıl ötesi bant

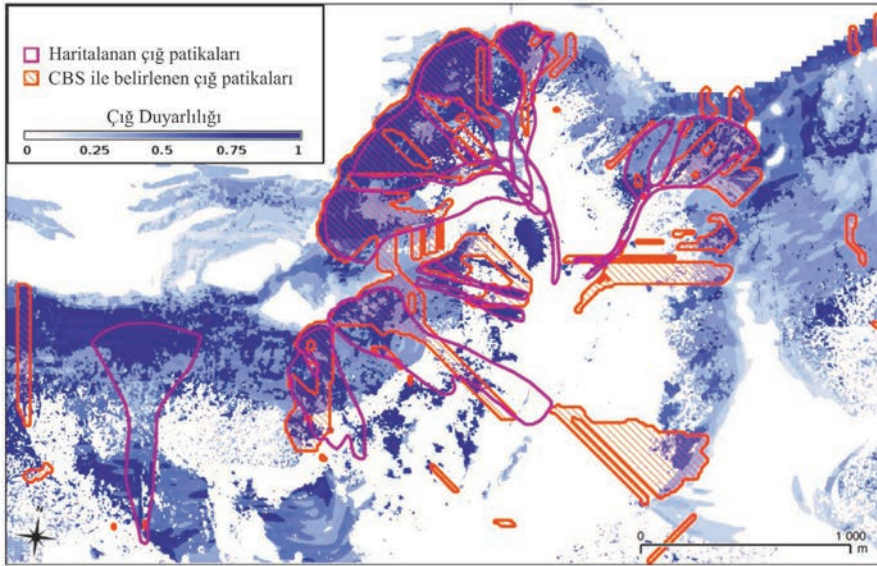
spektral yansımaya değerine, R ise kırmızı bant spektral yansımaya değerine karşılık gelmektedir. Bu hesaplama, herhangi bir CBS veya UA yazılımında kolaylıkla yapılabilmektedir. Suk ve Klimanek (2011) NDVI değerlerini ve çalıştıkları bölgedeki bitki türlerini de dikkate alarak yaptıkları denetimli sınıflama tekniği ile morfolojik çığ başlangıç bölgelerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Zira, yoğun bitki örtüsü olan alanların (yüksek NDVI değerlerine sahip alanlar), çığ başlangıcını engelleyici yönde etkisinin olduğunu, bu nedenle, morfolojik olarak belirlenen çığ başlangıç alanları içinde yoğun bitki örtüsü olan alanlar varsa, bunların çıkartılması gerektiğini belirtmektedirler. Bu şekilde oluşturdukları bir UA çalışması örneği, **Şekil 2.18**'de sunulmuştur.

Şekil 2.18. UA teknikleri ile bitki örtüsü özelliklerinin çığ duyarlılık haritalamalarında kullanım: (a) spektral görüntü; (b) NDVI haritası; (c) görüntü iyileştirme ve (d) sonu. Sınıflama haritası (gri: çıplak alan, sarı: çalılık, açık yeşil: bodur çam, koyu yeşil: iğne yapraklı orman) (Suk ve Klimanek, 2011).



Bu şekilde izlenen bir yaklaşımla, morfolojik olarak çığ oluşumunda etkin olan bir alanda, iğne yapraklı ağaçlar mevcutsa, bu alanlar çıkartılarak, çığ başlangıç bölgeleri yeniden belirlenip, sonuç duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 2.19).

Şekil 2.19. Çığ duyarlılık haritası örneği (Suk ve Klimanek, 2011).



Şekil 2.19'da sunulan harita dikkate alındığında, çığ duyarlılığının göreceli olarak farklı derecelerde (0 ve 1 aralığında) ifade edildiği, diğer bir deyişle, [0, 1] aralığında mekansal olabilirlik şeklinde dikkate alındığı görülmektedir. Bu haritanın bölgesel ölçekte olduğu unutulmamalıdır. Bu tür haritaların sağladığı en önemli fayda, çığ oluşumu açısından hangi bölgelere daha fazla önem verilmesi gerektiği hakkında önemli bilgiler

vermektedir. Örneğin, koyu mavi renk (1 veya 1'e yakın duyarlılık değeri) ile temsil edilen alanlarda ayrıntılı tehlike ve risk analizlerinin (eğer gerekiyorsa) yapılmasını, beyaz renkle (0 veya 0'a yakın duyarlılık değeri) gösterilen alanlarda ise tehlike ve/veya risk yaratacak bir unsurun oluşma potansiyelinin yok denecek kadar az olduğunu ifade etmektedir.

5.3. Tehlike ve Risk Kavramları

Herhangi bir doğal afet türü için “tehlike” kavramından söz edebilmek için, tekrarlayan bir faktörün (deprem, yağış gibi), belirli bir zaman aralığında ve belirli bir büyüklükte etki etmesi beklenmektedir. Ayrıca, tehlike kavramı, duyarlılık kavramını (konumsal olabilirlik) da içerecek şekilde, zamansal ve boyutsal olabilirliği de içine almaktadır. Diğer bir deyişle tehlike kavramı, uç adet olasılık değerine dayanmakta olup, bu olasılık türleri mekansal, zamansal ve boyutsal olabilirlik şeklinde değerlendirilmektedir.

Teorik olarak bir çığ tehlike analizinde başlangıçta çığlara ilişkin konumsal (yer, iklim, kar derinliği, rüzgar yönü vb.) ve morfolojik özelliklerin değerlendirilmesiyle, çığ başlangıç bölgelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu alanlar belirlendikten sonra, dikkate alınan alan için çığ dönüşüm periyodu, ya istatistiksel olarak değerlendirilerek (mevcutsa envanter bilgileri kullanılarak), ya da teorik bazı kabullenmeler yapılarak belirlenmelidir. Daha sonra, belirli bir zaman diliminde (tekrarlama periyodunda) meydana gelebilecek çığ olasılığı hesaplanarak, bunun ulaşabileceği maksimum yayılma uzunluğu belirlenmeli, mevcut yerleşim veya yapılarla ne şekilde bir zarar vereceği değerlendirilmelidir. Bu durumda, çığ değerlendirmeleri açısından ele alındığında, özellikle dinamik duraylılık analizlerinin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu analizlerde temel girdi parametreleri, topoğrafik özellikler (güvenilir SYM’leri), meteorolojik özellikler (kara ilişkin özellikler, örn.: kar kırılma derinliği, kar yoğunluğu gibi) ve dinamik (sürtünme ve sürüklenme katsayıları) parametreleridir. Değişen parametrelere ilişkin özelliklere her koşulda ulaşmak çoğu zaman güç bir işlem olduğu için, bu tür değerlendirmelerde bazı varsayımların yapılması zorunluluğu doğmaktadır. Örneğin, çığ başlangıç bölgelerinin hassas bir şekilde belirtildiği bir durumda, dinamik modelde kullanılacak kar kırılma değerini sağlıklı bir şekilde belirlenmesi, ancak yerinde ölçümlerle (Ram Sondası kullanılarak) profil çalışması yapılarak belirlenebilir. Bu şekilde bir ölçüm yapabilmek çoğu zaman teknik olarak mümkün olsa bile, bu ölçümleri tüm çığ başlangıç bölgelerinde gerçekleştirmek, çalışma koşulları da gözetildiğinde, olası görünmemektedir. Bu tür bilgilere her zaman ulaşamayacağı için, araştırmacılar dinamik analizlerde genelde bazı varsayımlardan yararlanmaktadır. Örneğin, literatürde 100 yıllık tekrarlama dönemi için 1.5 m civarında kar kırılma derinliğinin dikkate

alınması önerilmektedir (Weir, 2002). Dinamik duraylılık analizleri ile bir çığ olayı sonucunda meydana gelecek hız, çarpma basıncı, ulaşabileceği en fazla mesafe gibi değerler bulunabilir. Örneğin, çarpma basıncına göre yapılmış bir sınıflamada (McClung ve Schaerer, 1981), hesaplanan çarpma basıncı 100 kPa civarında ve yaklaşık 1km’lik bir akış hattına ve 1000 t kütleyle sahipse ve bir betanorme yapıyı etkiliyorsa (yapı, maksimum yayılma zonu içinde kalıyorsa), bu binanın yıkılacağı/zarar göreceği kabul edilmektedir.

Tehlike değerinin sayısal olarak ifade edilmesinde, temel olasılık ilkelerinden yararlanılmaktadır. Bu durum, geçmiş yıllara dair sağlıklı veriler varsa, çok daha temsil edici olmaktadır, dünyanın birçok bölgesi için bu şekilde tutulan kayıtlar 1900’lü yıllara dayanmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, bazı varsayımlar veya kabullenmeler yapmak zorunda kalmaktadırlar. Örneğin, McClung (2000) çığ oluşumlarını istatistiksel anlamda “nadir gelişen olaylar” kapsamında değerlendiren olasılık modelinde, T yıllık tekrarlama periyoduna sahip bir adet çığ olayının N kadar yıl içindeki oluşma olasılığını (P), aşağıdaki eşitlikle ifade etmektedir:

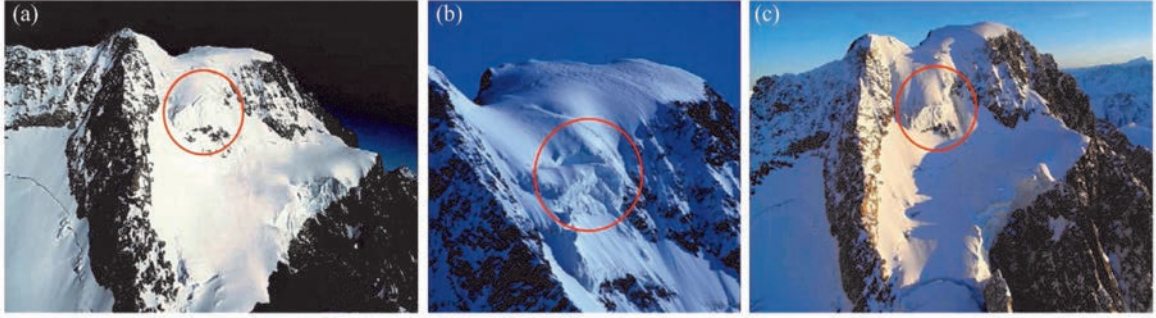
$$P=1-(1-T/N)^N \quad T=1/Pa \quad (Pa: [0, 1])$$

aralığında değişen yıllık çığ oluşma olasılığı)

Örneğin, 30 yıllık bir tekrarlama sahip bir çığ olayı düşünüldüğünde, bu çığın yıllık oluşma olasılığı: $1/30=0.033$ olmaktadır. Bu çığın, 10 yıl içinde oluşma olasılığı ise, yukarıdaki eşitlikler kullanılarak 0.29 olarak hesaplanmaktadır. Bu şekilde yapılan olasılık hesaplamaları ile belirli bir zaman aralığında, belirli bir tekrarlama periyoduna sahip bir çığın oluşma olasılığı hesaplanabilmektedir. Ayrıca, dinamik modellerdeki değerlerin değişimleri de gözetilerek, farklı senaryolar üretilebilmekte ve bunların sonuçları yorumlanabilmekte ve risk haritalamalarına altlık oluşturulmaktadır.

Örneğin, Margreth vd. (2011) İtalya’nın Mont Blanc (Grandes Jorasses) bölgesindeki Whymper buzulunda (Şekil 2.20), 1 boyutlu AVAL-1D ve 2 boyutlu RAMMS modellemesi ile yaptıkları çığ tehlike değerlendirme çalışmasında, 15-30 yıl tekrarlama periyoduna sahip çığ olayını zamansal ve konumsal olarak değerlendirmişlerdir. Söz konusu alanda yükseklik 2400 m’inin üzerinde olup, yamaç eğim değerleri 28° - 33° arasında değişmektedir.

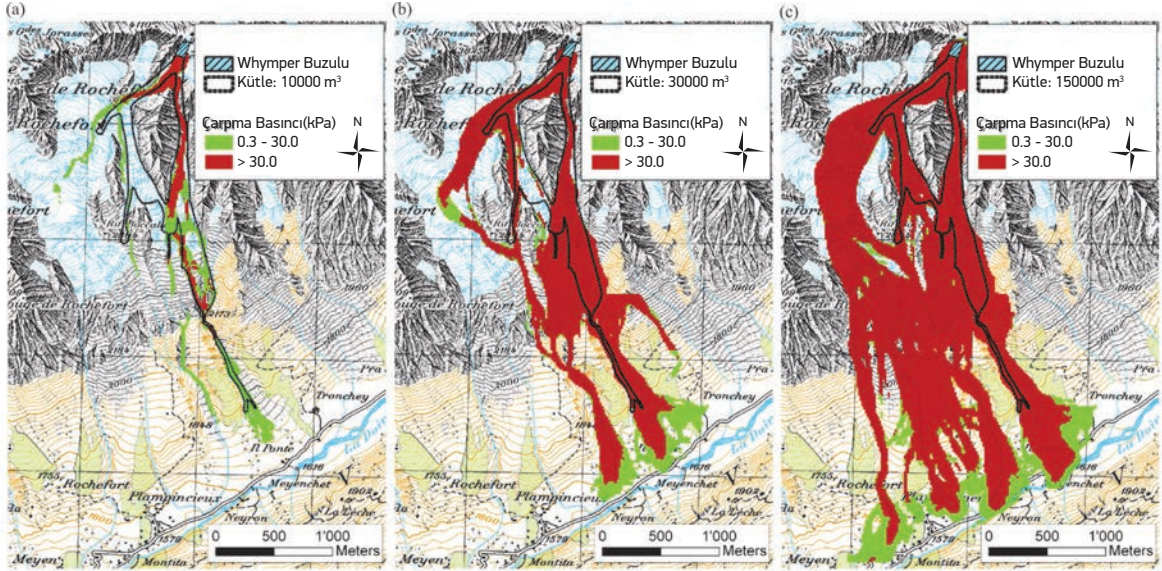
Şekil 2.20. Grandes Jorasses bölgesindeki Whymper buzulu ve çığ oluşturma potansiyelinin zamanla değişimi: (a) Ocak 1997; (b) Haziran 1998 ve (c) Ocak 2009 (Margreth vd., 2011).



Araştırmacılar, çığ değerlendirmelerinde bazı belirsizliklerin bulunduğunu, bazı varsayımlar/kabullenmeler yapılması zorunluluğundan söz ettikleri çalışmalarında, modellemelerin yapılabilmesi için çığ potansiyeli yaratan kütleyi, üç farklı senaryo altında değerlendirmişlerdir. Bunlar sırasıyla, çığ oluşturacak kütlenin küçük ($<10.000 \text{ m}^3$), orta (yaklaşık 30.000 m^3) ve yüksek

(yaklaşık 150.000 m^3) hacme sahip olacağı şeklinde değerlendirmişlerdir. 10 m çözünürlüğe sahip SYM kullanılarak, analizler 200 kg/m^3 yoğunluğa sahip farklı hacimlere sahip kütleler için farklı sürtünme ve sürüklenme katsayıları (μ , ζ) için, kullandıkları yazılımlar ile çarpma basıncını temel alan çığ tehlike haritaları üretmişlerdir (Şekil 2.21).

Şekil 2.21. Grandes Jorasses bölgesindeki Whymper buzulunda farklı senaryolar dikkate alınan çığ tehlike haritaları: (a) 10000 m^3 'lük kütle için, (b) 30000 m^3 'lük kütle için ve (c) 150000 m^3 'lük kütle için (Margreth vd., 2011).



B ÇİĞ HARİTALAMALARI ve DEĞERLENDİRMELERİ

AFAD

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, tehlike haritalamaları çalışmaları için çığ olayının doğasında var olan belirsizlikler nedeniyle, dikkate alınan çalışmada da olduğu gibi bazı kabullenmeler/varsayımlar yapılması gerekliliğidir. Bu şekilde izlenecek bir yaklaşımla, özellikle çığ kütlesinin kopması sonucunda

meydana gelecek çarpma basıncının hesaplanması sonucunda, çığ açısından tehlike arz eden bölgelerin, karar vericiler ve kullanıcılara sunulması şeklinde bir yol izlenmektedir. Çarpma basıncı ve çevrede oluşması olası hasar ilişkisi, McClung (2008) tarafından irdelenmiştir (**Çizelge 2.3**):

Çizelge 2.3. Çarpma basıncı ve potansiyel olarak oluşturacağı hasar ilişkisi (McClung, 2008).

Çarpma Basıncı (kPa)	Potansiyel Hasar
1	Camlar kırılır
5	Kapılar kırılır
30	Ahşap yapılar kırılır
100	Büyük ağaçlar sökülür
1000	Betonarme yapılar yıkılır

Yapılan literatür araştırmalarına göre tehlike haritalamalarında dikkate alınan temel yaklaşım, farklı senaryolar/koşullar dikkate alınarak, özellikle çarpma basıncının hesaplanmasına yönelik yapılan çalışmaları ve Çizelge 2.3 dikkate alınarak, mevcut yapılara vereceği hasar ilişkisinin çığ duraylılık analizleri ile ortaya konulmasıdır. Çığ duraylılık analizleri için uygulamalarda kullanılan pek çok yazılım mevcut olup, bunlardan en yaygın kullanılanları AVAL-1D, AVAL-2D, RAMMS ve ELBA+ yazılımlarıdır. Bu yazılımlar kullanılarak işlemler yapılırken, çığ olayının doğasından kaynaklanan belirsizliklerin dikkate alınması gerekliliği ve güvenilir verilere ulaşıldığı takdirde, üretilecek haritaların da doğruluğunun artacağı açıktır. Burada değinilen belirsizlikler temel olarak, topoğrafik özellikler, kar özellikleri ile sürtünme ve sürüklenme açılarının seçilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Topoğrafik özellikler, yüksek çözünürlüklü SYM ile ve/veya çalışılacak alanda yapılacak ayrıntılı topoğrafik ölçümler ile aşılabılır. Ancak, model girdilerindeki en önemli sorun, kar özelliklerinin (kar derinliği, yoğunluğu vb.) ve katsayıların seçilmesinde yaşanmaktadır. Sözü edilen kar özelliklerinin, çoğu kez güç doğa koşullarında yerinde ölçümler ile belirlenmesini gerektirmektedir. Bu durum, AWOS (Automated Weather Observation Systems) adı verilen ve otomatik hava gözlem sistemlerinin ülkemizde yaygınlaştırılması ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi ile çözümlenebilir. Sürtünme ve sürüklenme katsayılarının seçimi, bölgesel değişimler gösterebileceği gibi, lokal olarak da bir çığ patikasında değişimler gösterebilmektedir. Çoğu kez, mevcut çığ lokasyonlarında deneme/yanılma yolu

ile belirlenen ve saha koşullarını temsil edici verilere ulaşıncaya kadar geriye dönük hesaplamaların yapılması ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Sözü edilen yazılımlardan elde edilecek sonuçlar, bu tür değerlendirmeler ve hesaplamalar ile çalışılan alan özellikleri kalibre edildikten sonra kullanılmalıdır. Bu nedenle, ülkemizdeki çığ kayıt sayısının artması ve bölgesel özelliklerin daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi ile bu tür çalışmalarda karşılaşılan zorluklar zamanla aşılabacaktır.

Risk kavramı ise, farklı disiplinlerde farklı anlamlar içermekle birlikte, herhangi bir doğal afet türü için, can ve mal kaybına yol açan veya çevreye zarar veren bir olayın (doğal afetin) oluşma olasılığının bir ölçüsü olarak değerlendirilmektedir (Fell vd., 2008). Bu kavram, tehlike, zarar görülebilirlik ve risk altındaki elemanlar kavramlarını da içermektedir. Bunlardan zarar görülebilirlik, çığ riski içeren bir alandaki eleman veya eleman grubunun (örneğin insanlar, evler, kritik tesisler gibi), çığ sonucunda uğrayacağı kaybın derecesini [0,1] aralığında ifade etmektedir. Örneğin, çığ sonucunda zarar göreceği düşünülen bir bina ise, buradaki kayıp derecesi, binada meydana gelen hasarın, binanın mali değerine oranı şeklinde yorumlanmaktayken, insan yaşamı söz konusu ise, çığdan etkilenen insan sayısının toplam nüfusa oranı şeklinde değerlendirilmektedir. Risk altındaki elemanlar ise, bir çığ sonucunda potansiyel olarak etkilenebilecek insan, binalar, yapılar, altyapı, yol gibi elemanları içermektedir (Fell vd., 2008). Varnes (1984)'e göre kütle hareketlerine ilişkin risk ise belirli bir zamanda, belirli bir bölgede kütle hareketleri sonucunda or-

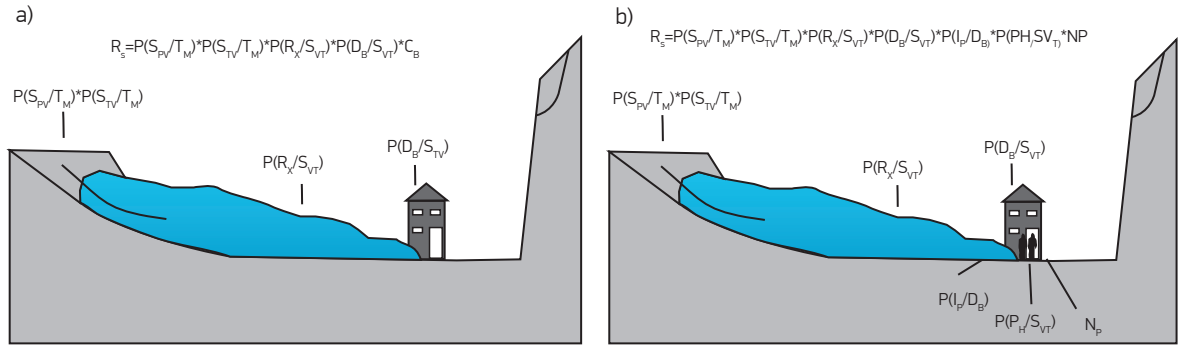
taya çıkabilecek can ve mal kaybı ile ekonomik zararın tahmin edilmesi şeklinde yorumlanmaktadır. Diğer bir deyişle risk, matematiksel olarak dikkate alınan afet türüne ilişkin hesaplanan tehlike değeri ile tüm risk altındaki elemanlarda meydana gelebilecek hasar/ zarar miktarının çarpımına eşittir:

$$R = \Sigma (H \Sigma (VA))$$

Bu eşitlikte R, riski; H, sayısal olarak hesaplanmış tehlike değerini; V, zarar görülebilirliği ve A ise risk altındaki eleman sayısı/değerini ifade etmektedir. Risk hesaplama ve değerlendirmelerinde kullanılan en önemli unsur,

verilerin sağlıklı bir şekilde analiz edilmesi ve güvenilir verilerle çalışılması zorunluluğudur. Risk analizlerinde kullanılan verilere ulaşmak ve bunların güvenilirliğini değerlendirmek, son derece güç bir işlemdir. Bu nedenle, literatürde risk değerlendirmelerine yönelik uygulamalara daha az rastlanmaktadır. Yukarıdaki eşitlik her ne kadar basit gibi gözükse de, eşitlikteki parametrelerin açılımı sonucunda hesaplamalar son derece karmaşık bir hale gelebilmektedir. Örneğin, çığ olayının da içerildiği kütle hareketleri sonucunda, bir adet bina ve içinde yaşayan insanlar dikkate alınarak yapılan teorik risk değerlendirme aşamaları, **Şekil 2.22**'de gösterilmiştir.

Şekil 2.22. Kütle hareketi sonucunda risk taşıyan bir yapıdaki ve içinde yaşayan insanlar için sayısal risk hesaplama aşamaları: a) bina için, b) insan için (VanWesten vd., 2006).



RS= Risk

P(SP_V/T_M)= Konumsal olasılık (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, belirli bir etken tetikleyici etken ile tetiklenmesi sonucunda gerçekleşme olasılığı)

P(ST_V/T_M)= Zamansal olasılık (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, belirli bir tetikleyici etken ile belirli bir zaman dilimi içinde tekrarlanma olasılığı)

P(R_X/S_{VT})= Boyutsal olasılık (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, risk altındaki binaya ulaşma olasılığı)

P(D_B/S_{VT})= Zarar verme olasılığı (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, risk altındaki binaya zarar verme olasılığı)

C_B= Maddi zarar miktarı

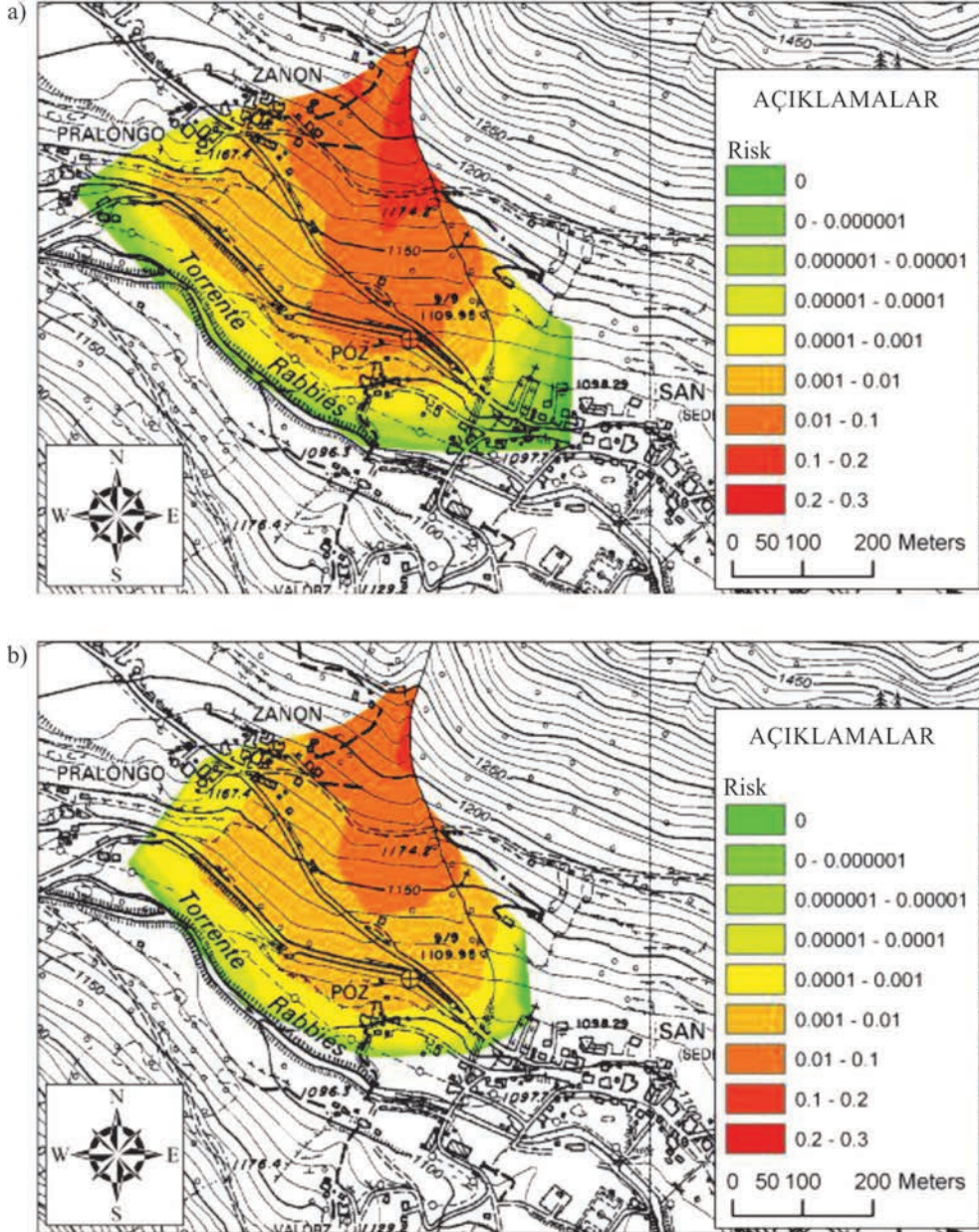
P(I_P/D_B)= İnsana etki olasılığı (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, risk altındaki binada yaşayan insanların ölümüne veya yaralanmasına yol açma olasılığı)

P(P_H/S_{VT})= İnsan bulunma olasılığı (belirli bir büyüklükteki ve türdeki bir çığın, meydana geldiği anda, risk altındaki binada yaşayan insanların bulunma olasılığı)

NP= Risk altında bulunan binada yaşayan insan sayısı

Şekil 2.22.'de anlatıldığı şekilde sayısal olarak yapılan çığ risk değerlendirmesine yönelik bir haritalama çalışması (Cappabianca vd., 2008), Şekil 2.23'de sunulmuştur.

Şekil 2.23. Trento (İtalya) bölgesi için üretilen çığ risk haritası: (a) binalar için ve (b) insanlar için (Cappabianca vd., 2008).



Risk değerlendirmesi, yukarıda değinildiği Şekilde sayısal (kantitatif) olarak hesaplanabildiği gibi, sayısal olmayan (kalitatif) olarak da değerlendirilebilir. Çoğunlukla ığ uzmanlarının deneyimleri doğrultusunda yapılan kalitatif bir risk değerlendirmesinde, sayısal risk değerlendirmesine benzer Şekilde, ığ tehlikesi ve çığ sonucunda meydana gelecek sonuçlar (hasar/zarar), birbirinden bağımsız olarak belirlenmektedir. Risk değerlendirmesi, uzun ve kısa dönem için tamamıyla tecrübeye dayalı bir Şekilde gerçekleştirilmektedir. Sayısal risk değerlendirmelerindeki olasılık değeri, kalitatif risk değerlendirmelerinde çığ uzmanının deneyimi dahilinde belirlendiği sayısal olmayan (düşük, orta, yüksek gibi)

kavramsal değerlere karşılık gelmektedir (Weir, 2002). ığ riski kalitatif olarak değerlendirilirken, uzman deneyim ve bilgisini kullanarak, temel mühendislik ilkeleri ve bölgesel/iklimsel özellikleri dikkate alarak bir değerlendirme/zonlama yapmaktadır. Bu yöntemde risk değeri, çığ oluşma sıklığı (olasılığı) ile çığ büyüklüğünün (tahmin edilen zarar/hasar) arpımına karşılık gelmektedir. Daha sonra, çığ uzmanının görüşleri doğrultusunda, **izelge 2.4** ile **izelge 2.6** arasında verilen değerlendirmeler dikkate alınarak, Kanada Ulusal ığ Standartları (McClung vd., 2002) doğrultusunda, bir bölgede kalitatif olarak çığ riski değerlendirmesi yapılabilir.

Çizelge 2.4. Kalitatif risk değerlendirmelerinde çığ olasılığı tahmini (Weir, 2002).

ığ Oluşma Olasılığı	Frekans (Dönemsel ığ Sayısı)	Yıllık ığ Frekansı
Çok Yüksek	< 3 yıl	1/1
Olası	3-30 yıl	1/10
Düşük	30-300 yıl	1/100

Çizelge 2.5. ığ büyüklüğü-kalitatif risk değerleri ilişkisi (Weir, 2002).

Frekans Aralığı (ığ olayı/yıl)	Ortalama Frekans (ığ olayı/yıl)	ığ Byklğlerine* Bağlı Risk Tanımlamaları		
		2	3	>3
>1-1/3	1/1	Orta	Yüksek	Yüksek
1/3-1/30	1/10	Düşük	Orta-Yüksek	Yüksek
1/30-1/300	1/100	Düşük	Düşük	Yüksek

* (bkz. Çizelge 2.6)

Çizelge 2.6. ığ byklğ sınıflaması (McClung ve Schaerer, 1981).

Frekans Aralığı (ığ olayı/yıl)	Ortalama Frekans (ığ olayı/yıl)	ığ Byklğlerine* Bağlı Risk Tanımlamaları		
		2	3	>3
>1-1/3	1/1	Orta	Yüksek	Yüksek
1/3-1/30	1/10	Düşük	Orta-Yüksek	Yüksek
1/30-1/300	1/100	Düşük	Düşük	Yüksek

Çizelge 2.6. ığ byklğ sınıflaması (McClung ve Schaerer, 1981).

ığ Olasılığı	Sonuç (Hasar/Zarar)	
	Yüksek	Düşük
Yüksek	Riskten kaçınılmalı veya risk azaltılmalı.	Gerekli güvenlik önlemleri alınmalı.
Düşük	Dikkatli olunmalı ve hasar/zarar azaltma çalışmaları yapılmalı.	Her zaman bir risk olduğu kabul edilmeli.

Sonuç olarak, çığ değerlendirmelerinde kullanılan birçok yöntem bulunmakta, bunların birbirlerine göre üstünlük ve sınırlamaları bulunmaktadır. Bu yöntemler ve bunlara temel teşkil eden parametreler üzerinde araştırmacıların üzerinde bir fikir birliğine ulaştıkları yöntem ve parametre grubundan söz edilememektedir. Haritalama türü ve yöntemi ne olursa olsun, sonuç çıktısının güvenilirliği veri kalitesi, diğer bir deyişle, envanter harita ve çığ özelliklerinin doğru belirlenmesine dayanmaktadır. Bu bilgiler, geçmiş çığ olaylarının değerlendirilmesinde kullanılacağı gibi, gelecekte meydana gelmesi olası çığ olaylarının modellenmesinde de temel oluşturacaktır. Ayrıca, duyarlılık, tehlike ve risk haritalarının

oluşturulması sonucunda, çığ olayına ilişkin zarar azaltma çalışmalarının en önemli aşaması geçilmiş olacaktır. Bu nedenle, diğer doğal afet değerlendirmelerinde olduğu gibi çığ değerlendirmelerinde de çıktı haritalarının güvenilirliğini doğruluğunu etkileyen envanter ve veri tabanının, çalıştığınız bölgede oluşturulması için, gereken hassasiyeti gösteriniz.





Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması

ÇİĞ TEMEL KILAVUZ



C

EKLER



1. KAR ÖRTÜSÜNÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

1.1 Birincil Fiziksel Özellikler

Kar örtüsünün birincil fiziksel özellikleri olarak adlandırılan özellikler mikroyapı, tane şekli ve büyüklüğü, kar yoğunluğu, sertliği ve sıcaklığı, sıvı su içeriği, kirlilikler ve tabaka kalınlığı bileşenlerinden oluşmaktadır. Birincil fiziksel özelliklerin birimleri ve simgeleri **Çizelge 3.1**'de gösterilmiş; bunlara ilişkin ayrıntılar aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Kar örtüsünün birincil fiziksel özellikleri (Fierz vd., 2009)

Özellik	Birim	Simge
Mikroyapı		
Tane şekli		F
Tane büyüklüğü	mm	E
Kar yoğunluğu	kg m ⁻³	ρ_s
Kar sertliği	ölçüm şekline bağlıdır	R
Sıvı su içeriği	hacim ya da kütle oranı	0w, LWC
Kar sıcaklığı	°C	Ts
Kirlenme	kütle oranı	J
Tabaka kalınlığı	cm	L

1.1.1 Mikroyapı

Kar örtüsünün başlıca fiziksel özellikleri arasında yer alan mikroyapı yapısal elementlerin boyut, biçim ve sayısının gösterdiği çeşitlilikten dolayı oldukça karmaşıktır. Kar örtüsünün mekanik, ısıl vb. özellikleri mikroyapı tarafından belirlenmektedir.

Günümüzde mikroyapının tanımlanmasına yönelik standart bir yöntem bulunmamakla birlikte UNESCO tarafından önerilen yaklaşım (Fierz vd., 2009; Kotlyakov, 1981) aşağıda belirtilen özelliklerin belirlenmesini içermektedir:

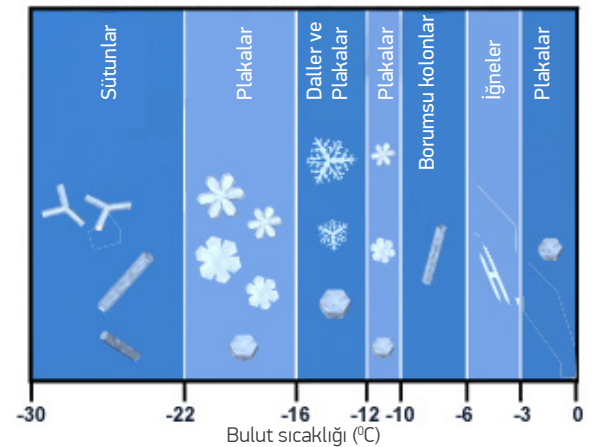
- yoğunluk** (simge: ρ , birim: kg m⁻³)
- gözeneklilik** (simge: ϕ , birim: -),
- özgül yüzey alanı** (simge: SSA, birim: m² kg⁻¹ ya da m² m⁻³),
- eğrilik** (simge: κ (ortalama), G (Gausiyan), birim: m⁻¹),
- dolambaçlılık**⁶ (simge: τ , birim: -) ve koordinasyon sayısıdır (simge: CN, birim: -1).

⁶ Dolambaçlılık: İng. Tortuosity.

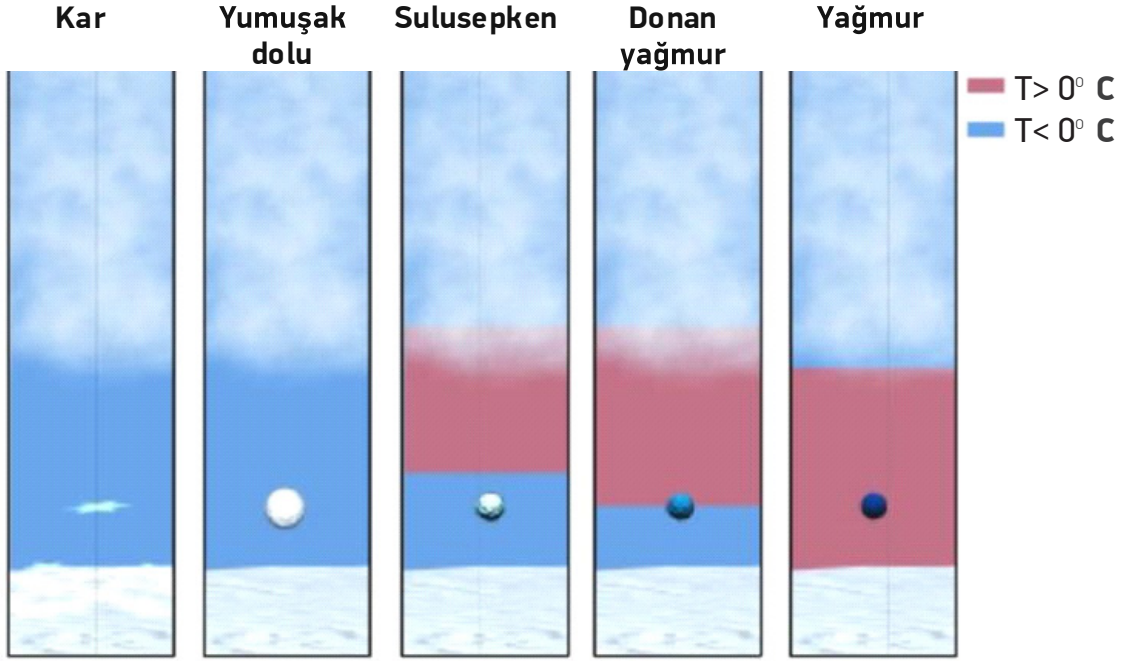
1.1.2 Tane Şekli (Simge: F)

Kar tanelerinin şekilleri başta yağış anı ve sonrasındaki sıcaklık olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir. Kar tanelerinin şekilleri ile yağış (bulut) sıcaklığı arasındaki ilişki **Şekil 3.1**'de, tipik bazı kar tanesi türleri ise **Şekil 3.2**'de gösterilmiştir.

Şekil 3.1 Kar tanesi şekli ile bulut sıcaklığı arasındaki ilişki.



Şekil 3.2 Yağış tiplerinin atmosfer sıcaklık profili ile ilişkisi



UNESCO sınıflamasına göre (Kotlyakov, 1981) kar taneleri şekil açısından 9 ana, 35 alt sınıfa ayrılmıştır. Tipik kar tanesi örneklerine ait fotoğraflar Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Ana sınıfları içeren morfolojik kar

tanesi şekil sınıfları, ilgili simge ve kodlarla birlikte Çizelge 3.2'de gösterilmiştir. Çizelge 3.3'te ise tüm morfolojik kar tanesi alt sınıfları ilgili kodlar ile birlikte gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Başlıca morfolojik kar tanesi şekli sınıfları (Fierz vd., 2009) ⁷

Sınıf	Simge	Kod
Yağış Partikülleri (Precipitation Particles)	+	PP
Makine Yapımı Kar (Machine Made Snow)	{	MM
Bozunan ve parçalanmış yağış partikülleri (Decomposing and Fragmented precipitation particles)	/	DF
Yuvarlatılmış Taneler (Rounded Grains)	⊕	RG
Yönlü Kristaller (Faceted Crystals)	□	FC
Derinlik Şeker Karı (Depth Hoar)	^	DH
Yüzey Şeker Karı (Surface Hoar)	v	SH
Erime Biçimleri (Melt Forms)	o	MF
Buz Oluşumları (Ice Formations)	■	IF

⁷ Çizelgedeki kodlar İngilizce sınıf adlarının baş harflerini temsil etmektedir. Bu nedenle, Türkçe sınıf adlarının altında bunların İngilizce karşılıkları da verilmiştir.

Çizelge 3.3: Kar tanesi şekillerine ilişkin sınıf ve alt sınıflar ile bunlara ait kodlar Kotlyakov, 1981.⁸

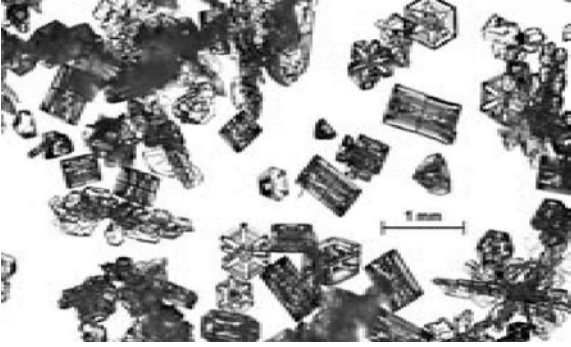
Sınıf	Alt sınıf	Kod
Yağış Partikülleri (Precipitation Particles)		PP
	Kolonlar (Columns)	PPco
	Yıldızlar, Dallar (Stellars, Dendrites)	PPsd
	Düzensiz Kristaller (Irregular crystals)	PPir
	Graupel (Graupel)	PPgp
	Dolu (Hail)	PPhl
	Buz boncukları (Ice pellets)	PPip
	Kırağı (Rime)	PPrm
Makine Yapımı (Machine Made)		MM
	Yuvarlak çokkristalli partiküller (Round polycrystalline particles)	MMrp
	Kırılmış buz partikülleri (Crushed ice particles)	MMci
Bozunan ve parçalanmış yağış partikülleri (Decomposing and Fragmented precipitation particles)		DF
	Kısmen bozunmuş yağış partikülleri (Partly decomposed precipitation particles /)	DFdc
	Rüzgarla kırılmış yağış partikülleri (Wind-broken precipitation particles / /)	DFbk
Yuvarlatılmış Taneler (Rounded Grains)		RG
	Küçük yuvarlatılmış taneler (Small rounded particles)	RGsr
	Büyük yuvarlatılmış taneler (Large rounded particles)	RGlr
	Rüzgarla istislenmiş (Wind packed)	RGwp
	Yönlendirilmiş yuvarlatılmış partiküller (Faceted rounded particles)	RGxf
Yönlendirilmiş Kristaller (Faceted Crystals)		FC
	Katı yönlendirilmiş partiküller (Solid faceted particles)	FCso
	Yüzeğe yakın yönlendirilmiş partiküller (Near surface faceted particles)	FCsf
	Yuvarlaklaşmış, yüzeğe yakın partiküller (Rounding faceted particles)	FCxr

⁸ Çizelgedeki kodlar İngilizce sınıf adlarının baş harflerini temsil etmektedir. Bu nedenle, Türkçe sınıf adlarının altında bunların İngilizce karşılıkları da verilmiştir.

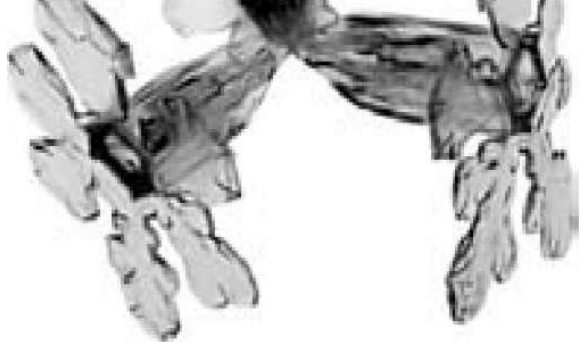
Çizelge 3.3 Kar tanesi şekillerine ilişkin sınıf ve altsınıflar ile bunlara ait kodlar.

Sınıf	Altsınıf	Kod
Derinlik Şeker Karı (Depth Hoar)		DH
	Delik Fincanlar (Hollow cups)	DHcp
	Delik prizmalar (Hollow prisms)	DHpr
	Derinlik Şeker Karı zincirleri (Chains of depth hoar)	DHch
	Büyük çizgili kristaller (Large striated crystals)	DHla
	Yuvarlaklaşmış derin Şeker Karı (Rounding depth hoar)	DHxr
Yüzey Şeker Karı (Surface Hoar)		SH
	Yüzey Şeker Karı kristalleri (Surface hoar crystals)	SHsu
	Delik ya da çatlak Şeker Karı (Cavity or crevasse hoar)	SHcv
	Yuvarlaklaşmış yüzey Şeker Karı (Rounding surface hoar)	SHxr
Erime Biçimleri (Melt Forms)		MF
	Öbekleşmiş yuvarlaklaşmış taneler (Clustered rounded grains)	MFcl
	Yuvarlaklaşmış çoklukristaller (Rounded polycrystals)	MFpc
	Sulu kar (Slush)	MFsl
	Eriyip-donmuş kabuk (Melt-freeze crust)	MFcr
Buz Oluşumları (Ice Formations)		IF
	Buz tabakası (Ice layer)	IFil
	Buz kolonu (Ice column)	IFic
	Taban buzu (Basal ice)	IFbi
	Yağmur kabuğu (Rain crust)	IFrc
	Güneş kabuğu (Sun crust)	IFsc

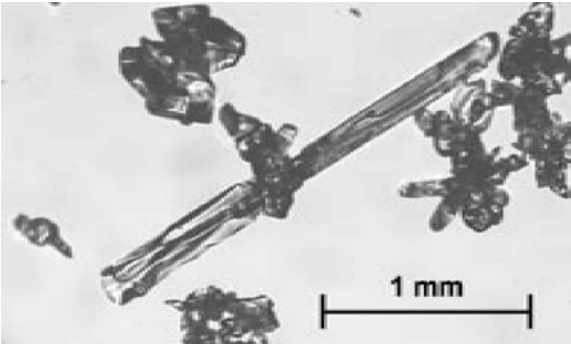
Şekil 3.3 Bazı kar tanesi şekillerine ait görüntüler (Kotlyakov, 1981)



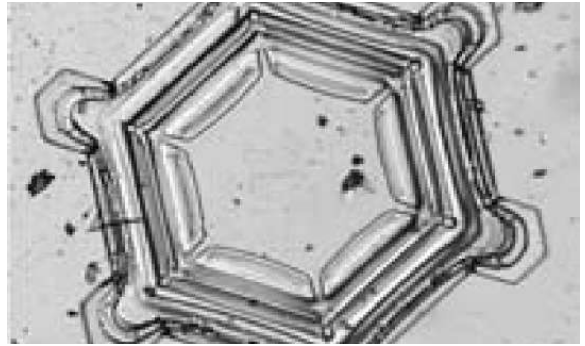
Tane şekli: PPco (kolonlar)



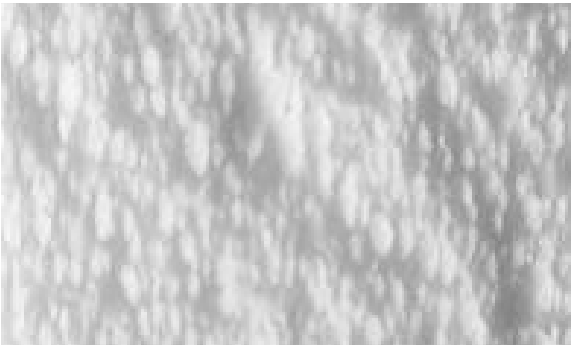
Tane şekli: PPco (kolonlar), PPpl (plakalar)



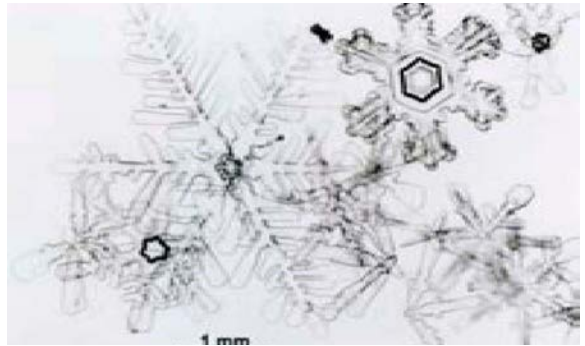
Tane şekli: PPnd (iğneler)



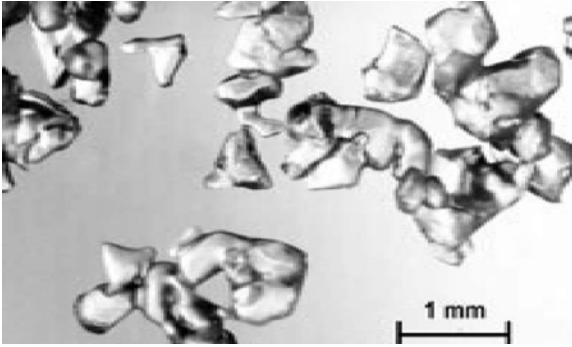
Tane şekli: PPpl (plakalar)



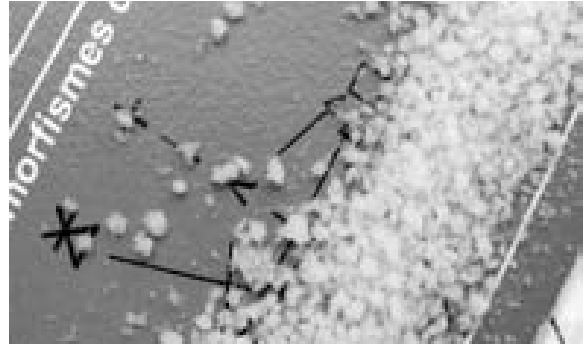
Tane şekli: PPip (boncuklar)



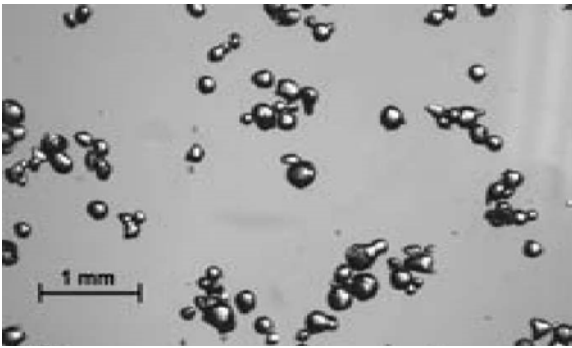
Tane şekli: PPsd (yıldızlar, dallar)



Tane şekli: FCxr (Yuvarlatılmış yönlendirilmiş taneler)



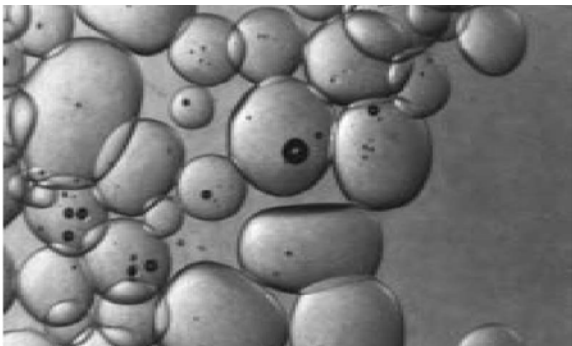
Tane şekli: PPgp (Graupel)



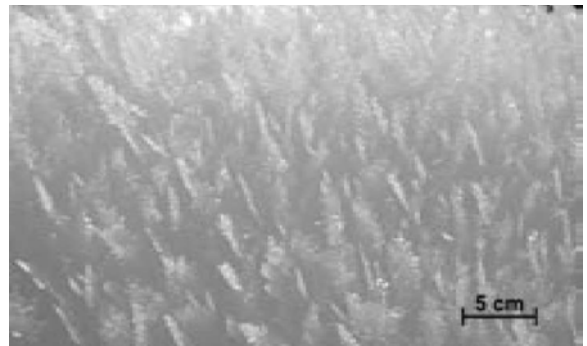
Tane şekli: MMrp (Yuvarlatılmış polikristalin partiküller)



Tane şekli: RGxf (Yönlendirilmiş, yuvarlatılmış partiküller)



Tane şekli: MFsl (Sulu kar)



Tane şekli: SHsu (Yüzey Şeker Karı kristalleri)

1.1.3 Tane Büyüklüğü (Simge: E)

Kar tanesinin (grain) ya da taneciğinin (particle) büyüklüğü onun en büyük uzanımının mm birimindeki ifadesidir. Kar tabakası fiziksel özelliklerinden birisi olan Tane Büyüklüğü ortalama kar tanesi/taneciği büyüklüğünü ifade etmek için kullanılmaktadır. Bazı durumlarda Tane Büyüklüğü'nü ifade etmek için Çizelge 3.4'te gösterilen terimlerin (örn. çok ince, ince vb) kullanılması da tercih edilebilmektedir. Tane büyüklüğü kar tabakasının bir özelliği olup, tane şekli ya da bi çimi ile ilgili değildir.

Tane Büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla sahada uygulanan en basit yaklaşım milimetrik karelere bölünmüş plastik ya da cam lamel (kristal kartı) üzerine bir miktar kar örneği alıp, tane büyüklüklerinin kart üzerindeki milimetrik ölçekten hareketle tahmin edilmesini içermektedir.

Çizelge 3.4 Tane büyüklüğü (Fierz vd., 2009)

Terim	Boyut (mm)
çok ince	< 0.2
ince	0.2-0.5
orta	0.5-1.0
kaba	1.0-2.0
çok kaba	2.0-5.0
aşırı kaba	> 5.0

1.1.4 Kar Yoğunluğu (Simge: ps)

Kar yoğunluğu birim kar hacminin kütesidir (kg m^{-3}) ve belirli bir hacimdeki karın tartılması yoluyla sahada belirlenir. Bu amaçla genellikle 500 cm^3 hacimli kar örnekleme tüpü kullanılır. Kar tabakası içine yatay biçimde sokularak örneklenen kar miktarının ağırlığı el kantarı ile g biriminde belirlenir. Ölçülen ağırlığın örnek hacmine oranı toplam kar yoğunluğunu verir. Bazı

durumlarda toplam ve kuru kar yoğunluklarının ayrı ayrı ölçülmesi de gerekebilir. Toplam kar yoğunluğu buz, sıvı su ve hava gibi karı oluşturan tüm bileşenleri içeren bir özelliktir. Kuru kar yoğunluğunda ise yalnızca buz matris ve hava boşlukları dikkate alınır. Kar yoğunluğu sahada karın dielektrik özelliklerinin ölçülmesi yoluyla da belirlenebilmektedir (Denoth, 1989; Mätzler, 1996).

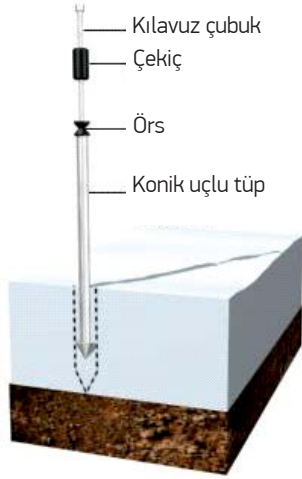
1.1.5 Kar Sertliği (Simge: R)

Karın sertliği herhangi bir cismin içine girmesine karşı gösterdiği dirençtir. Kar sertliği ölçümleri ölçümü uygulayan kişiye ve araca göre değişen bağıl indeks değerler üretirler. Yaygın olarak kullanılan ve genel kabul gören ölçüm araçlarında birisi İsviçre Batmaölçeridir (Swiss Rammsonde). Bu batmaölçer⁹ 1 m uzunluğunda alüminyum bir boru ve bunun alt ucunda bulunan taban çapı 4 cm olan, 60°'lik konik başlıktan oluşur (**Şekil 3.4**). Ağırlığı 10 N m^{-1} olan batmaölçer

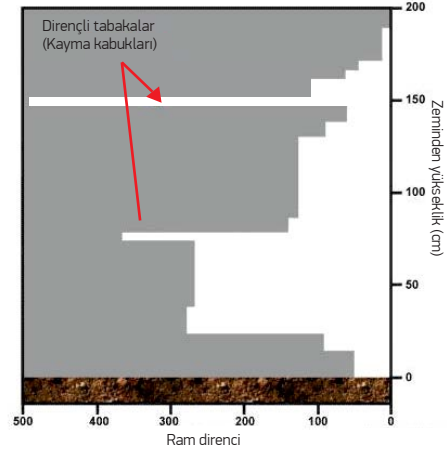
seti alüminyum boruyu kılavuz olarak kullanılan 10 N ağırlığındaki bir çekicinin sabit yükseklikten serbest bırakılması yoluyla kar örtüsüne "çakılır". Ağırlık hep aynı yükseklikten bırakıldığı için darbe şiddeti sabittir. Çakma darbe şiddeti hep aynı olduğundan batmaölçerin kar içine girme miktarı kar sertliğinin yaklaşık bir göstergesini oluşturur (**Şekil 3.5**). İsviçre Batmaölçeri ile üretilen saha verilerinin kar sertliğine dönüştürülmesi için benzer büyüklükte değerler üreten çeşitli eşitlikler kullanılmaktadır.

⁹ Batmaölçer: İngilizce penetrometer, Almanca rammsonde karşılığı olarak kullanılmıştır.

Şekil 3.4 Kar sertliğinin belirlenmesinde kullanılan Ram batmaölçeri







Şekil 3.5 Kar örtüsü boyunca Ram batmaölçeri ile belirlenmiş Ram direnci değişimi



Kar sertliğinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer yaklaşım el testidir (Fierz vd., 2009). Bu testte, yüzey alanı bir yumruktan çakı bıçağının ucuna değin küçülen nesnelere kullanılmaktadır (Çizelge 3.5). Yaklaşık olarak 10 – 15 N düzeyindeki bir kuvvetle kar tabakasında deformasyon oluşturan nesneden hareketle kar sertliği niteliksel biçimde belirlenmektedir. El testini uygulayan

kişilerin yumruk ve parmak alanları ile uyguladıkları batırma kuvvetlerinin standart olmamasından dolayı bu yaklaşımla gerçekleştirilen ölçümler hemen her zaman niteliksel büyüklükler olarak kabul edilmektedir (Şekil 3.6).

Şekil 3.6 El Testinde kullanılan araçlar.

Çok yumuşak	Yumruk (İng. fist, F)	
Yumuşak	4 parmak (İng. 4 fingers, 4F)	
Orta	1 parmak (İng. 1 finger, 1F)	
Sert	Kalem (İng. pencil, P)	
Çok sert	Çakı (İng. knife, K)	

Çizelge 3.5 El Testi kar örtüsü sertliği aralıkları (Fierz vd., 2009).

Terim	El Testi*			Ram direnci (Swiss rammsonde) (N)		Simge
	El Testi İndisi	Nesne	Kod	Aralık	Ortalama	
Çok yumuşak	1	yumruk	F	0-50	20	
Yumuşak	2	4 parmak	4F	50-175	100	/
Orta	3	1 parmak	1F	175-390	250	X
Sert	4	kurşun kalem ucu	P	390-715	500	4
Çok sert	5	çakı bıçağı	K	715-1200	1000	5
Buz	6	buz	I	> 1200	> 1200	■

Not: Yumruk ve parmak testlerinde kullanılan "el" eldiven içindedir.

1.1.6 Sıvı Su İçeriği (Simge: LWC)

Karın sıvı su içeriği "karın su eşdeğeri" ile karıştırılmaması gereken bir özelliktir. Karın sıvı su içeriği karın erimesinden, üzerine düşen yağmurdan ya da her ikisinden kaynaklanabilmektedir. Öte yandan, kar su eşdeğeri ise belirli bir hacimdeki karın eritilmesi sonucu oluşan su hacminin, kar hacmine oranı olup % şeklinde ifade edilir.

Karın sıvı su içeriği sıcak kalorimetrisi soğuk kalorimetrisi, alkol kalorimetrisi ve dielektrik yöntemler gibi çeşitli yaklaşımlarla belirlenebilmektedir (Fierz vd., 2009). Hacimsel oran olarak sıvı su içeriğine dayalı bir kar sıvı su içeriği sınıflaması **Çizelge 3.6**'da sunulmuştur.

Çizelge 3.6 Karın sıvı su içeriğine dayalı sınıflama (Fierz vd., 2009)

Terim	Islaklık İndisi	Kod	Tanım	Yaklaşık (%)	Hacim Yüzdesi	Simge
				aralık	ortalama	
Kuru dry	1	D	Çoğunlukla Ts 0°C'nin altında iken gözlenirse de kuru kar 0°C'ye değin her sıcaklıkta gözlenebilir. Dağınık taneler kartopu gibi sıkıştırıldığında çok az kaynaşma eğilimi gösterir.	0	0	
Nemli moist	2	M	Ts = 0°C'de gözlenir. Su 10 x büyültmede bile görülemez. Hafifçe oğuşturulduğunda kar taneleri farklı bir birleşme eğilimi gösterir.	0-3	1.5	1
Islak wet	3	W	Ts = 0°C'de gözlenir. Suyun taneler arasında oluşturduğu menisküs 10 x büyültmede görülebilir. Hafifçe sıkıldığında karın suyu çıkmaz.	3-8	5.5	8
çok ıslak very wet	4	V	Ts = 0°C'de gözlenir. Hafifçe sıkıldığında karın suyu çıkarsa da önemli miktarda su kar içinde kalır.	8-15	11.5	9
Suya doymuş saturated	5	S	Ts = 0°C'de gözlenir. Kar suya doygundur. Hacminin % 20 ila 40'ı kadar su içerir..	>15	>15	0

1.1.7 Kar Sıcaklığı (Simge: Ts)

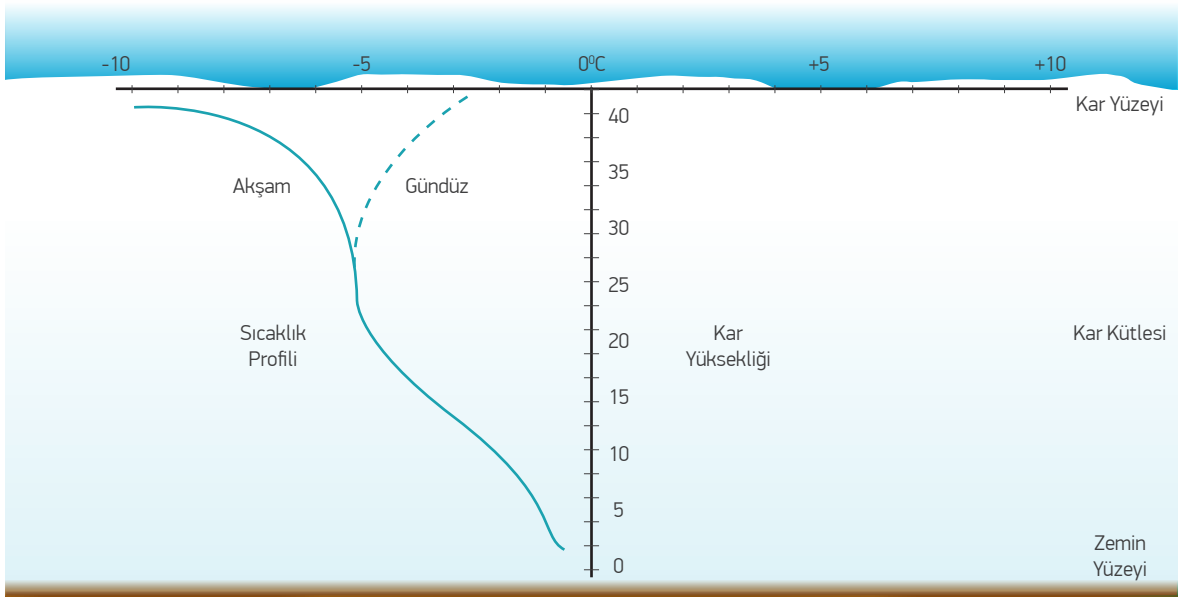
Kar sıcaklığı santigrad derece (°C) olarak ölçülen sıcaklıktır. Bu kapsamda çeşitli ölçümler gerçekleştirilmekte olup, bunlardan başlıcaları şunlardır:

- Ts(H): Zeminden H cm yükseklikteki kar sıcaklığı.
- Ts(-H): Kar yüzeyinden H cm derindeki kar sıcaklığı.
- Tss: Kar yüzeyi sıcaklığı.
- Ta: Kar yüzeyinden 1.5 m yükseklikteki hava sıcaklığı.
- Tg: Kar örtüsünün üzerinde bulunduğu zemin sıcaklığı.

Kar örtüsü sıcaklık ölçümlerinin amacı örtü boyunca sıcaklık gradyanının (değişiminin) belirlenmesidir.

Bu veriden hareketle –diğer bilgiler de kullanılarak– örtünün duraylılığı hakkında değerlendirme yapılır. Kar örtüsünün sıcaklığı, el sıcaklığından etkilenmeyecek biçimde ve gölgede ölçülür. Bu amaçla, kar örtüsü içindeki belirli derinliklerde termometre kar tabakası içine sokularak sıcaklığın dengeli konuma gelmesi beklenir. Genel olarak kar örtüsünün taban sıcaklığı donma noktası dolayındadır. Dış atmosferdeki sıcaklığa bağlı olarak örtü sıcaklığı tabandan yüzeye doğru bir azalma eğilimi sergiler. Yüzeye yakın kesimlerde kar sıcaklığı gündüz-gece hava sıcaklıklarına bağlı salınım gösterebilir (**Şekil 3.7**). Gündüz gerçekleşen güneşlenme örtünün üst kısmında, 15 ila 30 cm'lik bölümde etkili olur. Gece ise kar yüzeyinden kaynaklanan kızılötesi radyasyon yüzeyin bir kaç mm'lik bölümünün soğumasına neden olur.

Şekil 3.7 Kar örtüsüne ait tipik bir sıcaklık profili



1.1.8 Kirlilikler (Simge: J)

Zaman zaman karın fiziksel özelliklerini etkileyebilen kar içindeki başlıca kirlilikler (impurites) genellikle hava akımları ile taşınan, bazen de yakın çevreden türeyen toz, kum, is, asit, organik ve çözünebilir kimyasallardan oluşmaktadır. Kum ve toz gibi safsızlıkların miktarı tartım yoluyla belirlenebilirken, kimyasal safsızlık miktarının belirlenmesi için laboratuvar analizleri

gerekmektedir. Karın içerdiği safsızlık miktarı % ya da ppm birimlerinde ifade edilmektedir. Kar üzerindeki safsızlıklar güneşten gelen radyasyonu bünyelerine alıp çoğunlukla karın daha hızlı erimesine neden olurlar.

1.1.9 Tabaka Kalınlığı (Simge: L)

Kar tabakası ve kar örtüsü terimleri karıştırılmamalıdır. Kar örtüsü (snowpack ya da snow cover) zemin ile kar yüzeyi arasında kalan tüm kar tabakalarından (layer) oluşan kar örtüsünü kapsar. Farklı kar yağışları sonucu oluşan kar ve farklı özelliklere sahip tabakaların (layer) toplamı kar örtüsünü oluşturur. Kar tabakası kalınlığı kar örtüsünü mevcut duraylılığının tanımlanması

açısından önem taşıyan bir parametredir. Kar tabakası kalınlığı genellikle şakül doğrultusunda ölçülür ve cm biriminde ifade edilir. Tabaka kalınlığının zemine (yamaca) dik (İng. perpendicular) doğrultuda ölçülmesi durumunda ölçülen değer L_p simgesi ile gösterilir.



1.2. İkincil Fiziksel Özellikler

Kar örtüsünün mevcut durumunun tanımlanması açısından önem taşıyan ikincil fiziksel özellikler **Çizelge 3.7'**de gösterilmiş olup, bu özelliklerin belirlenmesine yönelik ölçüm ayrıntıları çeşitli yayınlarda verilmiştir (örğ. Fierz vd., 2009).

Çizelge 3.7 Kar örtüsünün ikincil fiziksel özellikleri (Fierz vd., 2009)

Özellik	Birim	Simge
Kar Örtüsü Yüksekliği (şakül doğrultusunda ölçülür) (Height (vertical coordinate))	cm	H
Kar Örtüsü Kalınlığı (yamaca dik ölçülür) (Thickness (slope - perpendicular coordinate))	cm	D
Kar Su Eşdeğeri (Snow water equivalent)	mm w.e. *, kg m-	SWE
Karın Su Eşdeğeri (Water equivalent of snowfall)	mm w.e. *, kg m-	HNW
Kar Dayanımı (Snow strength (compressive, tensile, shear))	Pa	S
Kar Yüzeyine Batabilirlik (Penetrability of snow surface)	cm	P
Yüzey Özellikleri (Surface features)	cm	SF
Karla Kaplı Alan (Snow covered area)	1, %	SCA
Yamaç Eğimi (Slope angle)	°	4>
Yamaç Bakışı (Aspect of slope)	°	AS

2. KAR ÖRTÜSÜNÜN DURAYLILIĞI

Belirli bir bölgede, yakın gelecekte çığ oluşma olasılığının öngörülmesi

(i) temel kar örtüsü duraylılığı göstergelerinin değerlendirilmesi,

ii) mevcut hava durumunun değerlendirilmesi,

iii) gelecekteki hava durumunun öngörülmesi ve

iv) çığ hava durumunun tahmin edilmesi aşamalarını içermektedir.

Anılan tahmin süreci aşamalarından son ikisi meteorologların uzmanlık alanı içinde bulunmaktadır. Tahmin sürecinin ilk aşaması aşağıda, ikinci aşaması ise takip eden başlık altında (3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ) açıklanmıştır. Kar örtüsü duraylılığı (stabilitesi) saha da gerçekleştirilen çeşitli duraylılık testleri ve kar profili gözlemleri ile değerlendirilmektedir.

Kar örtüsünün stabilitesinin arazide belirlenmesi amacıyla çeşitli test teknikleri geliştirilmiş olup, bunların başlıcaları şunlardır:

- Kayan-blok (Rutschblock) testi
- Kürek kesme (shovel shear) testi
- Ram profili testi
- Kesme çerçevesi (shear frame) testi
- Sıkışma (compression) testi
- Derin tokatlama (deep tap) testi

Anılan dayanım testlerinin birbirlerine göre güçlü ve zayıf yanları bulunmakta olup, hiç birisi tek başına kar örtüsünün dayanımı hakkında güvenilir sonuçlar üretmemektedir. Kar örtüsünün dayanımı konusunda güvenilir sonuçlara ancak kazılan kar çukurundan elde edilen çok sayıda gözlemlerle ulaşılabilmektedir. Kayan-blok ve kürek kesme testlerine ilişkin ayrıntılar aşağıda sunulmuştur.

2.1. Kayan-Blok Testi

Kayan-blok (Rutschblock) testi kar dayanımının belirlenmesi için 1960'lı yıllarda İsviçre'de uygulanmaya başlayan en eski test yaklaşımlarından birisidir. Testin amacı, temsil edici kar örtüsünün üzerine uygulanan ek yükü nasıl tepki verdiğinin belirlenmesidir. Kayan-blok testi oldukça kaba bir test olup en zayıf noktası elde edilen sonuçların standart olmamasıdır. Kar dayanımının belirlenmesine yönelik batmaölçer ve kesme çerçevesi gibi testlerden niceliksel ve kıyaslanabilir sonuçlar elde edilebilmektedir.

Kayan-blok testinin yapılacağı yerde kar örtüsü bulunmamış olmalı, test yeri çığ olasılığının öngörüleceği alana benzer özellikler taşımalıdır. Test için kar küreği ile yaklaşık 5 mm kalınlığında ve yaklaşık 5 m uzunluğunda ip gereklidir. İp üzerine yaklaşık her 20 cm'de bir düğüm atılarak bir tür kar testeresi yapılır. Test kabaca yamaç eğimine paralel yönde 2 m boyunda, yamaç eğimine dik yönde ise 1.5 m enindeki kar örtüsü üzerinde uygulanır. Kar örtüsünün alt ve yan kenarları düzgün duvarlar oluşacak biçimde kar küreği ile kabaca 1 m derinliğe kadar kazılır. Kazı derinliği, derinlik sırasında

karşılaşılan zayıf tabakaların konumuna göre değiştirilebilir. Kar bloğunun yamaç yukarı kenarı ip testere kullanılarak istenilen derinliğe kadar kesilir. Kesim işleminde paleti çıkartılmış kayak batonu, kayak ya da metal kar testeresi de kullanılabilir. Test bloğu iki kişi tarafından yaklaşık 20 dakikada hazırlanabilmektedir.

Test bloğunun hazırlanmasından sonra kayakçı yamaç üstü kesimden önce ilk kayağı ile yamaca paralel olacak biçimde blok üstüne adım atar; daha sonra ikinci kayak da ilkinin paralel olacak biçimde blok üstüne taşınır (Şekil 3.8). Gerek kar örtüsü test bloğunun kazılması ve gerekse kayakçının müdahalesi sırasındaki blok davranışlarına bakılarak örtünün dayanımı belirlenir (Çizelge 3.8). Kayan-blok testi yüklemeleri sonucunda oluşan yenilme büyüklükleri de **Çizelge 3.9**'da belirtilen ölçütlere göre belirlenmektedir.

Kayan-blok testi uygulanması kolay olmakla birlikte diğer test sonuçları ve kar çukuru gözlemleri ile desteklenmeksizin güvenilir sonuçlar üretmemektedir. Bu test kar örtüsünün kayak yüklemesinden etkilenebile-

cek üst 20 cm'lik bölümündeki duraysızlıkların belirlenmesinde etkili olup daha derin kesimler hakkında bilgi üretmemektedir. Kayan-blok testleri çığ patikalarının kopma noktalarında daha güvenilir sonuçlar üretmek-

tedir. Test sonuçlarının güvenilirliği konusundaki belirsizliklerden dolayı olası çığ yamacı ile test yamacı arasındaki eğim farkının herbir 10 derecesi için test sonucu bir kademe arttırılmaktadır.

Şekil 3.8 Kayan-blok testi sırasında kayakçının konumu



Çizelge 3.8 Kayan-blok testi yükleme ölçütleri

Kod	Belirgin Yenilme Çatlağı Oluşturan Yükleme Adımı
RB1	Blok kesilme, kazılma ya da çevreden izole edilme sürecinin herhangi bir anında kayar.
RB2	Testi yapanın üst kenarın ilk 35 cm'lik kısmı içine yavaşça basması ile kayma gerçekleşir.
RB3	Testi yapan dik dururken, zıplamaksızın dizleri bükülecek şekilde bloka yüklenmesi ile kayma gerçekleşir.
RB4	Testi yapanın bulunduğu yerde zıplaması sonucu bloğun kayması.
RB5	Testi yapanın bulunduğu yerde tekrar zıplaması sonucu bloğun kayması.
RB6	Sert ve kalın tabakalarda kayakları çıkartıp aynı yerde tekrar zıplaması ya da yumuşak ya da ince tabakalarda tabakanın tüm derinliği boyunca zıplaması ile kayma oluşması. Veya kayak ekipmanı çıkartılmaksızın, üst kenardan 70 cm kadar aşağıda kara yüklenilmesi ve üç kez zıplaması sonucunda bloğun kayması.
RB7	Yukarıdaki adımlardan hiçbirisinin yamaca paralel çatlak oluşturamaması.

Çizelge 3.9 Kayan-blok testi yenilme büyüklüğü ölçütleri

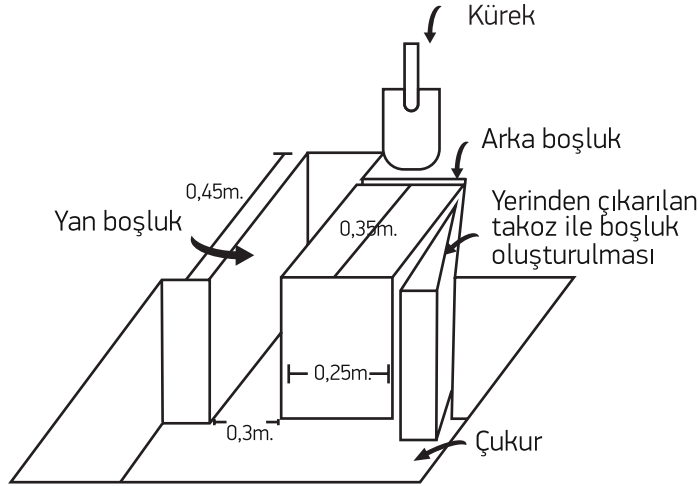
Kod	Terim	Yenilme Büyüklüğü
WB	Bütün Blok (Whole block)	Bloğun % 90 – 100'ü.
MB	Bloğun çoğunluğu (Most of block)	Bloğun %50 – 80'i.
EB	Bloğun kenarı (Edge of block)	Bloğun % 10 – 40'i.

2.2 Kürek Kesme Testi

Kürek kesme testinde öncelikle dayanımı hakkında bilgi edinilmek istenen yamacı temsil eden, kar örtüsünün bozulmadığı bir yer seçilerek **Şekil 3.9**'da gösterilen ölçülerde bir kar çukuru kazılır. Testin uygulanacağı kar kolonunun eni 25 cm, boyu 35 cm olup, derinliği kürek boyuna bağlı olmakla birlikte 70 cm'yi geçmemelidir. Kar kolonunun yan ve yamaç aşağı kenarlarında testin rahat uygulanabilmesi için en az 30 cm boşluk bırakılır. Kolonun yamaç yukarı bölümü ise kar küreğinin sığabileceği kadar açılır. Kar küreği 25 cm eninde,

40 cm boyunda, düz yüzeyli bir dikdörtgen şeklindedir. Kar kolonu hazırlandıktan sonra kürek yamaç yukarı bölümden -küreğin üst kenarı ile kar kolonu yüzeyi aynı seviyede olacak biçimde- kar kolonunun tabanına doğru itilir. Küreğin sapı iki elle tutularak kar kolonu yamaç aşağı yöne doğru çekilir. Çekme işlemi sırasında **Çizelge 3.10**'da belirtilen düzeylerdeki baskı kademeli olarak uygulanarak kolonun yüzeyinde çatlama oluşup oluşmadığı gözlenir.

Şekil 3.9 Kürek kesme testi uygulanan kar kolonunun ölçüleri



Çizelge 3.10 Kürek kesme testi yenilme büyüklüğü ölçütleri

Terim	Tanım	Eşdeğer Kesme Dayanımı (Pa = N/m ²)	Kod
Çok kolay	Bloğun kesilmesi ya da küreğin sokulması sırasında oluşan çatlaklar.	< 100	STV
Kolay	Minimum baskı ile oluşan çatlaklar.	100 - 1000	STE
Orta	Orta düzeydeki baskı ile oluşan çatlaklar.	1000 - 2500	STM
Sert	Kuvvetli ve sürekli baskı ile oluşan çatlaklar.	2500 - 4000	STH
Çatlak yok	Kesme çatlakları oluşumu gözlenmedi.		STN

Not: Kodun ilk iki harfi İngilizce Shovel Test sözcüklerinin ilk harfleridir. Son harf yenilme büyüklüğü ölçütünü tanımlayan ilk harfidir (V: very easy; E: easy; M: moderate; H: hard; N: No fracture).

2.3. Kar Profili

Kar profili gözlemleri kar örtüsü içindeki zayıf ve dayanımlı tabakaları, tabakalar arasındaki zayıf ara yüzeylerin bağlı dayanımlarını, profil boyunca kar sıcaklığının, karın başkalaşım durumunun ve çığ potansiyeli taşıyan tabaka(lar) kalınlığının belirlenmesi ve görsel sunumu gibi amaçlarla gerçekleştirilir.

Kar profilinin belirlenmesi için potansiyel çığ alanı açısından temsil edici olduğu düşünülen güvenli bir alanda kar çukuru kazılır. Profil alımında gerekli başlıca ekipman arasında Ram batmaölçeri, kar küreği ve testeresi, kar termometresi, şerit metre, lup, kristal ağı (crystal screen), kar yoğunluğu ölçüm kutusu ve el kantarı, pusula, altimetre, eğim ölçer, GPS, yedek kar termometresi, fotoğraf makinası, kayıt defteri, kalem, eldiven vb bulunur.

Gözlemin yapılacağı kar çukurunun boyutları konusunda bir standart yoktur. Amaç, örtü boyunca kar yüzeyinin gözlenmesidir. Bununla birlikte kar dayanımına ilişkin testler (örğ. Kayan-blok testi) gerçekleştirilecek

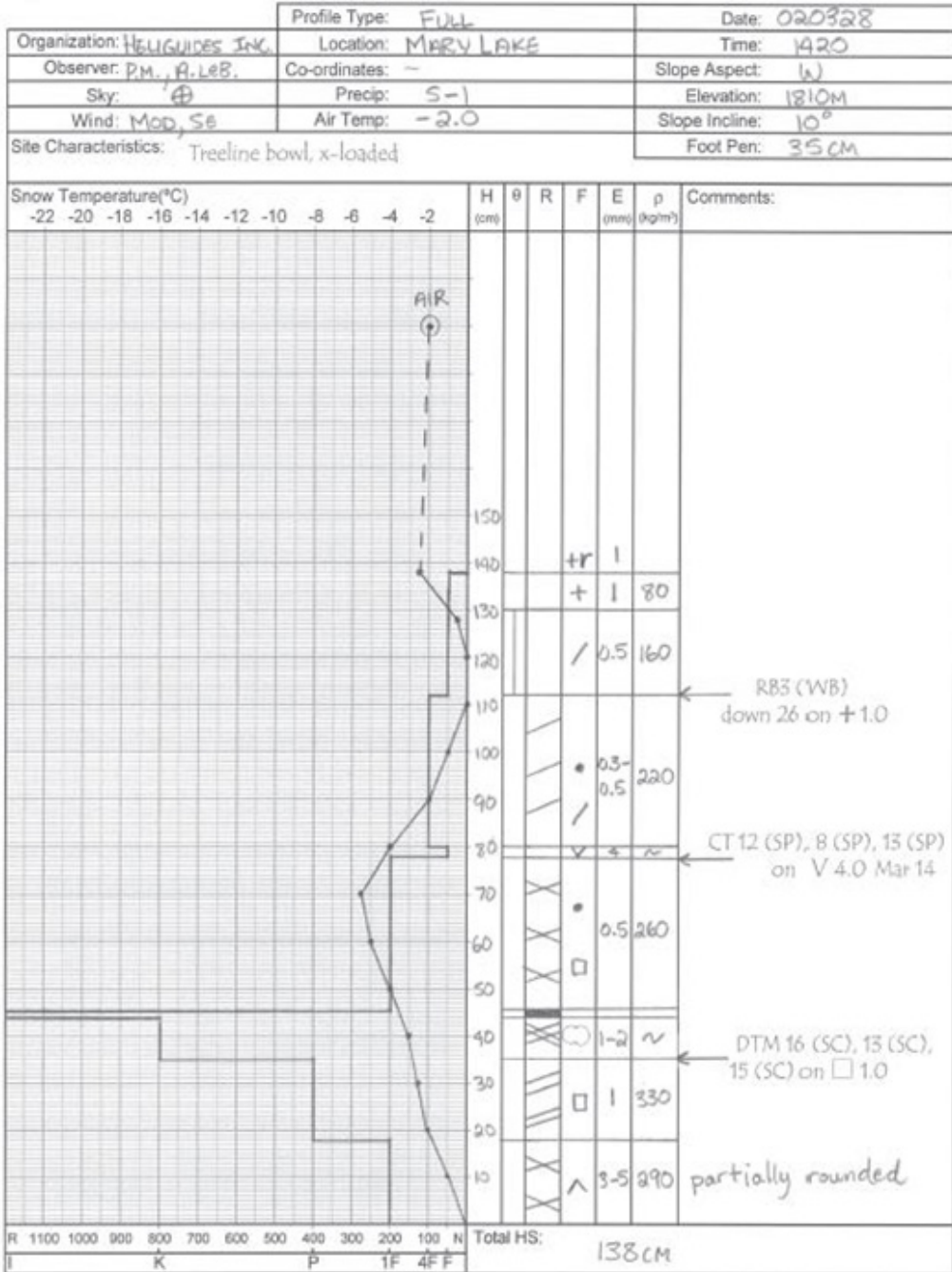
ise çukurun bu durum dikkate alınarak hazırlanması gerekir. Kazı işlemi kar derinliğine bağlı kazılacak kar miktarı ve rahat kazabilme gibi etkenler dikkate alınarak gerçekleştirilir. İncelenecek kar derinliği 2 m'den fazla ise öncelikle ilk 1.5 m'lik bölümde çalışılır; çukur daha sonra derinleştirilir.

Kar örtüsü profil gözlemleri amaca uygun formlara işlenebilirse de **Şekil 3.10**'da gösterilene benzer kayıt formları özellikle verilerin hızlı yorumlanması açısından daha kullanışlıdır. Yer darlığı ve kodlama kolaylığı açısından pek çok gözlem, form üzerinde simgeler ve kısaltmalar aracılığı ile gösterilir. Gözlem formuna profil yeri, tarihi, zamanı, profili alan(lar) gibi bilgilerin yanı sıra coğrafi konum, kot, eğim ve bakı gibi coğrafi bilgiler ile kara batabilirlik gibi basit gözlemler de işlenir. Gözlem formunda hava durumuna ilişkin bilgilere de (hava sıcaklığı, gökyüzü durumu, yağış ve rüzgar vb) yer verilir.





Şekil 3.10 Sahada çizilmiş tipik bir kar profili (Greene vd., 2010).



Tipik bir kar örtüsü profiline derinlik boyunca sistematik olarak şu bilgiler işlenmektedir.

- Kar tabakasının zeminden yüksekliği (H)
- Kar sıcaklığı (T)
- Kar sertliği (R)
- Sıvı su içeriği (LWC, Θ)
- Kar sertliği (R)
- Tane şekli (F)
- Tane büyüklüğü (E)
- Kar Yoğunluğu (ρ)
- Kar dayanım testi değerleri

Profilin sağ kısmında yer alan Açıklamalar bölümünde ise uygulanan dayanım testi sonuçları ve önemli görülen diğer gözlemler gösterilmektedir.

Profilin soldaki grafiksel bölümünde ilk satır kar sıcaklığı eksenini oluşturmaktadır. Grafiksel bölümün altında ise N biriminde Ram batmaölçer testi ölçeği ve bunun altında ise EL (sertlik) testi ölçeği (F: yumruk, 4F: dört parmak, F: bir parmak, P: kurşun kalem ucu, K: çakı ucu, I: buz) yer almaktadır.

Profile işlenen bilgilerin nasıl ölçüldükleri aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Kar tabakasının zeminden yüksekliği (H): Kar çukuru içinde belirlenen farklı kar tabakalarının alt ve üst sınırları çukur tabanından yüzeye doğru şerit metre ile ölçülür.

Kar sıcaklığı (T): Tabandan itibaren her 10 cm'lik yükseklik için sayısal ya da analog termometre ile 0.1 °C hassaslıkla ölçülür. Termometre kar içine sokularak bir dakika beklenir. Kar yüzey sıcaklığı ölçümü için termometre ısıl dengeye gelinceye kadar kar yüzeyinde yatay konumda bekletilir. Tüm sıcaklık ölçümleri gölgede gerçekleştirilir.

Sıvı su içeriği (LWC, Θ): Her bir kar tabakasına ait sıvı su içeriği Başlık 1.1.6'da açıklanan biçimde belirlenir.

Kar sertliği (R): Her bir kar tabakasına ait sıvı su içeriği Başlık 1.1.5'te açıklanan biçimde EL testi ile belirlenir. Sonuçlar grafiksel bölümün altındaki ölçek kullanılarak çubuk grafik şeklinde formun grafik bölümüne işlenir. Ayrıca ilgili kolonda Çizelge 3.2'deki simgeler kullanılarak simgesel gösterim de yapılır.

Tane şekli (F): Her bir tabakadaki karın tane şekli Başlık 1.1.2'de açıklanan biçimde lup kullanılarak belirlenir. Sonuçlar ilgili kolonda Çizelge 3.2'de ki simgeler kullanılarak gösterilir.

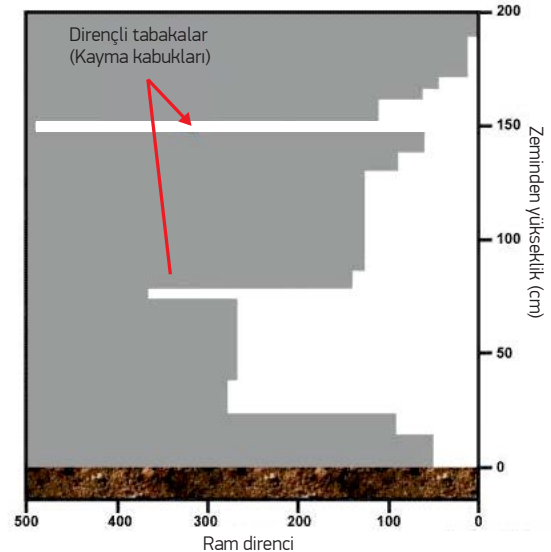
Tane büyüklüğü (E): Her bir tabakadaki karın tane büyüklüğü kristal kartı ve lup kullanılarak Başlık 1.1.3'te açıklanan biçimde belirlenir. Sonuçlar ilgili kolonda Çizelge 3.3'teki büyüklük değerleri kullanılarak gösterilir.

Kar Yoğunluğu (ρ): Her bir tabakadaki karın toplam yoğunluğu Başlık 1.1.4'te açıklanan biçimde belirlenir.

Kar dayanım testi değerleri: Profilin grafiksel bölümünde –uygulanmış ise– Ram batmaölçer testinden elde edilen değerler grafik olarak gösterilir. Ayrıca eğer gerçekleştirilmişler ise kayan-blok gibi dayanım testlerinin sonuçlarına da Açıklamalar bölümünde ilgili derinlik de dikkate alınarak yer verilir.

Çiğ olasılığının öngörülmesinde mevcut ve yakın gelecekteki hava koşulları kadar mevcut kar örtüsünün duraylılığının değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Kar örtüsü duraylılığının değerlendirilmesine ilişkin bir örnek Şekil 3.11'de gösterilen sertlik ve kar sıcaklığı gözlemlerini içeren kuramsal bir kar profili temelinde aşağıda sunulmuştur.

Şekil 3.11 Kuramsal bir kar örtüsü boyunca ölçülmüş sıcaklık ve sertlik değişimi.



Kar örtüsünün alt bölümleri üst kesimlere göre daha ılık olup, donma noktası dolayındadır. Profil boyunca tüm sıcaklıklar donma noktası altında olduğundan kar erimesi önemli bir süreç değildir. Tabandan 20 ile 70 cm arasındaki dikey sıcaklık gradyanı tabandaki kar tanelerinin süblimasyonundan kaynaklanan nemin yukarıya doğru taşındığını, 70 cm dolayında tanecikler üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durum kar örtüsünün duraysızlaştıran derin şeker karı oluşumuna neden olmaktadır.

Örtünün 15 cm ve 70 cm bölümlerinde ölçülen yüksek sertlik değerleri buz varlığının göstergesidir. Bu sığ derinlikler üzerindeki kar örtüsü daha az duraylı olup yüzeyin eğimli olması durumunda kaymaya eğilimli olabilir. Örtünün üst 35 cm'lik bölümünde sertlik oldukça düşük olup, bu bölüm olasılıkla düşük yoğunluklu kardan oluşmaktadır. Sertlik değerlerindeki bu çarpıcı değişim örtünün oluşumu süresince erimenin ve farklı yoğunluklu kar yağışlarının gerçekleştiğini göstermektedir.



3. ÇIĞ OLUŞMA POTANSİYELİ GÖSTERGELERİ

Günümüze değin gerçekleşen çığların oluştuğu koşullar dikkate alınarak bazı göstergelerin çığ oluşma potansiyelinin tahmin edilmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir (**Çizelge 3.11**). Değerlendirmede kullanılan temel göstergeler bölgeye özgü çığ iklimi, çığ topoğrafyası, hava durumu tarihçesi ve yakın zamanda çığ oluşumu ile mevcut kar örtüsüne ilişkin bilgileri içermektedir. Örneğin, karasal çığ iklim tipine sahip eğimin 35°-40° arasında olduğu, yakın zamanda genellikle soğuk ve kuru hava koşullarının etkisinde kalmış ve son 24 saat içerisinde çığ olaylarına sahne olmuş bir

bölgede kar örtüsünün sıg, zayıf ve oturmamış olması, duraysızlığa kar yüzeyinin sert ve soğuk olması ise yeni çığ oluşma potansiyelinin oldukça yüksek olduğuna işaret etmektedir. Buna karşın, denizel çığ ikliminin egemen olduğu bir bölgede, yamaç eğiminin 25°'den az ya da 60°'den büyük olduğu, yakın geçmişteki hava durumu ılık ve yağışlı olan, son 48 saat öncesinde hiç çığ oluşmamış, kar örtüsünün genellikle derin, dayanımlı ve oturmuş olduğu, duraylılık sergilediği ve kar yüzeyinin yumuşak, düzensiz ya da ılık olduğu yerlerde çığ oluşma potansiyelinin düşük olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 3.11 Çeşitli göstergelere göre bir bölgede çığ oluşma potansiyeli

Gösterge	Yüksek Çığ Potansiyeli	Belirsiz Çığ Potansiyeli	Düşük Çığ Potansiyeli
Çığ İklimi	Karasal	Dağlararası Plato	Denizel
Çığ Topoğrafyası	35° - 40° arası değişen eğimler	25° - 35° arası ya da 40° - 60° arası değişen eğimler	25°'den az ya da 60°'den büyük eğimler
Hava Durumu Tarihçesi	Genellikle soğuk ve kuru	Bilinmeyen ya da değişken	Genellikle ılık ve yağışlı
Güncel Çığ Oluşumları	Son 24 saat içinde	Son 24 ile 48 saat arasında	Son 48 saatten önce ya da hiç çığ oluşmamış
Kar Örtüsü Tanımı **	Genellikle sıg, zayıf ve oturmamış	Bilinmeyen ya da değişken	Genellikle derin, dayanımlı ve oturmuş
Kar Örtüsü Duraylılığı **	Duraysız	Bilinmiyor ya da belirsiz	Duraylı
Kar Yüzeyi **	Sert, düzgün ya da soğuk	Bilinmiyor ya da düzensiz	Yumuşak, düzensiz ya da ılık

** Saha ve kar profili gözlemlerinden edinilen bilgilerden hareketle tanımlanır.

Yukarıda anılanlar dışında son 24 saat içerisindeki hava durumuna ait bazı göstergeler de çığ oluşma potansiyeli hakkında fikir verebilmektedir (**Çizelge 3.12**). Örneğin, son 24 saat içinde 30 cm ya da daha fazla kar yağmış olması, bu süre boyunca rüzgarın istikrarlı biçimde aynı yönden esmiş olması, donma noktası dolayındaki hava sıcaklığının son 12 saat içinde 8°C'den fazla artmış olması, sıcaklığın -10°C'den düşük, rüzgar hızının 5 m/s ya da daha az olduğu açık gökyüzü koşulları çığ oluşma potansiyelinin arttığına ilişkin hava durumu göstergeleridir. Diğer yandan, son 24 saat içerisinde yeni kar yağışının oluşmaması, hava sıcaklığının -7 ile -3 °C dolayında olması, yağmur yağmamış olması, rüzgar hızının 7 m/s'den az olması, rüzgarın değişen yönlerden esmesi, hava sıcaklığının son bir kaç gün içinde donma noktası

altında kalacak biçimde kademeli olarak artması, olası çığ patikası boyunca tüm yükseltilerde sıcaklıkların donma noktasının belirgin biçimde altında kalması çığ oluşma potansiyelinin azaldığına işaret eden hava durumu göstergeleridir.

Öte yandan, yukarıda anılan göstergelerin çoğunlukla karşılaşılan durumları yansıttığı, çığ oluşumunun bu göstergeler dışındaki etkenlerce de tetiklenebileceği unutulmamalıdır. Örneğin, Peru'da 1962 ve 1970 yıllarında sırasıyla 4,000 ve 20,000 kişinin ölümüne neden olan Huascarán çığları depremler tarafından tetiklenme sonucu oluşmuşlardır.

Çizelge 3.12 Çeşitli göstergelere göre bir bölgede çığ oluşma potansiyeli

Gösterge	Artan Çiğ Potansiyeli	Değişmeyen Çiğ Potansiyeli	Azalan Çiğ Potansiyeli
Yağış			
Yeni Kar Miktarı	24 saatte 30 cm ya da daha fazla	24 saatte 30 cm'den az	Yeni kar yok
Kar Birikme Hızı	6 saatten uzun sürede 2.5 cm/sa	2.5 cm/sa'ten az	Yeni kar yok
Kar Su Eşdeğeri	24 saatte 25 mm ya da daha fazla	24 saatte 25 mm'den az	Yeni su yok
Yeni Kar Yoğunluğu	%9 ya da daha yüksek yoğunlukta 15 cm'den daha fazla	%6 ya da daha az yoğunlukta 30 cm'den daha az	Yeni kar yok
Tipi Gelişimi	Tipi soğuk başlar ılık biter	Tipi ılık başlar soğuk biter	Sıcaklıklar -7 ila -3 °C dolayında ve çok fazla yeni kar yok
Yağmur	Az yağmur	Yağmur yok	Yağmur yok
Rüzgar			
Ortalama Rüzgar Hızı	9-27 m/s 27 m/s'den az ama %10 yoğunluklu kar 7-9 m/s ama %5'ten az yoğunluklu kar	9 m/s'den az ya da 27 m/s'den fazla	7 m/s'den az, hafif, değişken rüzgarlar
Ortalama Rüzgar Yönü	Sabit	Değişken	Değişken
Sıcaklık			
Artan Sıcaklık	Donma noktası dolayında ki sıcaklıkta son 12 saat içinde 8°C'den fazla artış	Donma noktasının belirgin biçimde altındaki sıcaklıkta son 12 saat içinde 8°C'den az artış	Bir kaç gün içinde kademeli olarak artan fakat donma noktası altında kalan artış
Azalan Sıcaklık		Sıcaklık -10 ile -4°C arasında sabit	Isınmayı takip eden düşük sıcaklıklar
Yağmur/Kar Seviyesi	Çiğ başlama yükseltisi ya da üzerinde	Tüm Çiğ başlama kotları altında	Tüm yükseltelerde sıcaklıklar donma noktasının belirgin biçimde altında
Ilık Sıcaklıklar	Çiğ başlama zonlarında 24 saatten uzun süredir donma noktası üzerinde	Çiğ başlama zonlarında 12-24 saat süresince donma noktası üzerinde	
Soğuk Sıcaklıklar	Uzun süreli çok düşük sıcaklıklar (< -10°C) İnce kar örtüsü (< 1 m) ve çok düşük sıcaklıklar (< -10°C)	Sıcaklıklar -10 ile -4°C arasında	
Bulut örtüsü / Güneş Radyasyonu			
Gece Gökyüzü	Sıcaklığın < -10°C, rüzgar hızının 5 m/s ya da daha az olduğu açık gökyüzü	Bulutlu Açık ve bağıl yumuşak hava sıcaklığı Parçalı bulutlu ve 5 m/s'den yüksek rüzgar hızı	
Gündüz Gökyüzü	Açık gökyüzü ya da ılık hava da ince bulutlar ve özellikle güneşe bakan yamaçlara dik düşen güneş ışığı	Kalın bulutlarla kapalı hava	



Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması

ÇİĞ
TEMEL KILAVUZ



D

KAYNAKLAR

BÖLÜM A

Sayfa

AFET, 1999, Çığ El Kitabı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Çığ Grubu, Ankara, 109 s.	48, 51, 85
Davis, L., 2008, "Natural Disasters". Infobase Publishing. p.7. ISBN 0-8160-7000-8	
Eduard Rabofsky et al., Lawininenhandbuch, Innsbruck, Verlaganstalt Tyrolia, 1986, p. 11 Williams, Florence (2005-12-04). "Look Out Below". The New York Times.)	
Fierz, C., Armstrong, R.L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D.M., Nishimura, K., Satyawali, P.K. and Sokratov, S.A. 2009. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.	24, 100, 101 106, 107 108, 111
Fohn, P. M. B. 1987. The rutschblock as a practical tool for slope stability evaluation. Avalanche Formation, Movement and Effects (Proceedings of the Davos Symposium, September 1986). International Association of Hydrological Sciences Publication no. 162, p. 223-228.	
Greene, E., D. Atkins, K. Birkeland, K. Elder, C. Landry, B. Lazar, I. McCammon, M. Moore, D. Sharaf, C. Sternenz, B. Tremper, and K. Williams, 2010. Snow, Weather and Avalanches: Observation Guidelines for Avalanche Programs in the United States. American Avalanche Association, Pagosa Springs, CO, Second Printing Fall 2010.	116
JSA (1992), Sabou to Chisui, Journal of Japan Sabo Association, Vol.85, p.74	43, 46
Jamieson, J. B. and C. D. Johnston. 1993. Experience with rutschblocks. Proceedings of the International Snow Science Workshop at Breckenridge, Colorado, October 1992, p. 150-159.	
Kotlyakov, V.M., 1981, Snow Avalanches. in Natural Disasters Vol. II, UNESCO	48, 100, 101 102, 104
McClung D, Schaerer PA, 1993: The avalanche handbook. The Mountaineers, Seattle. 271 pp.	
McClung, D., Schaerer, P., 1998, "The Avalanche Handbook", The Mountaineers, USA.	51
Moner, I., Orgue, S., Gavalda, J., Bacardit, M., 2013, How big is big: results of the avalanche size classification survey, Snow and Avalanche Awareness Association. Spain, International Snow Science Workshop Grenoble -Chamonix Mont-Blanc	50
Reuter, B. and Schweizer, J., 2009, Avalanche triggering by sound: myth and truth, International Snow Science Workshop, Davos, p. 330	22
USDA Forest Service, 1975, "Avalanche Protection in Switzerland", U.S. Department of Agriculture-Forest Service, Fort Collins, USA.	51
http://en.wikipedia.org/wiki/Avalanche#_Notable_avalanches.	

BÖLÜM B

Sayfa

AİGM (Afet İşleri Genel Müdürlüğü), 1999. Çiğ El Kitabı. Afet-Çiğ Grubu, Ankara, 109 s.	82
Aleotti, P. And Chowdhury, R., 1999, Landslide hazard assessments: Summry reiew and new perspective, Bulletin of Engineering Geology of the Environment, 58, 21-44.	86
Aydın, A., Bühler, Y., Cristen, M., Güre, İ., 2014. Avalanche situation in Turkey and back calculation of selected events. Natural Hazards and Earth System Sciences, 14, 1145-1154.	66, 70, 78
Bakkehoi, S., Domaas, U., Lied, K, 1983: Calculation of snow avalanche run-out distances. Annals of Glaciology, 4, 24-30.	68
Borrel, G. 1992. The new French avalanche map. International Snow Science Workshop, Breckenridge, Col., pp. 225–228.	59
Cappabianca, F., Barbolini, M., Natale, L., 2008. Snow avalanche risk assessment and mapping: A new method based on a combination of statistical analysis, avalanche dynamics simulation and empirically-based vulnerability relations integrated in a GIS platform. Cold Regions Science and Technology, 54, 193-205.	94
Conway, H., W. Carran, and A. Carran. 2000. The timing, size and impact of avalanches on the Milford Highway, New Zealand. International Snow Science Workshop, Big Sky, Mont., pp. 167–172.	59
Covasnianu, A., Grigoraş, I. R., State, L. E., Balin, D., Hogaş, S., Balin, I., 2011. Mapping snow avalanche risk using GIS technique and 3D modeling. case study- Ceahlau National Park. Rom. Journ. Phys., 3-4, 476-483.	70
Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., 2008a. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. Engineering Geology, 102, 3-4, 85-98.	57, 86, 92
Fitzharris, B.B. and I.F. Owens 1983. Avalanche atlas of the Milford Road: an assessment of the hazard to traffic. N.Z. Mountain Safety Council, Wellington, N.Z. Avalanche Committee Report 4.	59
Ghinoi, A., Chung, C. J., 2005. STARTER: A statistical GIS-based model for the prediction of snow avalanche susceptibility using terrain features: Application to Alta Val Badia, Italian Dolomites. Gemorphology, 66, 305-325.	70
Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A., 2000. Comparing landslide maps: a case study in the Upper Tiber River Basin, Central Italy. Environmental Management, 25, 247-263.	64
http://www.quanterra.org (Erişim Tarihi: 16.10.2014)	
Keylock, C.J., D.M. McClung, and M.M. Magnusson. 1999. Avalanche risk mapping by simulation. J. Glaciol. 45(150):303–314.	59
Lied K, F. Sandersen, and R. Toppe 1989. Snow avalanche maps for use by the Norwegian Army. Ann. Glaciol. 13:164–169.	59
Lied, K., Bakkehoi, S., 1980. Empirical calculations of snow avalanche run-out distances based on topographic parameters. Journal of Glaciology, 26, 165-177.	68

Maggioni, M., Gruber, U., 2003. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency. <i>Cold Regions Science and Technology</i> , 37, 407-419.	70, 72, 75
Margreth, S., Failetaz, J., Funk, M., Vagliasindi, M., Diotri, F., Broccolato, M., 2011. Safety concept for hazards caused by ice avalanches from the Whymper hanging glacier in the Mont Blanc Massif. <i>Cold Regions Science and Technology</i> , 69, 194-201.	90, 91
McClung, D. M., 2008. Risk-based land-use planning in snow avalanche terrain. <i>Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards: From Causes to Management</i> . Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.	92
McClung, D. M., Schaerer, P. A., 1993. <i>The avalanche handbook</i> . The Mountaineers, Seattle, Washington.	72
McClung, D.M. and F.P.D. Navin., 2002. Linear risk maps for snow avalanche hazards on British Columbia highways. <i>Civil Engineering and Environmental Systems</i> .	59, 69
McClung, D.M. and P.A. Schaerer. 1981. Snow avalanche size classification. In <i>Proc. Avalanche Workshop, Associate Committee on Geotechnical Research</i> . National Research Council of Canada, Ottawa, Ont. Tech. Mem0. 133. pp. 12-27.	90, 95
McClung, D.M., Jamieson, B., Stethem, C., Schaere, P.A., 2002, "Guidelines and Standards For Avalanche Risk And Hazard Mapping For Canada", Canadian Avalanche Association, Revelstoke, B.C., National Search and Rescue Secretariat, Ottawa, Ontario.	58, 60, 95
Munter, W., 1999. <i>3x3 Lawinen: Entscheiden in kritischen Situationen</i> . Agentur Pohl and Schellhamer, Garmisch-Partenkirchen. ISBN 3-00-002060-8.	72
NAC (National Avalanche Center), 2014. <i>Snow, Weather, and Avalanches: Observational Guidelines for Avalanche Programs in the United States</i> (http://www.fsavalanche.org/ (Erişim tarihi: 16.10.2014)).	74, 75
Nagarajan, R., Venkataraman, G., Snehamani, H., 2014. Rule based classification of potential snow avalanche areas. <i>Natural Resources and Conservation</i> , 2, 11-24.	63, 72 75, 76
NGU (Geological Survey of Norway), 2010. <i>Method for the susceptibility mapping of snow avalanches in Norway</i> . Technical Report, 14 p.	68, 70, 76
Özşahin, E., Kaymaz, Ç. K., 2014. Avalanche susceptibility and risk analysis of Eastern Anatolian region using GIS. <i>Procedia-Social and Behavioral Sciences</i> , 120, 663-672.	70
Salm, B., 1982. <i>Lawinenkunde fuer den Praktiker</i> . Verlag Schweizer Alpen-Club, Bern.	72
Salm, B., Burkard, A., Gubler, H.U., 1990. Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung fuer den Praktiker mit Beispielen. <i>Mitteilungen des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung 47</i> . Eidgenössischen Institutes für Schneeund Lawinenforschung - Davos.	66
Selçuk, L., 2013. An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis. <i>Turkish Journal of Earth Sciences</i> , 22, 523-535.	70, 76

Sheridan, M. F., Stinton, A.J., Patra, A., Pitman, E. B., Bauer, A., Nichita, C. C., 2005. Evaluating Titan2D mass-flow model using the 1963 Little Tahoma Peak avalanches, Mount Rainier, Washington. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 139, 89-102.	70, 56
Simea, I., 2012. The avalanches from Rodnei Mountains. Babeş-Bolyai University, Faculty of Geography, PhD Thesis, 30p.	70, 63, 65
Strahlendorf, P. 1998. Supervisory due diligence: doomed if you don't. <i>Canada. Jan./Feb.</i> pp. 36-42.	
Suk, P., Klimanek, M., 2011. Creation of the snow avalanche susceptibility map of the Krkonose Mountains using GIS. <i>Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis</i> , 28, 237-246.	70, 73, 86 87, 88, 89
Van Westen, C.J., Castellanos, E., Kuriakose, S.L., 2008, Spatial data for landslide susceptibility, hazard and vulnerability assessment: An overview, <i>Engineering Geology</i> , 102: 112-132.	86
Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., Soeters, R., 2006. Landslide hazard and risk zonation-why is it still so difficult? <i>Bulletin of Engineering Geology and the Environment</i> , Volume 65, Issue 2, pp. 167-184.	93
Varnes, D.J., 1984, Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, Commission of Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards No. 3, 61 pp.	57, 86, 92
Wastl, M., Stötter, J., Kleindienst, H., 2011. Avalanche risk assessment for mountain roads: a case study from Iceland. <i>Natural Hazards</i> , 56, 465-480.	69
Weir, P., 2002. Snow Avalanche Management in Forested Terrain. British Columbia Ministry of Forests, Forest Science Program, Canada, 190 p.	59, 60, 61 62, 66, 90, 95
Yavaş, Ö. M., Varol, N., Arslan, G., Erengil, M., Yazıcı, Z., 2010. Çığ haritalama ve önlem yapı tekniklerinin karşılaştırılarak, Julian Alpleri (KB Slovenya) ve Rize-Sivrikaya (KD Türkiye) bölgelerinde uygulanabilirliğinin ortaya konulması. TÜBİTAK Proje No 105Y143, 108 s.	67, 84



Katkıda Bulunanlar

Ad Soyad	Ünvan	Kurum
Dr. Fuat OKTAY	Başkan	AFAD
Mehmet Akif DANACI	Başkan Yardımcısı	AFAD
Çiğdem TETİK BİÇER	Grup Başkanı	AFAD- Doğal Afetler Risk Değerlendirme ve Analizi Çalışma Grubu
Sinan DEMİR	Mühendis	AFAD- Doğal Afetler Risk Değerlendirme ve Analizi Çalışma Grubu
Ö. Murat YAVAŞ	Mühendis	AFAD- Doğal Afetler Risk Değerlendirme ve Analizi Çalışma Grubu
Zafer YAZICI	Mühendis	AFAD- Doğal Afetler Risk Değerlendirme ve Analizi Çalışma Grubu
Fatih AYDIN	Mühendis	AFAD- Doğal Afetler Risk Değerlendirme ve Analizi Çalışma Grubu
Serdar BAYARI	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi
Murat ERCANOĞLU	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi





T.C.
BAŞBAKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı