



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Abdullah GÜNGÖR

BİR KAYA TIRMANIŞ BÖLGESİNİN FİZİKSEL TAŞIMA KAPASİTESİNİN
BELİRLENMESİ: GEYİKBAYIRI ÖRNEĞİ

Rekreasyon Anabilim Dalı
Doktora Tezi

Antalya, 2024



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Abdullah GÜNGÖR

BİR KAYA TIRMANIŞ BÖLGESİNİN FİZİKSEL TAŞIMA KAPASİTESİNİN
BELİRLENMESİ: GEYİKBAYIRI ÖRNEĞİ

Danışman

Doç. Dr. Güney ÇETİNKAYA

Rekreasyon Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Antalya, 2024

T.C.
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Abdullah GÜNGÖR' ün bu çalışması, jürimiz tarafından Rekreasyon Anabilim Dalı
Doktora Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa YILDIZ (İmza)

Üye (Danışman) : Doç. Dr. Güney ÇETİNKAYA (İmza)

Üye : Doç. Dr. Ece ÖMÜRİŞ (İmza)

Üye : Doç. Dr. Dicle ARAS (İmza)

Üye : Doç. Dr. Güçlü ÖZEN (İmza)

Tez Başlığı: Bir Kaya Tırmanış Bölgesinin Fiziksel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi:
Geyikbayırı Örneği

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 02/08/2024

Mezuniyet Tarihi :05/09/2024

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Bir Kaya Tırmanış Bölgesinin Fiziksel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi: Geyikbayırı Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımca yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(İmza)

Abdullah GÜNGÖR





15/08/2024

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ

Öğrenci Bilgileri	
Adı-Soyadı	Abdullah GÜNGÖR
Öğrenci Numarası	20185286006
Anabilim Dalı	Rekreasyon
Programı	Rekreasyon
Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri	
Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Güney ÇETİNKAYA
Doktora Tez Başlığı	Bir Kaya Tırmanış Bölgesinin Fiziksel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi: Geyikbayırı Örneği
Turnitin Bilgileri	
Ödev Numarası	2407860281
Rapor Tarihi	15/08/2024
Benzerlik Oranı	Alıntılar hariç: %11 Alıntılar dahil: %27
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,	
<p>Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 88 sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır.</p> <p>Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:</p> <p>(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım.</p> <p>() Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.</p>	
Gerekçe:	
Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.	
(İmza) Doç. Dr. Güney ÇETİNKAYA	

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
GRAFİKLER LİSTESİ	iii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	iv
DENKLEMLER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR.....	vii
ÖZET	viii
TEŞEKKÜR.....	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM KAYA TIRMANIŞI ve TAŞIMA KAPASİTESİ

1.1. Kaya Tırmanışı	6
1.1.1. Kaya Tırmanışı ve Turizm İlişkisi.....	8
1.1.2. Doğal Alanlardaki Turizm ve Rekreasyon Faaliyetlerinin Çevresel Etkileri...	10
1.1.3. Bir Turizm Türü Olarak Kaya Tırmanışı.....	12
1.1.4. Kaya Tırmanışının Çevresel Etkileri	14
1.2. Taşıma Kapasitesi.....	16
1.2.1. Fiziksel Taşıma Kapasitesi	18
1.2.2. Sosyal Taşıma Kapasitesi	19
1.2.3. Ekolojik Taşıma Kapasitesi	20
1.2.4. Yönetim Kapasitesi.....	21
1.2.4.1. İdari Kapasite.....	21
1.2.4.2. Ekonomik Kapasite.....	21

İKİNCİ BÖLÜM YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı	23
2.2. Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri	24
2.2.1. Profil Oluşturma	25
2.2.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Sayısallaştırılması.....	25
2.2.3. Pürüzlülük Analizi	26
2.3. Eklem Pürüzlülük Katsayısı JRC (Joint Roughness Coefficient)	27
2.4. Sayısal Fotogrametri.....	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM GEYİKBAYIRI FİZİKSEL TAŞIMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Veri Toplama ve İşleme	32
3.1.1. Numune Toplama	32

3.1.2.	Deneysel Süreç	33
3.1.3.	Fotogrametrik Görüntü Verisi Alımı	36
3.1.4.	Fotogrametrik Verilerin İşlenmesi.....	42
3.1.5.	Profil Oluşturma	45
3.1.6.	JRC Parametresinin Nümerik (Sayısal) Olarak Hesaplanması.....	45

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR

4.1.	Kaya Yüzeyinde Aşınma Değerlerinin Sayısal Analizi	49
4.2.	Kaya Yüzeyi Profil Ölçümleri	53
4.3.	Z2' nin Hesaplanması.....	56
4.4.	Farklı Bası Değerleri için JRC ve Z2' nin Karşılaştırılması	56
TARTIŞMA.....		61
SONUÇ		64
KAYNAKLAR.....		68
ÖZGEÇMİŞ		79

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 4.1 Bası Aralığına Göre Aşınma Düzeyleri	52
Grafik 4.2 68.000 bası uygulanan numunede 77 noktadan oluşan 2-boyutlu koordinat profili için elde edilen en uygun fit eğrisi.....	56
Grafik 4.3 Bası değerleri için hesaplanan Z_2 değerleri. $Dx = 1$ mm	57
Grafik 4.4 Bası değerleri için hesaplanan JRC değerleri. $Dx = 1$ mm	58
Grafik 4.5 68000 bası için farklı Dx değerlerine sahip nokta bulutunun 2-boyutlu profili.....	59
Grafik 4.6 68.000 basıda, 1 mm ve 0.25 mm aralıklı Dx değerleri için hesaplanan a) Z_2 değerlerinin ve b) JRC katsayılarının karşılaştırılması.....	60



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1 Geyikbayırı Köyü Uydu Görüntüsü	1
Şekil 2 Geyikbayırı Kaya Bandı (Fotoğraf: Öztürk Kayıkçı).....	3
Şekil 3 Kaya Tırmanışı Basış Teknikleri Örnekleri Kaynak: (www.climbing.com, 2024)	4
Şekil 1.1 Kaya Tırmanışı Yapılan Bölgelerin Dünya üzerindeki Dağılımı (Kaynak: www.climb-europe.com)	10
Şekil 1.2 Rekreatyoneel Taşıma Kapasitesinin Alt Boyutları. Kaynak: Göktuğ vd., 2013: 198.	18
Şekil 2.1 Ege ve Anadolu Plakalarının Göreceli Konumunu Gösteren Harita (Kaskara vd., 2015: 1).....	24
Şekil 2.2 Barton Tip Tel Profilmetre (Kaynak: www.controls-group.com).....	27
Şekil 2.3 Barton ve Choubey'in Geliştirdiği Tipik Eklem Pürüzlülük Profilleri (Barton ve Choubey, 1977: 261).	29
Şekil 2.4 Fotogrametrik Veri Alımı Prosedürü (Kaynak: https://culturalheritageimaging.org).	30
Şekil 3.1 Numune ve Belirlenen Bası Alanı.....	33
Şekil 3.2 Hız ve Ağırlık Kontrollü Yüzey Eskitme Makinesi.....	35
Şekil 3.3 Işıklandırmaya ait görseller	37
Şekil 3.4 Fotogrametrik Veri Alımı Yapılandırması	38
Şekil 3.5 Fotogrametri Kaydı Sırasında Kullanılan Ölçekler.....	39
Şekil 3.6 Bağlantı Noktaları (Tie Points)	43
Şekil 3.7 Yoğun Nokta Bulutu (Dense Cloud).....	43
Şekil 3.8 3B Model (Mesh)	43
Şekil 3.9 Kaya Bloğunun Farklı Açılardan Kaydedilen 180 Adet Görüntü Verisi Sonucunda Elde Edilen Üç Boyutlu Model Görünümü.	44
Şekil 3.10 Cloud Compare Programı ile İki Farklı Nokta Bulutunun Hizalanması Aşaması ..	45
Şekil 3.11 50000 basıya maruz kalan kaya yüzeyinin 2x2 cm ² ' lik ızgara kesiti. Köşegen beyaz çizgi, karesel bölgenin 2-boyutlu konumunu temsil etmektedir.	46
Şekil 3.12 a) 2x2 cm ² ' lik karesel bölge. b) 1mm' lik şeritlere ayırma. c) Tek bir tane 1mm' lik şerit 'in 1x1 mm ² ' lik alanlara ayrılması. d) 1x1 mm ² ' lik alanlara ayrılan şerit içindeki noktaların 2-boyutlu profili.	48
Şekil 4.1 Kaya Numunesi 5.000 Bası Aralıklı Aşınma Farklılıkları.....	51
Şekil 4.2 68.000 Bası Sonucunda Yüzeyde Meydana Gelen Aşınma Değeri (0,004307 m) ...	53

Şekil 4.3 Farklı Bası Sayılarına Göre Yüzey Profil Eğrileri	55
---	----



DENKLEMLER LİSTESİ

Denklem 3.1 Eklem pürüzlülük katsayısı denklemi.....	46
Denklem 3.2 Z2 denklemi	46
Denklem 3.3 Eklem pürüzlülük katsayısı 1mm aralık denklemi.....	47
Denklem 3.4 Eklem pürüzlülük katsayısı 0.5 mm aralık denklemi.....	47
Denklem 3.5 Eklem pürüzlülük katsayısı 0.25 mm aralık denklemi.....	47



KISALTMALAR

3B	3 Boyut	m	Metre
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri	mm	Milimetre
cm	Santimetre	MP	Megapiksel
GCP	Ground Control Points (Yer kontrol noktaları)	MVS	<i>Multi-View Stereo</i>
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)	RPM	Evolutions Per Minute (Dakika başına devir)
IFSC	International Federation of Sport Climbing (Uluslararası Spor Tırmanış Federasyonu)	RTI	Reflectance Transformation Imaging (Yansıtma Dönüşümlü Görüntüleme Tekniği)
IOC	Uluslararası Olimpiyat Komitesi	SfM	Structure From Motion (Hareketten Yapı Oluşturma)
JRC	Joint Roughness Coefficient (Eklem Pürüzlülük Katsayısı)	UIAA	Uluslararası Spor Kaya Tırmanış Federasyonu
kW	Kilovat	W	Watt
lx	Lux (Aydınlık şiddeti)	WTTC	Dünya Seyahat ve Turizm Konseyi

ÖZET

Bu tez çalışmasının temel amacı, kaya yüzeylerinde tırmanış kaynaklı meydana gelen aşınma seviyelerinin ölçülmesidir. Çalışma alanı olarak Türkiye'nin en önemli kaya tırmanış bölgesi olan Antalya/Geyikbayırı belirlenmiştir. Bu kapsamda, bölgedeki kaya yapısını temsil eden kaya örnekleri alınmış ve kaya tırmanışını simule etmek amaçlı tasarlanan makine aracılığı ile laboratuvar ortamında deneysel işlem gerçekleştirilmiştir. Bu deneysel işlem sonunda kaya yüzeylerindeki aşınmayı ölçmek için yeni teknolojik görüntüleme yöntemlerinden biri olan Structure From Motion (SfM) fotogrametrik görüntüleme metodu kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında elde edilen dijital görüntü verilerinin, fotogrametrik görüntü analizlerini gerçekleştirmek ve 3 B mekansal veri üretmek için bağımsız bir yazılım ürünü olan "Agisoft Metashape Professional" programı kullanılmıştır. Dijital görüntü verilerinden elde edilen analiz sonuçları sayesinde, tırmanışçı ve kaya arasındaki fiziksel temas nedeniyle meydana gelen, kaya yüzeyindeki bozulmaların başlangıcı ve devam eden kullanımlarda yüzeydeki bozulma/aşınmanın evreleri hassas ölçümler sayesinde belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları kaya yüzeyinde meydana gelen aşınma düzeylerinin, bası aralıklarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Başlangıçta daha pürüzlü ve dalgalı olan kaya yüzeyi, bası sayısının artmasıyla birlikte pürüzlülüğünde azalmalar bulunmuştur. Özellikle 10.000 ile 30.000 bası aralıklarında yüzey pürüzlülüğü dalgalanmalarının yüksek olduğu, bu süreçte kaya yüzeyinde belirgin bozulmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. 68.000 basıya ulaşıldığında, aşınmanın büyük ölçüde durduğu ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. 68.000 bası sonucunda elde edilen Z_2 değeri 0,090037 olarak hesaplanmıştır. Bu değere dayanarak 1 mm aralıklı hesaplanan JRC değeri ise 3,47 olarak bulunmuştur. Daha hassas ölçüm yapmaya olanak veren 0,25 mm aralıklı ölçüme göre hesaplanan JRC değeri ise 0,68'dir. JRC profilleri ile karşılaştırıldığında, bulunan bu değerler, yüzeyin oldukça pürüzsüz hale geldiğini ve tırmanış kaynaklı aşınmanın önemli ölçüde azaldığını ifade etmektedir. Bu çalışmadan elde edilen ölçümler, bir kaya yüzeyinin tırmanışa bağlı olarak fiziksel taşıma kapasitesinin belirlenmesine ve bölgenin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Bu çalışma sayesinde Geyikbayırı tırmanış bölgesinin kaynak değerleri ve rekreasyon değerlerinin korunmasına katkı sağlanarak bu kaynaklar üzerinde kabul edilemez zararlara yol açılmasını engellemek için önlemler alınabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Kaya Tırmanışı, Eklem Pürüzlülük Katsayısı (JRC), Fotogrametri, Fiziksel Taşıma Kapasitesi

SUMMARY

The Determination of the Physical Carrying Capacity of a Rock Climbing Area: The Case of Geyikbayırı

The primary aim of this thesis is to measure the levels of abrasion caused by climbing on rock surfaces. The study area was determined to be Antalya/Geyikbayırı, the most significant rock climbing region in Turkey. Within this scope, rock samples representing the geological structure of the region were collected, and experimental procedures were conducted in a laboratory environment using a machine designed to simulate rock climbing. At the end of these experimental procedures, the Structure From Motion (SfM) photogrammetric imaging method, one of the new technological imaging techniques, was used to measure the abrasion on the rock surfaces. The digital image data obtained in the laboratory environment were analyzed using the independent software "Agisoft Metashape Professional" to perform photogrammetric image analysis and generate 3D spatial data. The analysis results obtained from the digital image data allowed for the precise determination of the initiation of deteriorations on the rock surface due to physical contact between the climber and the rock, and the stages of deterioration/abrasion during continued use. The findings of the study revealed that the levels of abrasion on the rock surface varied depending on the intervals of footfalls. Initially more rugged and undulating, the rock surface showed reductions in roughness as the number of footfalls increased. It was observed that the surface roughness fluctuations were high, particularly in the intervals of 10.000 to 30.000 footfalls, and significant deteriorations occurred on the rock surface during this period. At 68.000 footfalls, it was found that the abrasion had largely ceased and the surface roughness had decreased. The Z_2 value obtained at 68.000 footfalls was calculated as 0,090037. Based on this value, the Joint Roughness Coefficient (JRC) calculated at 1 mm intervals was found to be 3,47. According to the more precise measurement at 0,25 mm intervals, the JRC value was found to be 0,68. When compared with JRC profiles, these values indicate that the surface has become quite smooth and the climbing-induced abrasion has significantly decreased. The measurements obtained from this study will contribute to determining the physical carrying capacity of a rock surface related to climbing and the sustainability of the region. This study will help preserve the resource and recreational values of the Geyikbayırı climbing area, and measures can be taken to prevent unacceptable damage to these resources.

Keywords: Rock Climbing, Joint Roughness Coefficient (JRC), Photogrammetry, Physical Carrying Capacity

TEŞEKKÜR

Bilimin ve bilgiye ulaşmanın öneminin giderek arttığı çağımızda, benim de bilime katkıda bulunmamda yardımcı olan, bilgisini benimle her zaman paylaşan ve desteğini benden esirgemeyen, araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Güney Çetinkaya'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca değerli dönütleriyle ve saatin önemi olmadan kapısını her çaldığımda desteğini hiç esirgemeyen ve kapısını sonuna kadar açan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Alkan Uğurlu'ya teşekkürü borç bilirim. Kaya tırmanışına başlamama olanak sağlayan ve aynı zamanda bu değerli hocalarım ile tanışmama yol açan, bana bilgilerini ve deneyimlerini aktaran değerli hocalarım, Sn. Öğr. Gör. Yılmaz Sevgül'e ve Öğr. Gör. Güray Ekici'ye teşekkür ederim. Çok disiplinli bir çalışma olması ve bu çalışmanın en önemli kısımlarından biri olan fotogrametrik ölçüm yöntemindeki desteklerinden dolayı Dr. Aykan Akçay'a ve matematiksel hesaplamalar konusunda desteğini hiç esirgemedi yardımcı eden Dr. Aslı Gençaslan'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak ama en önemlisi bu zorlu süreçte her zaman yanımda olup benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve beni her zaman motive eden en büyük destekçim Dr. Betül Gürel'e ve beni yetiştiren ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Yapılan çalışmanın hem teoriye hem de uygulamaya katkı sağlaması dileği ile,

Abdullah GÜNGÖR

Antalya, 2024

GİRİŞ

Bu tez çalışması, kaya tırmanma etkinliğinin kaya yapıları üzerindeki fiziki etkilerini hesaplayarak, kaya tırmanış bölgelerinin mevcut kaynak değerini korumak yoluyla daha sürdürülebilir kullanılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, Antalya İli sınırları içerisinde bulunan Geyikbayırı (36° 52' 31.6200" ve 30° 27' 50.6088") köyündeki kaya tırmanış bölgesi araştırma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1.1).

Geyikbayırı Köyü, Antalya'nın Konyaaltı İlçesi'ne bağlı olup şehir merkezine (Antalya Cumhuriyet Meydanı referans alınmıştır) yaklaşık 27 km, havalimanına 40 km ve şehirlerarası otobüs terminaline 25 km uzaklıkta bir yerleşim yeridir. Köy, deniz seviyesinden 400 metre yükseklikten başlayarak, yukarı mahalleleri 750 metre yüksekliğe kadar ulaşan, yaklaşık 43 km² yüzölçümüne sahip bir yamaç köyüdür. Bu konum, kaya tırmanışı için ideal olan çeşitli yükseklik ve eğimlere sahip kaya oluşumlarını barındırmaktadır.



Şekil 1 Geyikbayırı Köyü Uydu Görüntüsü

Geyikbayırı Köyünün kuzey, kuzeybatı ve batısında Doyran köyü, güneyinde Çağlarca ve Çitdibi köyleri, güneydoğusunda Akdamlar köyü ve doğusunda Bahtılı köyü bulunmaktadır. Bu coğrafi konum, köyün farklı iklim koşullarından etkilenmesine ve çeşitli bitki örtülerinin görülmesine neden olmaktadır. Köy ve çevresi, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi etki alanı içerisindedir. Bölgede kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülürken, daha yüksek kesimlerinde ise kışlar karlı ve soğuk geçmektedir.

Bölgenin kıyı kuşağının doğal bitkisini, sıcaklık ve ışık isteği yüksek ve kuraklığa dayanıklı olan kızılçam ormanları oluşturur. Bu ormanların tahrip edildiği yerlerde ise her zaman yeşil olan maki bitki örtüsü yaygındır. Maki bitki örtüsü, yaz kuraklığına dayanabilen;

mersin, defne, kocayemiş, zeytin, zakkum ve keçiboynuzu gibi kısa bodur ağaçlardan meydana gelen bir bitki topluluğudur.

Antalya'nın yaklaşık 300 günü güneşli geçmekte olup, yıllık ortalama sıcaklık 18,7°C'dir (İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2010, 74). Bu iklim koşulları, kaya tırmanışı için yılın büyük bir bölümünde uygun hava şartları sunmaktadır. Geyikbayırı, bu özellikleriyle hem yerel hem de uluslararası kaya tırmanışçıları için popüler bir destinasyon haline gelmiştir (Şekil 1.2).

Bu tez kapsamında, Geyikbayırı kaya tırmanış bölgesinde, tırmanış aktivitelerinin özellikle kaya yüzeyinde ve yapısında meydana getirdiği değişiklikler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan bu tez çalışması, tırmanış bölgelerinin sürdürülebilir kullanımını sağlamak ve bu değerli doğal kaynakların korunmasına yönelik stratejiler geliştirmek için önemli veriler sunmaktadır.

Geyikbayırı kaya tırmanışı açısından, 2000'li yılların başlarında keşfedilmiş ve tamamen kaya tırmanışı amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2000-2002 yılları arasında bölgede yaklaşık 30 kaya tırmanış rotası tırmanışa hazır hale getirilmiştir. 2002'de Avrupa'da yayınlanan tırmanış ve doğa sporları dergisi "Klettern" de bölgenin tanıtılması, tırmanış camiasının ilgisini çekmiş ve bölgenin kaya tırmanışı açısından tanınmasına önemli katkı sağlamıştır. Bu tanıtım ile Türkiye'deki tırmanıcıların bölgeye göstermiş olduğu yoğun ilginin yanında yabancı birçok tırmanışçı da bölgeye gelmeye başlamış ve buna paralel olarak kaya tırmanış rotalarının sayısı da artmıştır (Kayıkçı, 2019: 17). Yirmi yıldan fazla geçmişe sahip bölgede, 40 civarında tırmanış sektörü (birçok kaya tırmanış rotasının bulunduğu bölge) ve 1000'den fazla spor kaya tırmanış rotası (önceden emniyet noktalarının kaya yüzeyine çakıldığı, hazırlanmış olan tırmanış hattı) mevcuttur. Geyikbayırı, günümüzde Türkiye'nin en büyük tırmanış bölgesi haline gelmiştir. Bu bölge, uygun iklim koşulları sayesinde uzun bir tırmanış sezonu sunmakta, kolay ulaşım olanağı ve geniş lojistik imkanları ile dikkat çekmektedir. Özellikle Avrupa'daki tırmanış bölgeleri ile kıyaslandığında, Geyikbayırı'nın iklimi, tırmanış sezonunun soğuk ve yağışlı hava nedeniyle daha kısa olduğu bu bölgelerden daha elverişlidir. Tüm bu faktörler, Geyikbayırı'nın dünya çapında tanınan bir tırmanış alanı olmasını desteklemektedir. Aynı zamanda bölgenin çeşitli tırmanış çeşitlerine (negatif, pozitif, çatlak, baca, yüzey, kenar, yan geçiş vb.) olanak tanınması ve rota yapımında özellikle tırmanıcının herhangi bir düşüş sırasında tırmanıcıya herhangi bir zarar gelmeyecek şekilde sık emniyet noktalarının oluşturulması ve standartlara uygun malzemeler kullanılarak her türlü emniyet koşullarını barındırması gibi olumlu etkenler bölgeye olan ilginin artmasına neden olmuştur. Dünyanın farklı tırmanış bölgelerinde bulunan rotalardaki emniyet noktalarının

yeterli sıklıkta olmaması, kontrollerinin düzenli yapılmaması ve aşınan emniyet ve istasyon noktalarının yenilenmemesinden kaynaklanan etkenlerle söz konusu rotaların riskler barındırması Geyikbayırı tırmanış bölgesinin daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, Geyikbayırı'nda ulusal ve uluslararası düzeyde düzenlenen birçok kaya tırmanışı ve "highline"¹ festivali gibi organizasyonlar bölgenin tanınmasına ve dolaylı olarak bölgeye olan talebin artmasına katkı sağlamaktadır. Örneğin, 2014 yılı Ekim ayında dünyanın sayılı kaya tırmanışı organizasyonlarından biri olan "Petzl Kaya Tırmanış Şenliği'nin" bir ayağı bölgede gerçekleştirilmiştir. Tırmanış camiası açısından oldukça prestijli bir organizasyon olarak kabul gören bu şenlikte bölgeye dünyanın dört bir yanından yaklaşık 3000 kaya tırmanışçı gelmiştir. Bununla beraber etkinlikler sırasında çekilen fotoğraf ve videoların internet ortamında hızla yayılmasıyla dünya çapında tırmanış sporuyla ilgilenen birçok kişiye ulaşılması bölgenin tanınırlığını arttırarak birçok kaya tırmanış turistinın bölgeyi ziyaret etmesine olanak sağlamıştır.



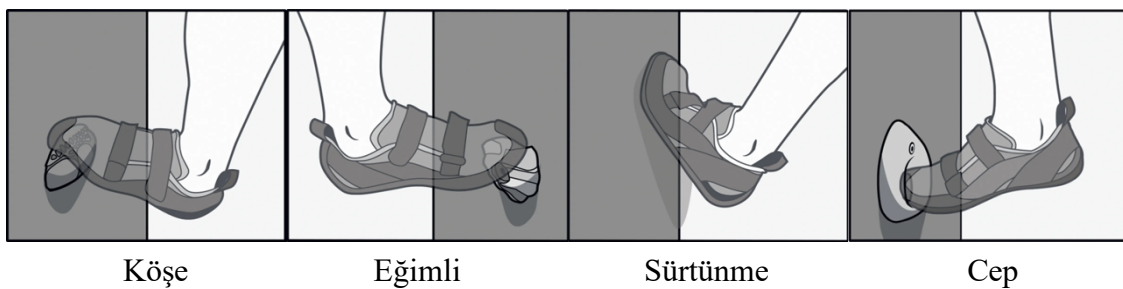
Şekil 2 Geyikbayırı Kaya Bandı (Fotoğraf: Öztürk Kayıkçı)

Günümüzde, yılda ortalama 8000'den fazla kişinin kaya tırmanma amaçlı olarak Geyikbayırı'na geldiği tahmin edilmektedir (Çetinkaya, 2014: 13). Bu ziyaretçi sayısının ortalama 8-14 gün süreyle bölgede konakladıkları (Albayrak ve Caber, 2016: 287) göz önünde bulundurulduğunda bölgedeki oluşan yoğunluğun boyutları daha net anlaşılmaktadır. Bölgeye olan bu talep sonucu, bölgede birçok konaklama tesisi de hizmete açılmış olup, kaya tırmanışı etkinliği Geyikbayırı bölgesi için önemli bir rekreasyonel ve turistik ürün haline almıştır. Birkaç kaya tırmanışçısının "hobi" amaçlı olarak başlattığı, kaya tırmanışı etkinliği Geyikbayırı için tahmin edilenden çok daha büyük bir boyut kazanmıştır. Doğal alanlarda gerçekleşen rekreatif

¹ Yüksekte yapılan bir çeşit ip üstünde yürüme etkinliği.

ve turistik etkinliklerin ekonomik, çevresel ve sosyo-kültürel etkilerinin olduğu bir gerçektir. Bu nedenle, Geyikbayırı bölgesinde yoğun olarak gerçekleşen etkinliklerin, beraberinde çeşitli olumlu ve olumsuz etkiler getirdiği düşünülmektedir. Ancak, bölge özelinde, kaya tırmanışı kaynaklı etkilere odaklanan herhangi bir araştırma yapılmadığı için olası etkilerin yönü ve boyutları hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasının önemli çıkış noktalarından biri de bu bilgi eksikliğinin giderilmesi yönünde ilk çalışmanın yapılması ve daha sonra yapılacak olan araştırmalar için bir ön çalışma oluşturulmasının sağlanmasıdır.

Geyikbayırının ilk yıllarında açılan ve tırmanıcılar tarafından çokça tercih edilen rotaların kaya yüzeylerinde, kaya tırmanıcılar tarafından “mumlanma” adı verilen aşınmalar/bozulmalar meydana geldiği görülmektedir. Mumlanma (pürüzlülüğün kaybolması); kaya yüzeyi yapısının aşınarak/bozularak, kaya pürüzlülüğünün azalması ve cilalanmış gibi bir görüntüye ulaşmasına verilen addır. Kaya yüzeyinde oluşan bu aşınmaların/bozulmaların tırmanış sırasında özellikle ayak basışının yaratmış olduğu sürtünmeden (Şekil 1.3) kaynaklı olduğu ve bu noktalarda yoğunlaştığı görülmektedir. Kaya tırmanışı için yüzey sürtünmesi önemli bir faktördür. Kaya tırmanıcıları, elleri ve kaya arasındaki sürtünmeyi arttırmak için cimnastikçilerin kullandıkları magnezyum tozunu (Kilgas vd., 2016: 553) ve daha iyi basış yapabilmek için “friction” yani Türkçe ’de “sürtünme” anlamına gelen, kaya tırmanış ayakkabısını kullanmaktadırlar. Bu nedenle, kaya yapısının bozulması, hem kaya tırmanma deneyimini olumsuz etkilemekte hem de doğal kaynağın bozulmasına neden olmaktadır. Bu etkinin en aza indirilmesiyle, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanacağı ve kaya tırmanış bölgesinin (destinasyon) yaşam ömrünü uzatacağı öngörülmektedir.



Şekil 3 Kaya Tırmanışı Basış Teknikleri Örnekleri Kaynak: (www.climbing.com, 2024)

Destinasyon yaşam ömrü, taşıma kapasitesi kavramıyla dinamik tarzda birbirleri ile ilişkilidir (Uysal ve Baloğlu, 1994: 36). Bu kavram göz ardı edilirse kontrolsüz büyümenin bölgede olumsuz etkiler yaratması mümkündür. Rekreatyone taşıma kapasitesi, belirli bir zaman diliminde, fiziksel yapısına ve ziyaretçilerin deneyimine zarar vermeden, gelişmiş bir bölgenin kullanılabilirliği özelliğini ifade eder. Ne kadar kullanımın yeterli olduğu sorusu da

doğal kaynak yönetimi için önemli bir sorudur. Bu kapsamda, rekreasyonun fiziksel kaynaklara etkisi taşıma kapasitesi kavramının bileşenlerinden biridir (Lime ve Stankey, 1979: 105-118). Taşıma kapasitesi limitlerini sayısal olarak belirlemek zor olsa da bu limitler turizmde rekreasyon planlamasının önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, doğru bir şekilde planlama yapabilmek ve sürdürülebilir turizm faaliyetlerini desteklemek için taşıma kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir (Avcı, 2007: 494). Bu anlamda, Geyikbayırı bölgesinde gerçekleşen kaya tırmanış etkinliği içinde taşıma kapasitesinin belirlenmesi, bölge geleceği için gerekliliktir. Taşıma kapasitesi kavramının hem ekolojik hem sosyolojik boyutları vardır (Erdoğan, 2003: 16). Bu tez çalışması, bölgenin ekolojik değerine zarar vermeden barındırabileceği maksimum kişi sayısını belirlemeye yönelik fiziksel taşıma kapasitesini incelemektedir. Bu kapsamda yapılan çalışma ile aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- Kaya tırmanışının kaya yüzeyinde fiziksel etkileri var mıdır?
- Laboratuvar ortamında kaya tırmanışı simüle edilerek kaya yüzeyine fiziksel etki yaratılabilir mi?
- Geyikbayırı bölgesindeki kaya yapısı kaç tırmanıştan sonra bozulmaya başlamaktadır?
- Tırmanış sayısı ile kaya yüzeyinin bozulma ilişkisi nasıldır?
- Geyikbayırı bölgesinde kaç tırmanıştan sonra kaya yapısındaki bozulma gözle görülür düzeye ulaşmaktadır?
- Bir tırmanış rotasının fiziki taşıma kapasitesi kaç kişidir?
- Bir tırmanış rotasının yaşam ömrü ne kadardır?

Yukarıda listelenen soruları cevaplamak amacıyla deneysel desenli bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, çevreye zarar vermeden Geyikbayırı bölgesinden alınan ve bölgedeki kaya yapısını temsil eden kaya örnekleri üzerinde laboratuvar ortamında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler, kaya tırmanışını simüle etmek amacıyla tasarlanmış hız ve ağırlık kontrollü bir yüzey eskitme makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAYA TIRMANIŞI ve TAŞIMA KAPASİTESİ

1.1. Kaya Tırmanışı

İnsanoğlu doğduğu andan itibaren, içgüdüsel olarak yürümeden önce tırmanma eylemini gerçekleştirmeye başlar. Bu nedenle tırmanma, en temel insan hareketlerinden biri olarak kabul edilir (www.ifsc-climbing.org, 2024). Kaya tırmanışı, fiziksel güç, esneklik ve dengenin kaya yüzeyi üzerinde bir uyum içinde kullanılması olarak tanımlanabilir (Buzbaş, 2002: 266). Kaya tırmanışı, tırmanıcıların yalnızca bacaklarını kullanarak ilerleyemediği durumlarda kollarını da kullanarak kayalık yüzeyde ilerlemelerini gerektiren bir fiziksel aktivite olarak tanımlanmaktadır (Sturm ve Zintl, 1986: 13).

Bu spor dalı, 1960'larda dik kayalık bölgelerde dağ tırmanışının bir beceri pratiği olarak ortaya çıkmış ve başlangıçta küçük bir dağcı grubunca uygulanmıştır. Ancak 1980'lerin ortalarına gelindiğinde, kaya tırmanışı dünya genelinde büyük bir popülerlik kazanmıştır (Schöffl vd., 2010: 658). Kaya tırmanışı, birçok alt disiplini bünyesinde barındıran bir spor dalıdır ve her gün yaklaşık 3000 kişi tarafından ilk kez denenmektedir. Ayrıca, 2020 Olimpiyat Oyunları'na dahil edilerek olimpik bir spor dalı olma özelliği kazanmıştır (IFSC, 2018).

Dağcılık kökenli bir spor olarak gelişim gösteren kaya tırmanışı, kaya yüzeylerinden ilerleyerek dağların zirvesine ulaşma çabalarıyla ortaya çıkmıştır. Avrupa'nın en yüksek doruğu olan Mont Blanc (4807 m.) dağına 1786 yılında yapılan tırmanış, kaya tırmanışının başlangıcı kabul edilebilir (Aras, 2015: 43). Dağcılığın bir disiplini olarak ortaya çıkan kaya tırmanışı, zamanla kendi içinde çeşitli alt dallara ayrılarak gelişmiştir. Kaya tırmanışı temel olarak iki ana kategoriye ayrılır: Serbest tırmanış (Free Climbing) ve yardımcı tırmanış (Aid Climbing). Serbest tırmanış, tırmanıcının kaya yüzeyine tutunarak ilerlediği, ancak güvenlik amacıyla ip ve diğer malzemelerin kullanıldığı bir tırmanış türüdür. Yardımlı tırmanış ise, tırmanıcının yalnızca güvenlik için değil, aynı zamanda ilerlemek için de ipler ve teknik malzemeler kullandığı bir tırmanış türüdür. Kısa kaya tırmanışı, herhangi bir emniyet almadan ve yerden çok fazla yükselmeden gerçekleştirilen serbest tırmanış türüdür. Geleneksel tırmanış, tırmanıcının emniyet noktalarını teknik malzeme kullanarak oluşturduğu ve bu noktaların tırmanıcı veya artçı tırmanıcı tarafından toplandığı tırmanış türüdür. "Spor tırmanış," (Sport Climbing) genellikle kaya üzerinde sabitlenmiş boltlar gibi güvenlik noktalarının bulunduğu rotalarda gerçekleştirilen bir tırmanış türüdür. Spor tırmanışta, tırmanıcı önceden belirlenmiş

rotalarda tırmanır ve bu rotalarda emniyet noktaları (boltlar) kayaya önceden sabitlenmiştir. Tırmanıcı bu noktalara kendi ipini klipleyerek tırmanır. Bu tırmanış türü, doğal veya yapay ortamlarda gerçekleştirilebilmekte, yarışma formunda organize edilebilmekte ve nispeten daha az malzeme ve maliyet ile gerçekleştirilebilmektedir. Spor kaya tırmanışı, geleneksel tırmanışa göre daha güvenlidir ve bu nedenle 2000'li yıllarda büyük bir popülerlik kazanmıştır (Hill, 2010: 77).

Türkiye Dağcılık Federasyonu'nun üyesi olduğu Uluslararası Spor Tırmanış Federasyonu (International Federation of Sport Climbing, IFSC), dünya genelinde yaklaşık 25 milyon kişinin düzenli olarak kaya tırmanışı yaptığını belirtmektedir (www.ifsc-climbing.org, 2024). Bu sayı, kaya tırmanışın küresel popüleritesini ve yaygınlığını göstermektedir. Kaya tırmanışı, kaya tırmanıcılarının fiziksel ve zihinsel sınırlarını zorlamalarına olanak tanıyan, doğa ile bütünleştiği bir aktivite olmasını sağlayan bir spor dalı olarak oldukça önemlidir.

Kaya tırmanışı hem fiziksel hem de psikolojik açıdan zorlu ve estetik bir spordur. El ve ayakların yalnızca çok küçük kısımlarının tırmanma yüzeyi ile temas ettiği bu spor, ister dikey bir doğrultuda yukarı isterse yatay bir şekilde eğimli yüzeylerde yapılabilir. 1900'lerin ortalarında daha popüler olmasına rağmen, kaya tırmanışının tarihi 1800'lere kadar uzanmaktadır. 1990'ların sonlarına doğru ise kaya tırmanışı, açık hava sporlarının yanı sıra kapalı alanlarda da yapılır hale gelmiş ve yarışmalar ile rekabetçi bir spor haline gelmiştir (Zhu vd., 2021: 663). Kapalı spor salonları içinde inşa edilen yapay tırmanma duvarlarının yaygınlaşmasıyla birlikte tırmanmayı öğrenmek günümüzde çok kolay hale gelmiştir (Schöffl ve Winkelmann, 1999: 14). 2016 yılında yapılan bir çalışmada kapalı spor salonlarında spor tırmanış ve kısa kaya (boulder) tırmanışı yapan tırmanıcıların sayısı tahminen 7,5 milyon kişi olarak belirlenmiştir (Schwartz vd., 2016: 25).

Doğal kayalarda yapılan tırmanış ile kapalı spor salonları içinde inşa edilen yapay tırmanma duvarlarının yaygınlaşmasıyla birlikte tırmanmayı öğrenmek günümüzde çok kolay hale gelmiştir (Schöffl ve Winkelmann, 1999: 14). Artan popülerite ile spor kaya tırmanışı, dağcılıktan ayrılarak kendi başına gelişim gösteren bir spor dalı haline gelmiştir. 2007 yılında kurulan Uluslararası Spor Kaya Tırmanış Federasyonu (IFSC), bu spor dalının resmi olarak Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Federasyonu'ndan (UIAA) ayrılarak özerkleşmesini sağlamıştır. Günümüzde IFSC, 5 kıtada 86 ülkede örgütlenmiş ve 2000'den fazla müsabık sporcusu bulunan bir federasyondur (www.ifsc-climbing.org, 2024). 4 Ağustos 2016'da Uluslararası Olimpiyat Komitesi'nin (IOC) 129. genel kurul oturumunda kaya tırmanışını Tokyo 2020 Olimpiyat Oyunları için resmi bir spor olarak kabul edilmiştir. 7 Aralık 2020'de, IOC Yürütme Kurulu kaya tırmanışının Paris 2024 Olimpiyat Oyunları'na dahil edilmesini

yeniden onaylamış ve madalya sayısını ve katılım kotasını artırmıştır. Kaya tırmanışının Olimpiyat Oyunları'na dahil edilmesi dünya çapında büyük ilgi uyandırmış ve ulusal rekabetçi sporların gelişim stratejilerini yeniden düzenlemelerine neden olmuştur. Gelişmekte olan bu spor dalının olimpiyat oyunlarına kabul edilmesiyle birlikte ülkeler kaya tırmanışı için bir yetenek eğitim sistemlerini düzenlemeye başlamıştır. Ayrıca, kaya tırmanışı etkinliklerin büyük televizyon ağlarında yayını artmış ve daha geniş bir izleyici kitlesine ulaşarak bu spora ilgiyi arttırmıştır. Bunu takip eden süreçte bu spora olan ilginin artmasıyla beraber kapalı tırmanış salonları sayısının büyük ölçüde arttığı görülmektedir. Tırmanış sporu, günden güne yaygınlaşarak kendi halinde bir spor olmaktan kurtulmuş, birçok kişinin ilgisini çeken, izlenen ve düşünüldüğünün aksine tehlikeli bir spor olduğu algısını değiştirerek birçok kişi tarafından denenen bir spor haline almıştır.

Hatta bu spor branşı bazı okullarda, spor müfredatının bir parçası olarak yer almaktadır (Schöffl ve Kuepper, 2006: 187). Türkiye’de ise Türkiye Dağcılık Federasyonu tarafından 29 Mart 2018 tarihinde Ankara’da yapılan bir toplantıda, “Spor Tırmanış” talimatı imzalanmış ve bu branş resmen “Okul Sporları” bünyesine katılmıştır.

1.1.1. Kaya Tırmanışı ve Turizm İlişkisi

Kaya tırmanışı, kimi zaman dağcılık çatısı altında değerlendirilirken, kimi zaman da bağımsız bir spor dalı olarak görülmektedir. Günümüzde kaya tırmanışı, sadece bir sportif etkinlik olmaktan öte, insanların boş zamanlarını değerlendirmek için tercih ettikleri önemli bir rekreasyonel ve turistik faaliyet haline gelmiştir. Bu nedenle, kaya tırmanışı kavramını açıklayan farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar: performans sporu, rekreasyon ve turizm olarak açıklanmıştır. Kaya tırmanışı, doğa temelli turizm (Priskin, 2001: 639), macera turizmi (Pomfret, 2006: 114; Swarbrooke vd., 2003: 314) ve spor turizmi (Weed ve Bull, 2004: 183) gibi çeşitli turizm kategorileri içinde değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, "tırmanış turizmi" (Hanemann, 2000: 21) olarak da ele alınmaktadır. Kaya tırmanışı günümüze kadar çok farklı perspektiflerden ele alınmıştır ancak hangi perspektiften bakılırsa bakılsın, kaya tırmanışı günümüzde doğada gerçekleşen önemli bir rekreasyonel ve turistik faaliyeti olarak kabul edilmektedir.

Özellikle batı toplumlarında, 1990'lardan itibaren kaya tırmanışına gösterilen ilgi artmıştır. Schuster vd. (2001: 404), bu yıllarda Amerika'da 400.000 kişinin farklı amaçlar, değerler ve ilgilerle kaya tırmanışına katıldığını belirtmektedir. Günümüzde ise bu ilginin daha da arttığı söylenebilir. Outdoor Industry Association'ın (2005) raporuna göre, Amerika'da kaya tırmanışına katılan kişi sayısı 10 milyonu aşmıştır. Avrupa'da da benzer bir popülerlik artışı

gözlenmektedir. İtalya'da son 10 yılda %200' lük, İngiltere'de ise sadece 1989-1993 yılları arasında %40'lık bir artış olmuştur (Aras, 2015: 43) Günümüzde Avrupa'da kaya tırmanışına katılan kişi sayısının 1,6 milyonun üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Hanemann, 2000: 21). IFSC'ye göre, dünya genelinde açık hava aktivitelerine tutkun her 10 kişiden 1'i (yaklaşık 25 milyon kişi) düzenli olarak tırmanmakta ve her gün 3000 kişi ilk kez tırmanış deneyimi yaşamaktadır. 2021 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde tırmanışa katılan kişi sayısı yaklaşık 10,35 milyon olarak gerçekleşmiştir. Bu, bir önceki yılın toplam 10,28 milyon katılımcısına göre görece düşük bir artış göstermektedir (www.statista.com, 2024).

IFSC, dünya genelindeki tırmanıcıların sayısını belirlemek amacıyla “Vertical Life” adlı bir sivil toplum kuruluşunu görevlendirmiştir. Bu çalışmaya hem kapalı spor salonlarında tırmanış faaliyetleri gerçekleştiren kişiler hem de doğal kayada gerçekleştirilen açık alan tırmanış faaliyetlerinde bulunan kişiler dahil edilmiş, ancak yürüyüşçüler ve macera parkı tırmanıcıları hariç tutulmuştur. IFSC'nin 2019 yıllık raporuna göre, her ülkenin ortalama tırmanıcı yüzdesini dünya nüfusuyla kıyasladıktan ve aşırı yoksulluk içindeki nüfusları hariç tuttukten sonra, dünya çapında yaklaşık 44,5 milyon tırmanıcı olduğunu tahmin etmektedir (www.ifsc-climbing.org, 2024).

Kaya tırmanışına olan talebin artmasıyla birlikte, tırmanıcıların farklı bölgelerde ve kaya yapılarında tırmanma istekleri de artmıştır. Bu durum, rekreasyonel bir taleple birlikte turistik bir hareket de yaratmaktadır. Kaya tırmanışı mevsimsel bir özellik gösterdiğinden, tırmanıcılar sıkça seyahat etmekte ve bu seyahatler tırmanma kültüründe önemli bir yer tutmaktadır (Rickly, Boyd 2012: 85). Uygun iklim koşullarında tırmanmak için farklı bölgelere seyahat eden tırmanıcılar, bu süreçte turistik hareketler de yaratmaktadır. Avrupa'da yapılan bir araştırma, uluslararası kaya tırmanış turizminin genellikle batı ve orta Avrupa ülkelerinden kaynaklandığını ve bu talebin öncelikle Avrupa'nın güneyindeki güneşli tırmanış alanlarına yöneldiğini ortaya koymuştur (Hanemann, 2000: 21). Bu talebi karşılamak amacıyla dünyanın birçok yerinde tırmanış bölgeleri ve rotaları oluşturulmuştur (Şekil 1.4). Sadece Avrupa, Kuzey Amerika, Güney Afrika ve Tayland'da 100.000'in üzerinde kaya tırmanış rotası bulunmaktadır (www.climb-europe.com, 2024).



Şekil 1.1 Kaya Tırmanışı Yapılan Bölgelerin Dünya üzerindeki Dağılımı

(Kaynak: www.climb-europe.com)

1.1.2. Doğal Alanlardaki Turizm ve Rekreasyon Faaliyetlerinin Çevresel Etkileri

Turizm, dünya genelinde gayri safi milli hasılanın %9,2'sini oluşturan ve 235 milyon kişiye iş imkânı sağlayan en büyük endüstrilerden biridir (WTTC, 2010: 38). Bu yapı içerisinde dağlık alanların özel bir yeri vardır ve sahil bölgelerinden sonra en popüler ikinci destinasyon olarak kabul edilirler (Mieczkowski, 1995: 91). Doğa yürüyüşü, kampçılık, dağcılık, kaya tırmanışı, dağ bisikleti ve vahşi yaşam gözlemi gibi etkinliklere yönelik artan talep, dağ turizmi ve rekreasyon pazarının genişlemesine ve hızlı büyümesine öncülük etmektedir (Kruk ve Banskota, 2007: 21; Nepal, 2003: 665). Bu etkinliklerin hızla gelişmesi, dağ turizmini doygunluk seviyesine ulaştırarak çevre ve ekosistem üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır.

Turizm ve rekreasyon faaliyetleri, doğal habitatlar üzerinde ciddi tahribatlara yol açabilir. Turistlerin bitki, hayvan, kaya, mercan veya kültürel eserleri toplaması, doğal ekosistemlerin dengesini bozabilir ve bu, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve bazı türlerin neslinin tükenmesine neden olabilir. Özellikle korunan alanlarda gerçekleştirilen spor faaliyetleri, doğal çevreye zarar verebilir. Toprak erozyonu, bu tür etkinliklerin yaygın bir sonucudur ve bu durum yaban hayatını olumsuz etkiler. Toprak erozyonu, bitki örtüsünün azalmasına, su kalitesinin düşmesine ve habitatların bozulmasına yol açar. Bu da yaban hayatının yaşam alanlarını kaybetmesine ve popülasyonlarının azalmasına neden olabilir (Belsoy vd., 2012: 66).

Turizmin ve rekreasyonun çevresel etkileri şu yönlerden değerlendirilebilir: fiziksel, biyolojik, sosyoekonomik, doğal, yapı ve kültürel çevrelerde bulunan turistik varlıkların veya

cazibe merkezlerinin sınıflandırılmasıyla yakından ilgili geniş veya genel kategoriler; kısa vadeli veya uzun vadeli etkiler (Escap, 1991: 90); olumlu veya olumsuz etkiler, yerel, bölgesel ve hatta küresel etkiler ve doğrudan, dolaylı veya uyarılmış etkiler dahil olmak üzere zaman veya mekân üzerindeki etkilerdir.

Wong (2004: 458), turizmin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini özetlemektedir. Bu etkiler arasında doğal kaynaklar üzerindeki baskı (enerji tüketimi, su temini sorunları, arazi kullanımı ve toprak erozyonu), yaban hayatına ve habitatlara zarar verme ve biyoçeşitlilik kaybı (bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve temizlenmesi, orman örtüsünün kaybı, yaban hayatının rahatsız edilmesi, mercan resiflerine zarar verilmesi, türlerin zarar görmesi) ile kirlilik (hava kirliliği, arıtılmamış atık su, gürültü kirliliği, katı atık ve çöp) yer almaktadır.

Ceballos (1996: 209) turizmin çevre üzerindeki etkilerini çeşitli kategorilerde sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma, jeolojik yapılar, mineraller ve fosiller üzerindeki etkilerden başlayarak, toprak, su kaynakları, bitki örtüsü ve hayvan yaşamı üzerindeki etkileri içerir. Ayrıca, turizmin sanitasyon, peyzajın estetik özellikleri ve kültürel çevre üzerindeki etkileri de dikkate alınmaktadır. Turizmin jeolojik yapılar üzerindeki etkileri, doğal oluşumların bozulmasına, minerallerin ve fosillerin tahrip edilmesine yol açabilir. Toprak üzerindeki etkiler, erozyon ve toprağın verimliliğinin azalması şeklinde görülebilir. Su kaynakları üzerindeki etkiler ise su kirliliği ve suyun aşırı tüketimi gibi sorunları içerir. Bitki örtüsü üzerindeki etkiler, bitkilerin tahrip edilmesi ve ormansızlaşma olarak kendini gösterir. Yaban hayatı üzerindeki etkiler, habitat kaybı ve türlerin neslinin tükenmesi gibi ciddi sonuçlara yol açabilir. Sanitasyon üzerindeki etkiler, atık yönetimi ve atık su arıtma sistemlerinin yetersizliği nedeniyle çevre kirliliğine neden olabilir. Peyzajın estetik üzerindeki etkileri, doğal güzelliklerin bozulması ve manzara değerlerinin azalması şeklinde ortaya çıkabilir. Kültürel çevre üzerindeki etkiler ise tarihi ve kültürel varlıkların tahrip edilmesi veya turistik faaliyetler nedeniyle bozulması şeklinde kendini gösterebilir.

Turizmin bu geniş kapsamlı çevresel etkileri, doğal ve kültürel kaynakların korunmasını ve sürdürülebilir turizm uygulamalarının önemini vurgulamaktadır. Turizm faaliyetleri, doğru planlama ve yönetimle, çevresel etkilerini en aza indirerek hem turistlerin hem de yerel toplulukların yararına olacak şekilde sürdürülebilir hale getirilebilir. Bu, ekosistemlerin korunmasını sağlarken, turizmin ekonomik ve sosyal faydalarının da devam etmesini mümkün kılar.

Çevresel değişiklikler, ekonomik büyüme, nüfus artışı, teknolojik yenilikler ve kurumsal yetkinlikler gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Korunan alanlardaki turizmden

kaynaklanan çevresel etkiler, doğrudan, dolaylı ve kümülatif etkiler olmak üzere üç kategoriye ayrılır. Bu üç etki grubu, doğaları gereği olumlu ve olumsuz etkiler, rastgele ve öngörülebilir etkiler, yerel ve yaygın etkiler, geçici ve kalıcı etkiler ve kısa ve uzun vadeli etkiler olarak daha da sınıflandırılabilir (Belsoy vd., 2012: 66).

Doğal alanlar, rekreasyon ve turizm amaçlı yoğun kullanım veya taşıma kapasitelerinin üzerinde kullanıma maruz kaldıklarında bu etkinliklerden olumsuz etkilenmektedirler. Araştırmalar, doğa sporları ve açık hava rekreasyon etkinliklerinin doğal alanlara olumlu etkilerde bulunabileceği gibi çeşitli olumsuz etkiler de yaratabileceğini göstermektedir (Atik vd., 2009: 255; Balci ve Koçak, 2014: 49; Cole, 2004: 3). Özellikle turist veya katılımcı sayısının artması, turizmin çevresel etkilerinin de artmasına neden olmaktadır (Hillery vd., 2001: 860). Bu nedenle, doğal alanlarda gerçekleştirilecek etkinliklerin iyi bir planlamayla yapılması, bu alanların sürdürülebilir kullanımına olanak sağlayacaktır.

1.1.3. Bir Turizm Türü Olarak Kaya Tırmanışı

Kaya tırmanışı turizmi, bir bölgenin doğal kayalık alanlarını ve tırmanma imkanlarını turistler için çekici hale getirerek turizm potansiyelini artıran bir turizm türüdür. Bu turizm türü hem sporcu hem de doğa sever olan turistler için ilgi çekici bir aktivite sunar. Kaya tırmanışı turizmi, turistlere doğal çevreyle etkileşimde bulunma, fiziksel aktivite yapma ve doğal güzellikleri keşfetme fırsatı sunar. Aynı zamanda, bu turizm türü bölgeye ekonomik katkı sağlayabilir, yerel işletmelerin ve turizm endüstrisinin gelişmesine destek olmaktadır. Bunun başlıca nedeni, doğal kayalık alanların korunmasına da katkı sağlamasıdır, çünkü bu alanların turizm amaçlı kullanımı genellikle koruma ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu olması gerektiğinden, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini teşvik eder. Bu nedenlerden dolayı, kaya tırmanışı turizmi, bir bölgenin turizm potansiyelini artırırken doğal ve kültürel kaynaklarını korumasına yardımcı olan önemli bir turizm türüdür (Aldybayev vd., 2021: 1451; Batyrbekov vd., 2022: 1419).

Kaya tırmanışı, tırmanış bölgelerine turist çekmekle kalmayıp aynı zamanda ekonomik açıdan da katkı sağlamaktadır. Araştırmalar, kaya tırmanışı bölgelerinde yıllık milyonlarca dolarlık harcamaya ve yüzlerce iş imkânı oluşturmaya yardımcı olduğunu göstermektedir (Qianru ve Yuan, 2021: 3). Kaya tırmanışı turizmi, bölgeye gelen ziyaretçilerin konaklama, yeme-içme, alışveriş ve diğer hizmetler için harcama yapmalarını teşvik etmekte ve bu sayede tırmanış bölgelerindeki turizm endüstrisinin gelişmesine yerel işletmeler ve bölgede yaşayan lokallerin büyümesine destek olmaktadır. Bu harcamalar, yerel ekonomiyi canlandırmakta ve

bölgedeki iş olanaklarını artırmaktadır. Kaya tırmanışı ve turizm ilişkisi, bölgenin ekonomik kalkınmasına önemli bir ivme kazandırmaktadır. Bu aktivite, sadece doğa sporları meraklılarını değil aynı zamanda genel turist kitlelerini de cezbetmektedir (Maples ve Bradley, 2021: 193).

Kaya tırmanışının yerel ekonomik etkilerini değerlendiren çok sayıda çalışma yapılmıştır. Batı Virginia'nın New River Gorge bölgesinde yapılan bir çalışmada, ziyaretçi kaya tırmanıcılarının 2018 yılında Fayette, Nicholas ve Raleigh ilçelerinde 12,1 milyon dolar harcadığı tahmin edilmiştir (Maples vd., 2019: 2). Kentucky'deki Red River Gorge'da da benzer bir çalışma yapılmış ve "dağcıların her yıl bölge ekonomisine tahmini 3,6 milyon dolar harcadığı" tespit edilmiştir (Maples vd., 2017: 61). Doğa Endüstrisi Derneği, 2017 yılında dağcıların ulusal ekonomiye 12.450.000.000 \$ katkıda bulunduğunu ve %87' den fazlasının gezilerden ve seyahatlerden geldiğini (State of Climbing Report, 2019: 13) bildirmiştir.

Kaya tırmanışı turizmi, doğa sporları ve turizm alanlarını bir araya getiren özel bir turizm türüdür. Bu aktivite, turistlerin doğal güzellikleri keşfetmelerine ve fiziksel olarak meydan okuyucu bir deneyim yaşamalarına olanak tanır. Kaya tırmanışı turizmi genellikle dağlık bölgelerde veya doğal kaya oluşumlarının bulunduğu alanlarda gerçekleşir. Kaya tırmanışı turizmi, doğa sporlarına ilgi duyan turistler için benzersiz ve heyecan verici bir deneyim sunmaktadır (Qianru ve Yuan, 2021: 4). Bu turizm türü, turistlere doğal çevreyle etkileşimde bulunma fırsatı verirken aynı zamanda fiziksel ve zihinsel meydan okumaları da beraberinde getirir. Kaya tırmanışı turizmi, turistlere doğanın güzelliklerini keşfetme ve doğal kayalıklarda eşsiz deneyimler yaşama şansı sunar. Kaya tırmanışı turizmi, doğal çevrenin korunması ve sürdürülebilir turizm uygulamalarının teşvik edilmesi açısından da önemlidir. Bu turizm türü, doğal kaynakların korunmasına ve yerel ekonominin desteklenmesine katkıda bulunabilir. Aynı zamanda, kaya tırmanışı turizmi, turistlerin doğa sporlarına olan ilgisini artırabilir ve turizm sektörünü çeşitlendirebilir (Maples ve Bradley, 2021: 193).

Kaya tırmanışı, turizm açısından önemli bir aktivite olarak kabul edilmektedir. Özellikle doğal ve jeolojik güzelliklere sahip bölgelerde yapılan kaya tırmanışı, turistlerin ilgisini çekebilmekte ve bölgeye turizm geliri sağlayabilmektedir. Kaya tırmanışı, doğa sporları turizminin bir parçası olarak bölgeye farklı turist profillerini çekebilir ve turizm çeşitliliğini artırabilir. Bu da bölgenin turizm potansiyelini artırabilir (Marrosu ve Balvis, 2020: 7).

Kaya tırmanışı faaliyetlerinin çevresel etkileri göz önünde bulundurularak sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu, doğal alanların korunması, jeolojik mirasın muhafaza edilmesi ve çevresel dengenin korunması açısından önemlidir. Kaya tırmanışı faaliyetlerinin yönetilmesi, doğal habitatların korunması, kaya oluşumlarının zarar görmemesi ve yaban hayatının etkilenmemesi için gerekli önlemlerin alınmasını içermelidir (Newsome ve

Dowling, 2010: 173). Aynı zamanda, kaya tırmanışı faaliyetlerinin turizm açısından sürdürülebilir olması da önemlidir. Bölgenin doğal ve jeolojik mirasının korunması, turizm gelirlerinin uzun vadeli olarak sürdürülebilir olmasını sağlayabilir (Marrosu ve Balvis, 2020: 7).

1.1.4. Kaya Tırmanışının Çevresel Etkileri

Kaya tırmanışı, doğal çevreye çeşitli etkilerde bulunabilir. Bu etkiler arasında bitki örtüsü üzerindeki fiziksel hasar, toprak erozyonu, habitat kaybı ve bitki çeşitliliği azalması yer almaktadır. Kaya tırmanışı sırasında tırmanıcılar bitki örtüsüne doğrudan temas edebilir, bitkilerin kopmasına veya zarar görmesine neden olabilir. Ayrıca, tırmanıcılar tarafından oluşturulan patikalar ve aktiviteler toprağın sıkışmasına ve erozyona yol açabilir, bu da bitki kök sistemlerine zarar verebilir. Yoğun kaya tırmanışı alanlarında bitki çeşitliliği azalabilir ve nadir bitki türlerinin yaşam alanları kaybolabilir. Bu etkilerin anlaşılması ve yönetilmesi, kaya tırmanışı ile doğal çevre arasındaki dengeyi korumak için önemlidir (Bogges vd., 2017: 206, 2021: 2). Park yerinden tırmanış alanlarına ulaşım, erozyon açısından ciddi bir endişe kaynağı olabilir. Birçok tırmanış alanına, resmi patikalar yerine kullanıcıların oluşturduğu "sosyal" patikalar ile erişilmektedir. Bu patikalar, kullanıcıların bitki örtüsünü çiğneyip toprağı sıkıştırarak pasif bir şekilde veya el aletleri kullanarak aktif bir şekilde oluşturulur. Pasif oluşum, aktif olanından daha yaygındır. Yetkisiz patika yapımı birçok açıdan sorunludur; bunlar arasında erozyon sorunları genellikle en belirgin olanıdır. Tırmanış erişim patikaları, genellikle doğrudan tırmanış alanının tabanına ulaşan dik yokuşları takip ettikleri için sürdürülemez eğimlere sahiptir. Tırmanış alanının tabanında, erozyon ve toprak bozulması/sıkışması yaygın bir sorundur (Ryan, 2022: 26).

Doğal alanlarda gerçekleştirilen pek çok rekreasyon ve turizm faaliyeti gibi, dağcılık ve özellikle kaya tırmanışı da çevre üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır. Kaya tırmanışına olan ilginin artmasıyla birlikte, insanların kayalık alanları kullanması da artmış ve bununla birlikte çevresel etkiler de çoğalmıştır. Pyke (2001: 17), kaya tırmanışının çevresel etkilerini altı farklı bölgeye ayırarak incelemiştir. Bu bölgeler, kayaya yaklaşım alanı (patika), hazırlanma alanı (kaya yüzeyinin tabanı), tırmanış alanı (kaya yüzeyi), zirve (kaya yüzeyinin üst noktası), iniş alanı (iniş için kullanılan patika veya kaya yüzeyi) ve kamp alanıdır.

Bu etki alanları incelendiğinde, iki temel boyut olduğu görülmektedir. Birinci boyut, kaya tırmanışının gerçekleştiği ana alan olan kaya ortamıdır. İkinci boyut ise, kaya tırmanma etkinliğinin gerçekleştiği kaya ortamı dışında kalan doğal alanlardır. Literatürdeki çalışmalar da bu iki boyut üzerinde yoğunlaşmıştır. (Attarian ve Pyke, 2000: 35) tarafından yapılan bir

bibliyografya çalışmasında, kaya tırmanışının çevresel etkilerine odaklanan 154 makale incelenmiş ve bu makalelerden elde edilen sonuçlar vahşi yaşam, bitki örtüsü, sosyal etkiler, ekonomik etkiler, kaya ekolojisi ve yönetim gibi kategorilere ayrılmıştır.

Bu kapsamda, kaya tırmanışının potansiyel etkileri üç temel alanda toplanmaktadır: çevresel (ekolojik), sosyo-kültürel ve ekonomik etkiler. Ancak, mevcut literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmı kaya tırmanışının çevresel etkilerine odaklanmıştır. Bu çalışmaların çoğunda, kaya tırmanışının toprak erozyonuna, sosyal patikaların oluşumuna, çöp ve atıkların uygun olmayan yöntemlerle imha edilmesine, doğal yaşamın rahatsız edilmesine ve bitki örtüsü ile kaya yapılarına zarar verilmesine yol açtığı belirtilmiştir.

Kaya tırmanışının doğal çevreye olan etkilerini anlamak için alanın ekolojik özellikleri, bitki örtüsü, habitat çeşitliliği ve hassas türlerin varlığı değerlendirilmelidir. Etkiler sistematik bir şekilde değerlendirilmeli ve uzun vadeli izleme yapılmalıdır. Karşılaştırmalı çalışmalar farklı etki düzeylerini ve çevresel değişkenleri anlamak için önemlidir. Araştırmaların sonuçlarına dayanarak, kaya tırmanışı için en iyi uygulamalar geliştirilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Bu uygulamalar, doğal çevreye olan etkileri en aza indirmek ve ekosistemleri korumak için rehberlik sağlayabilir (Boggess vd., 2017: 206, 2021: 2).

Doğal alanların yoğun şekilde rekreasyonel ve turistik amaçlarla kullanılması, bu etkinliklerin çevresel etkilerini artırmaktadır. Bu yoğun kullanımın en büyük etkisi, bu alanların kullanımı sırasında kullanıcıların zemin yapısı ve bitki örtüsü üzerinde oluşturduğu "çiğneme" etkisidir. Bu etkiler, genel anlamda doğal alanlarda gerçekleştirilen rekreasyonel ve turistik etkinliklerin en önde gelen sorunlarından biridir. Bu konudaki çalışmalar, 1970'li yılların başlarından itibaren açık hava rekreasyon etkinliklerinin doğal alanlara olan etkilerini geniş ölçekte incelemeye başlamıştır (Cole, 2004: 7).

Çiğneme etkisi, bitki örtüsünün kaybına, bitki türlerinin azalmasına veya yok olmasına, bitki boylarının kısılmasına yol açmakla birlikte (Atik vd., 2009: 253; Bayfield, 1979: 177; Sun ve Liddle, 1993: 509) toprak yapısının sıkışmasına neden olarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimlere (Kissling vd., 2009: 304) yol açmaktadır. Bu nedenle, rekreasyonel ve turistik amaçlarla kullanılan doğal alanların fiziksel taşıma kapasitelerinin belirlenmesi önemlidir, çünkü bu etkinin uzun vadede kalıcı hale gelmesi doğanın kendini yenilemesini zorlaştırmaktadır.

Kaya tırmanışı etkinlikleri de benzer etkiler yaratarak bitki örtüsüne zarar vermekte ve toprağı sıkıştırılmaktadır, çünkü tırmanış rotalarına ulaşmak için tırmanıcılar doğal alanlarda yürümek zorundadır. Ayrıca, kaya tırmanış rotalarının bulunduğu kaya yüzeylerinin taban kısımlarında da çiğneme etkisi oluşmakta ve bu alanlarda toprak yapısının bozulmasına neden

olmaktadır. Kamp alanlarında ve patikalarda insan faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü, ışık, çöp, ateş gibi etkiler de doğal yaşamı rahatsız ederek doğal alanlara olumsuz etkiler yaratmaktadır (Rusterholz vd., 2011: 1025).

Kaya tırmanışının, gerçekleştiği kaya yapısına olumsuz etkiler yarattığı düşünülmektedir (Nuzzo, 1995: 133). Bu etkinliğin potansiyel etkileri üzerine yapılan araştırmalar genellikle kayalık alanlardaki bitki örtüsünün yapısı ve bileşenlerindeki değişimlere odaklanmaktadır (Vogler ve Reisch, 2011: 900). Araştırmalar, kaya tırmanışının kaya yüzeyindeki bitki örtüsüne zarar verdiğini (Adams ve Zaniewski, 2012: 255; Clark ve Hessel, 2015: 706; Farris, 1995: 3; Holzman, 2013; McMillan ve Larson, 2002: 395; Nuzzo, 1995: 133) ve kaya yüzeyinde yaşayan kuş türlerini ve yuvalarını rahatsız ettiğini göstermektedir (Marion ve Carr, 2007). Kaya tırmanışının diğer bir etkisi ise, tırmanış iplerinin ve tırmanıcıların hareketlerinin yarattığı aşındırma etkisidir (Vogler ve Reisch, 2011: 900).

1.2. Taşıma Kapasitesi

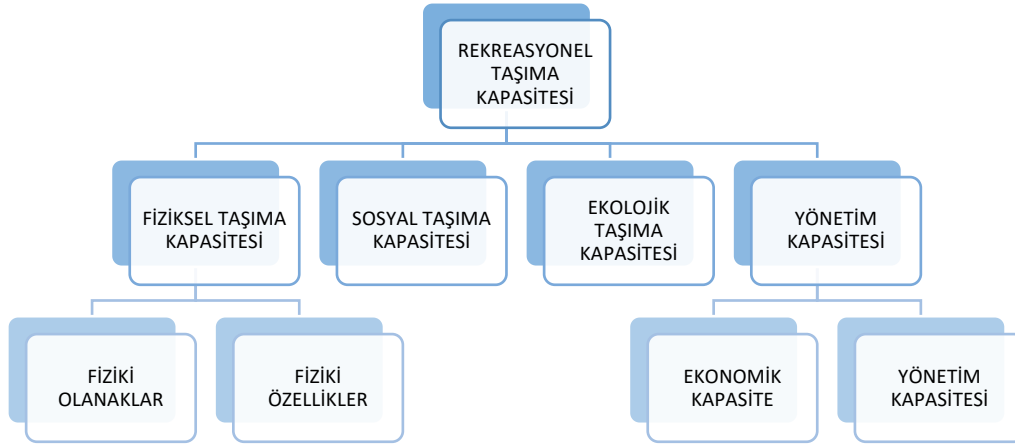
Taşıma kapasitesi, bir ortamın, bir canlının veya bir nesnenin işlevselliğini ve özelliklerini koruyarak belirli bir yükü veya etkileri taşıma, dayanma ve çekme limitini ifade eder. Bu kavram, günümüzde doğa bilimlerinin çeşitli dallarında ve mühendislik alanlarında kullanılmaktadır. İlk olarak, deniz taşımacılığı endüstrisinde bir geminin işlevselliğini kaybetmeden taşıyabileceği ağırlığı ifade etmek için kullanılmıştır. Taşıma kapasitesi kavramının doğa bilimleri kapsamında kullanılması, Malthus'un yaklaşık 200 yıl önce yaptığı nüfus prensipleri üzerine çalışmalarıyla başlamıştır. Malthus, tüketim ve gıda maddelerinin aritmetik olarak, nüfusun ise geometrik olarak artacağını öne sürmüştür. Bu düşünce daha sonra diğer canlılar (bitki ve hayvan toplulukları) için de tartışılmaya başlanmıştır (Brush, 1975: 803; Whittaker vd., 2011: 17).

Literatürde taşıma kapasitesi terimi, doğal alanlarda ilk kez 1922 yılında mera yönetimi alanında kullanılmıştır. Başlangıçta yaban hayatı yönetimi ile ilgili olan bu kavram, zamanla rekreasyon ve turizm alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır (Clarke, 2002: 405; Mc Cool ve Lime, 2001: 372). 1936 yılında, Sequoia ve Yosemite Milli Parkları için uygulamaya konulan ilk park yönetimi anlayışı geliştirilmiştir. 1960'lı yıllarda park yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak taşıma kapasitesi kapsamlı bir şekilde çalışılmaya başlanmıştır. Bu dönemde, Birleşik Devletler Orman Hizmetleri, turizm ve rekreasyon alanındaki hızlı büyümenin rekreasyon kaynaklarının doğal ve kültürel değerlerinin bozulmasına neden olması nedeniyle harekete geçmiş ve rekreasyonel alanlardaki taşıma kapasitesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmıştır (Mc Cool ve Lime, 2001: 377).

Taşıma kapasitesi ile ilgili çalışmaların başlangıcında, çevre koşulları ile ziyaretçi kullanımı arasındaki ilişki üzerinde durulmuştur. Bu araştırmaların varsayımı, ziyaretçi kullanımındaki artışın toprak sıkışması, vejetasyonun tahribi gibi önemli çevresel etkilere yol açtığıdır (Lawson vd., 2003: 310; R. Manning, 1999: 327). Bu alandaki düşünce, biyolojik bir çerçevede gelişmiş olup, öncelikle bölgenin doğal yapısının korunmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamıştır (Stankey ve McCool, 1984: 453). Wagar, (1964: 21) "Rekreasyon İçin Doğal Alanlarda Taşıma Kapasitesi" adlı çalışmasında, rekreasyon deneyimlerinin farklı boyutları arasında bağlantı kurmuş ve açık alan rekreasyon alanlarını daha sistematik bir şekilde incelemiştir. Wagar, ziyaretçi sayısının yoğunluğu ile rekreasyon memnuniyeti arasında, bireysel katılımcıların farklı ihtiyaç ve isteklerinin karşılanıp karşılanmadığı açısından ilişki kurmuştur (Stankey ve McCool, 1984: 453; Stewart ve Cole, 2001: 106).

Fiziksel (çevresel) ve algısal (psikolojik) olmak üzere iki bileşenden oluşan taşıma kapasitesi, doğal alanların kendine özgü yapısına göre şekillenen karma bir sistem olarak kabul edilir (Bork, 1998: 122; Cole, 2004: 43; Mathieson ve Wall, 1989: 86; Wall, 1983: 286). Taşıma kapasitesini, bir alanın fiziki durumunda kabul edilemez bir değişikliğe neden olmadan ve rekreasyonel deneyim kalitesinde azalma yaşanmadan kabul edebileceği maksimum insan sayısı olarak tanımlar. Haas, (2001: 28), taşıma kapasitesini, ziyaretçi deneyimlerini, bir alanın yönetim programını ve doğal-kültürel kaynakların istenilen şekilde korunmasını sağlayacak rekreasyon modeli ve ziyaretçi sayısı olarak tanımlar. Manning ise taşıma kapasitesini, rekreasyon alanlarında ve parklarda karmaşıklığa neden olmayan optimum ziyaretçi kullanım seviyesi olarak tanımlar. Bu kavramın temelinde, rekreasyonel amaçlı kullanılan alanların mevcut kaynak değerleri ile rekreasyon değerleri üzerindeki olumsuz etkilerin yer aldığına dikkat çeker. Eğer gerekli önlemler alınmazsa bu olumsuz etkiler, kaynaklarda ve rekreasyon koşullarında kabul edilemez zararlara yol açabilir (Manning vd., 2002: 87; Manning, 2002: 23).

Taşıma kapasitesi, bir belirli bir alanın veya tesisin sürdürülebilir bir şekilde destekleyebileceği maksimum ziyaretçi sayısı olarak tanımlanır. Bu kavram, doğal alanların korunması ve ziyaretçi deneyimlerinin iyileştirilmesi arasında denge sağlamayı amaçlar. Araştırmacılar, taşıma kapasitesini belirlemek için çeşitli metodolojiler geliştirmişlerdir, bu da doğal alanların korunmasını ve turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir araç haline gelmiştir (Rocha vd., 2021: 85).



Şekil 1.2 Rekreatyonel Taşıma Kapasitesinin Alt Boyutları. **Kaynak:** Göktuğ vd., 2013: 198.

1.2.1. Fiziksel Taşıma Kapasitesi

Fiziksel taşıma kapasitesi, bir alanın veya tesisin belirli bir süre içinde fiziksel olarak ne kadar ziyaretçiyi veya kullanıcıyı barındırabileceğini ifade eder. Bu kavram genellikle alanın fiziksel özellikleri, altyapı olanakları ve güvenlik standartları gibi faktörlere dayanarak belirlenir.

Rekreasyon alanlarının fiziki imkanları ve olanakları göz önüne alındığında, bir gün veya bir yıl içinde taşıyabileceği maksimum ziyaretçi sayısını ifade eder. Bir rekreasyon alanının fiziksel kapasitesini belirlemek için, alanın fiziki imkanları ve olanaklarına ilişkin çeşitli göstergeler kullanılır (Manning, 2002: 310). Bu göstergeler, rekreasyon alanının ve rekreasyon türünün özelliklerine göre değişiklik gösterebilir, ancak genellikle şu göstergelerden yararlanılır:

Fiziki İmkanlar: Rekreasyon alanında mevcut olan otopark alanları, spor alanları, kafe ve büfeler gibi tesisler ve üst yapı olanaklarıdır.

Fiziki Özellikler: Rekreasyon alanının özel yapısından kaynaklanan (koruma alanları, hassas alanlar, riskli bölgeler vb.) ve rekreasyon faaliyetlerini sınırlandıran faktörlerdir.

Fiziksel taşıma kapasitesi, bir alandaki yollar, park alanları, tuvaletler, izleme noktaları, dinlenme alanları gibi fiziksel yapıların ne kadar yoğun kullanılabileceğini ve bu yapıların ne kadar ziyaretçiyi rahatça karşılayabileceğini değerlendirir. Bu kapasite belirlenirken genellikle alanın fiziksel özellikleri, yapıların dayanıklılığı, erişim imkanları ve acil durum müdahale kapasitesi gibi unsurlar göz önünde bulundurulur. Fiziksel taşıma kapasitesi aşıldığında, alan veya tesiste çeşitli sorunlar ortaya çıkabilir. Bunlar arasında yolların tıkanması, park alanlarının dolması, tuvalet ve çöp konteynerlerinin yetersiz kalması, acil durum müdahale imkanlarının zorlaşması gibi durumlar yer alabilir. Bu nedenle, fiziksel taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve

uygun şekilde yönetilmesi, ziyaretçi deneyimini iyileştirmenin yanı sıra alanın sürdürülebilirliğini ve güvenliğini sağlamak açısından önemlidir.

Fiziksel taşıma kapasitesi, alan veya tesis yöneticileri tarafından dikkatle izlenmeli ve gerektiğinde uygun önlemler alınmalıdır. Bu kapasitenin belirlenmesi, alanın uzun vadeli kullanımını planlarken ve ziyaretçi memnuniyetini sağlarken önemli bir rol oynar (Pigram ve Jenkins, 2005: 101-102).

Bir rekreasyon alanının planlanması sırasında, alana gelecek ziyaretçi sayısının belirli yöntemlerle hesaplanması gerekmektedir. Bu sayı belirlendikten sonra, fiziki kapasite analizleri kullanılarak rekreasyon alanına uygun ve yeterli alt ve üst yapı çalışmalarının yapılması ve bir gün içinde alana ziyaret edecek kişi sayısının tam doğrulukla hesaplanması, planlamanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında en önemli faktörlerdir (Manning, 2002: 310).

1.2.2. Sosyal Taşıma Kapasitesi

Sosyal taşıma kapasitesi, bir rekreasyon alanında ziyaretçilerin memnuniyet düzeyinde ve rekreasyon deneyim kalitesinde azalma olmaksızın, her bir ziyaretçinin sunulan hizmetlerden eşit şekilde yararlanabildiği maksimum ziyaretçi yoğunluğu olarak tanımlanabilir. Bu kavram, memnuniyet ve yoğunluk bağlamında, ziyaretçilerin karşılaştıkları kalabalığa gösterebilecekleri en yüksek hoşgörü seviyesini belirlemek amacıyla şu sorulara yanıt arar (Grieser, 2005: 127): “Ziyaretçi kullanım düzeyi ile ziyaretçilerin kalabalık algıları arasında nasıl bir ilişki vardır? Ziyaretçi deneyim kalitesi üzerinde kalabalığın etkisi hangi seviyelere kadar kabul edilebilir? Hangi düzeydeki kalabalıkta yönetimin müdahalesi gerekmektedir?” (Manning, 2002: 311).

Sosyal taşıma kapasitesi, bir alanın veya tesisin belirli bir süre içinde ziyaretçilerin sosyal etkileşimlerini ve deneyimlerini ne ölçüde sürdürebileceğini ifade eder. Bu kavram genellikle ziyaretçilerin birbirleriyle etkileşimlerini, kalabalıklaşmayı, izolasyonu ve genel olarak sosyal deneyimlerini değerlendirir.

Sosyal taşıma kapasitesi, ziyaretçilerin bir alanda rahatça dolaşabilmesi, dinlenebilmesi ve etkileşimde bulunabilmesi için belirlenen bir sınırdır. Bu kapasite belirlenirken genellikle ziyaretçi yoğunluğu, aktivitelerin türü, alanın büyüklüğü, ziyaretçilerin beklentileri ve sosyal normlar gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Sosyal taşıma kapasitesi, ziyaretçi davranışlarını anlamak, sosyal etkileşimleri yönetmek ve alanın kullanımını optimize etmek için önemli bir araçtır. Bu kapasitenin belirlenmesi, alanın çeşitli kullanıcı grupları arasında adil ve dengeli bir deneyim sunmasına yardımcı olabilir (Pigram ve Jenkins, 2005: 92).

Sosyal taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve yönetilmesi, ziyaretçi deneyimini iyileştirmenin yanı sıra alanın sosyal ve çevresel dengesini korumak açısından önemlidir. Sosyal taşıma kapasitesi aşıldığında, ziyaretçiler arasında olumsuz etkileşimler, kalabalıklaşma hissi, gürültü kirliliği, doğal alanın tahrip edilmesi gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu durum ziyaretçi memnuniyetini düşürebilir ve alanın sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir.

1.2.3. Ekolojik Taşıma Kapasitesi

Ekolojik taşıma kapasitesi, rekreasyonel faaliyetlerin bir rekreasyon alanındaki bitki örtüsü, toprak sıkışması ve yaban hayatının etkilenmesi gibi ekosistem üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini ifade eder. Shelby ve Heberlein (1984: 439), ekolojik taşıma kapasitesinin, ekosistem parametrelerinin tanımlanması temeline dayandığını ve bu parametreler üzerindeki değişimlerin belirlenerek, kullanım sıklığı ve tipi ile ilişkilendirilerek rekreasyon alanının ekolojik taşıma kapasitesinin tanımlanabileceğini belirtmişlerdir. 1970'lerde, rekreasyon alanlarına olan talepteki artış ve doğal alanlardaki rekreasyon kullanımlarından kaynaklanan gözle görülür tahribatlar, rekreasyon deneyimlerinin kalitesinde düşüslere neden olmuştur. Bu durum, rekreasyon araştırmacılarını ekolojik taşıma kapasitesi konusunda ileriye dönük çalışmalar yapmaya yöneltmiştir.

Ekolojik taşıma kapasitesi, bir alanın veya ekosistemin belirli bir süre içinde ne kadar insan etkileşimini veya kullanımını tolere edebileceğini ifade eder. Bu kavram genellikle doğal alanların ve ekosistemlerin insan faaliyetlerine dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini değerlendirir. Ekolojik taşıma kapasitesi, bir alanın doğal kaynaklarının ve biyolojik çeşitliliğin korunması için belirlenen bir sınırdır. Bu kapasite belirlenirken genellikle bitki ve hayvan topluluklarına olan etkiler, habitat bozulması, su ve hava kalitesi gibi faktörler göz önünde bulundurulur.

Ekolojik taşıma kapasitesi aşıldığında, doğal alanlarda erozyon, habitat kaybı, türlerin yok olması gibi çevresel sorunlar ortaya çıkabilir. Bu durum ekosistemin dengesini bozabilir ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir. Bu nedenle, ekolojik taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve yönetilmesi, doğal alanların korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından önemlidir. Ekolojik taşıma kapasitesi, alanın biyolojik çeşitliliğini korumak, habitatları restore etmek ve insan etkileşimini dengelemek için önemli bir araçtır. Bu kapasitenin belirlenmesi, alanın doğal değerlerini korumak ve ekosistemin sağlığını desteklemek için stratejik kararlar alınmasına yardımcı olabilir (Pigram ve Jenkins, 2005: 92).

1.2.4. Yönetim Kapasitesi

Yönetim kapasitesi, bir organizasyonun sahip olduğu insan kaynakları, finansal kaynaklar, teknolojik altyapı ve kurumsal yapı gibi unsurların etkin bir şekilde kullanılmasını içerir. Bu kapasite belirlenirken genellikle organizasyonun liderlik yetenekleri, iş süreçleri, iletişim becerileri ve değişime uyum kabiliyeti gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Yönetim kapasitesi, bir organizasyonun veya birimlerin belirli bir süre içinde etkin bir şekilde kaynakları yönetme ve hedeflerine ulaşma yeteneğini ifade eder. Bu kavram genellikle kurumların stratejik planlama, kaynak tahsisi, karar verme süreçleri ve uygulama becerilerini değerlendirir (Pigram ve Jenkins, 2005: 103).

Yönetim kapasitesi güçlü olan organizasyonlar genellikle daha etkili ve verimli bir şekilde hedeflerine ulaşabilir, riskleri yönetebilir ve sürdürülebilirliklerini sağlayabilir. Bu nedenle, yönetim kapasitesinin geliştirilmesi ve güçlendirilmesi, organizasyonların uzun vadeli başarısı ve etkinliği açısından önemlidir. Yönetim kapasitesi, organizasyonların stratejik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak, kaynakları etkin bir şekilde kullanmak ve değişen koşullara uyum sağlamak için kritik bir rol oynar. Bu kapasitenin geliştirilmesi, organizasyonların rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilirliklerini sağlamak için önemlidir. Yönetim kapasitesi ekonomik kapasite ve idari kapasite olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir.

1.2.4.1. İdari Kapasite

Ceballos (1996: 125), taşıma kapasitesinin idari bileşeni olan yönetim kapasitesini, rekreasyon alanında yönetilebilir en fazla ziyaretçi sayısı olarak tanımlamıştır. Cifuentes (1992: 55), rekreasyonel taşıma kapasitesinin belirlenmesine yönelik yaptığı araştırmasında, yönetim kapasitesini milli parkların ve korunan alanların yönetiminin görev ve hedeflerini yerine getirebilmesi için gerekli olan koşulların toplamı olarak tanımlamaktadır. Bu koşullar, personel ve ekipmanların sayısı ve niteliği, korunan alanlar ve milli parklar mevzuatı, parkın açık olduğu toplam saat ve gün sayısı, motivasyon, ödenekler ve eğitim gibi unsurları içermektedir.

1.2.4.2. Ekonomik Kapasite

Papageorgiou ve Brotherton (1999: 271) çalışmalarında rekreasyonel kullanımlar, doğa koruma ve bölge ekonomisi arasındaki ilişkinin milli parklarda oldukça karmaşık olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda, bölgeye gelen turistlerin yerel halkın ekonomik kalkınmasında önemli bir rol oynadığına dikkat çekmişlerdir. Countryside Commission ise ekonomik taşıma kapasitesini, kaynak kullanımlarında alan yönetimi açısından fayda ve maliyet arasındaki en

uygun dengenin kurulduğu kapasite olarak tanımlamıştır (Pak vd., 2004: 17; Pigram ve Jenkins, 2005: 88). Eğer rekreasyon kaynağından elde edilen gelir, yerinde ve yeterli hizmetlere dönüştürülürse, ziyaretçilerin rekreasyon deneyim kalitesinde ve rekreasyon alanındaki memnuniyet düzeyinde önemli artışlar sağlanabilir.

Rekreasyon ekonomik taşıma kapasitesi, bir rekreasyon alanının ekonomik olarak sürdürülebilir bir şekilde destekleyebileceği maksimum ziyaretçi sayısını ifade eder. Bu kapasite, rekreasyonel faaliyetlerin ekonomik getirilerini maksimize ederken, yerel ekonomiye olan katkılarını da optimize etmeyi amaçlar. Rekreasyon ekonomik taşıma kapasitesinin belirlenmesi, çeşitli ekonomik ve çevresel faktörlerin değerlendirilmesini gerektirir.

Rekreasyon ekonomik taşıma kapasitesi, bir destinasyonun rekreasyonel aktivitelerle ilişkilendirilen ekonomik sürdürülebilirliğini kapsar. Bu, ekonomik kapasite kavramıyla doğrudan ilişkilidir çünkü her iki kavram da ziyaretçi sayısının ve turizm aktivitelerinin ekonomik getirilerini maksimize etmeyi hedefler. Rekreasyon ekonomik kapasitesi, turizm destinasyonlarının sağladığı rekreasyonel faaliyetlerin ekonomik etkilerini ölçmeyi ve bu faaliyetlerin yerel ekonomi üzerindeki olumlu etkilerini artırmayı amaçlar. Bu, turizm gelirlerinin yeniden yatırımı, yerel ürün ve hizmetlerin teşvik edilmesi ve sürdürülebilir turizm politikalarının geliştirilmesi stratejileriyle uyumludur (Rocha vd., 2021: 86). Sonuç olarak, rekreasyon ekonomik kapasitesi, rekreasyon alanlarının sürdürülebilirliğini ve yerel ekonomik kalkınmayı desteklemek için birlikte çalışır. Bu kavramların etkin yönetimi, ekonomik faydaların en üst düzeye çıkarılmasını ve olumsuz etkilerin azaltılmasını sağlar.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

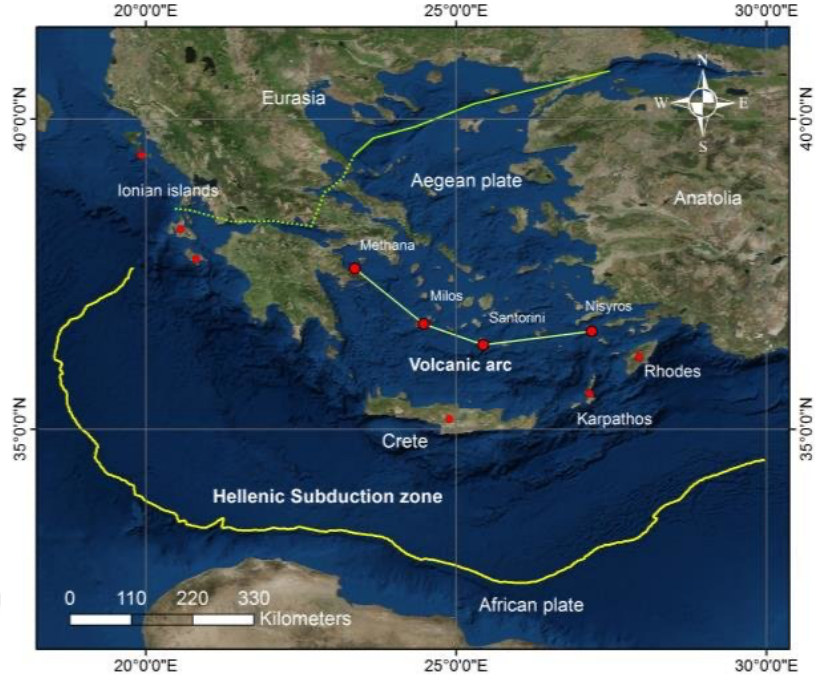
Geyikbayırı, Antalya İl'inin batısında yer alan 2000li yılların başlarında Türkiye'deki tırmanıcılar tarafından keşfedilmiş bir tırmanış bölgesidir. Bu bölgede kaya yapısı olarak konglomeraya rastlansa da çoğunlukla kireçtaşıdan oluşmuştur. Kireçtaşı, CaCO_3 'tan oluşmuştur ve yapısal olarak çok ince dokulu (mikrit) veya kaba dokulu (sparit) olabilir (Gedik, 1985: 46). Denizel ortamda birikmiş tortul bir kayaç türü olması nedeniyle tırmanış için, sürtünme oranı yüksek, çeşitli tutuş ve basış şekilleri barındıran, çok çeşitli tırmanış şekillerine uygun mükemmel tırmanış yüzeyleri sunar. Denizel ortamda oluşması nedeniyle kaya yapısı içerisinde yüksek oranda denizel fosiller içerebilirler.

Kireçtaşı Dünya üzerinde en yaygın olan kayaç türlerinden biridir. Kayaç türünün ana bileşeni kalsiyum karbonattan oluşmuşsa da beraberinde kil, silt ve diğer organik maddeleri de içerir. Zamanla kabuk, mercan gibi organik maddelerin yanı sıra kalsiyum karbonat açısından zengin başka organik döküntülerin de sıkışmasıyla kireçtaşı birikintileri oluşur (www.geologyscience.com).

Kireçtaşı, asidik su ile temas ettiğinde çözünür. Bu, karstik topoğrafya olarak bilinen mağaralar, yeraltı nehirleri ve obruklar gibi yer şekillerinin oluşumuna yol açar. Bu süreç, karbonik asit (H^2CO^3) oluşumuna ve kireçtaşının çözünmesine neden olan su ve karbondioksit (CO^2) reaksiyonunu içerir (www.geologyscience.com).

Konglomeralar, kireçtaşı gibi sedimanter kayaç türlerinden biri olup, yuvarlak veya kısmen yuvarlak çakıl, çakıl taşı veya daha büyük parçaların bir araya gelmesiyle oluşan kayaçlardır. Konglomeraların oluşumu ise yüksek enerjili ortamlarda taşınma süreciyle berber gerçekleşmektedir. Bu oluşum sürecinde çakıllar, yüksek enerjili su akımına kapılarak taşınır, yuvarlanır, daha sonra ise kalsit, silis ya da demir oksit ile çimentolaşarak son halini alır (Hall, 1976: 1080).

Batı Toros Dağlarının bir parçası olan Geyikbayırı, Hellen Yayında (Şekil 2.1) yer almaktadır. Hellen Yay, Afrika ve Avrasya plakalarının çarpışmasıyla oluşan bir dalma-batma zonedir. Bu çarpışma yer kabuğunda önemli yapılara, kırılmalara ve yer değiştirmelere yol açmasının yanında çeşitli fay hatlarının da oluşmasına neden olmuştur (Druitt vd., 2022: 8).



Şekil 2.1 Ege ve Anadolu Plakalarının Göreceli Konumunu Gösteren Harita (Kaskara vd., 2015: 1).

Hellen zonunun oluşumu Pleyistosen çağında başlamıştır. Dalan levha 10-30 derece açıyla alçalır ve Pliyosenden bu yana genişlemektedir. Hellen zonunun boyunca yakınsama oranı 35 ± 8 mm/yıl'dır. Hellen yayı dünya üzerindeki en eski zonlardan biridir ve en düşük yakınsama oranına sahiptir (Druitt vd., 2022: 8). Çarpışma sonucunda bölgede büyük ölçekli orojenik kuşaklar oluşmuştur (Robertson ve Mountrakis, 2006: 1).

2.2. YüzeY Pürüzlülük Ölçümleri

Bu bölümde kaya yüzeyinde meydana gelen aşınma seviyelerinin ölçülmesinde kullanılan yüzeY pürüzlülüğü ölçüm metotları incelenmektedir. YüzeY pürüzlülüğü analizi, bir yüzeyin mikro yapısal özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli bir tekniktir. Bu analiz, yüzeyin düzensizlikleri, dalgalanmaları ve kırıklıkları gibi detayları inceler ve yüzeyin dokusal özelliklerini karakterize eder. Genellikle malzeme biliminde, mühendislik uygulamalarında, jeolojide ve endüstriyel alanlarda yüzeylerin özelliklerini anlamak ve değerlendirmek amacıyla kullanılır. YüzeY pürüzlülüğü analizi süreci genellikle veri toplama, veri işleme, pürüzlülük parametrelerinin belirlenmesi ve pürüzlülük profilinin oluşturulması adımlarını içerir. İlk olarak, yüzeydeki yükseklik, derinlik ve dalgalanma gibi parametreler ölçülerek veriler elde edilir. Daha sonra, bu veriler bilgisayar tabanlı yazılımlar aracılığıyla işlenir ve analiz edilir. Pürüzlülük parametreleri belirlenir ve yüzeyin pürüzlülük profilinin oluşturulması sağlanır. Bu profil, yüzeyin genel pürüzlülük özelliklerini görsel olarak temsil eder. YüzeY pürüzlülüğü

analizi, malzeme yüzeylerinin işlenmesi, kaplanması, yapıştırılması, sürtünmesi ve aşınması gibi birçok uygulamada önemli bir rol oynar. Bu analizler, yüzeylerin performansını, dayanıklılığını ve işlevselliğini değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca, tasarım süreçlerinde yüzey özelliklerinin belirlenmesinde ve kalite kontrolünde önemli bir bilgi kaynağı olarak kullanılır.

Süreksizlik düzlemi üzerindeki pürüzlülük ölçümleri tek bir hat doğrultusunda yapılmak yerine, birden fazla kesit hattı üzerinden yapılarak yüzey modeli oluşturulacaktır. Ayrıca, pürüzlü düzlem üzerinde belirli aralıklarla birkaç kesit düzlemi belirlenecek ve x-y yönünde ölçümler alınacaktır. Böylece, bilgisayar programları aracılığıyla yüzey modellemesi yapılması mümkün olacaktır (Zhaot, 1997:180).

2.2.1. Profil Oluşturma

Kaya yüzeyi profil, kaya eklem yüzeyinin pürüzlülük özelliklerini görsel olarak temsil eden bir grafik veya diyagramdır. Bu profil, yüzeydeki dalgalanmaları, çıkıntıları, girintileri ve diğer pürüzlülük özelliklerini göstermektedir. Profil oluşturulması için öncelikle kaya yüzeyinden veri toplanır ve bu veriler uygun bir formata dönüştürülerek profil grafiği çizilir. Profildeki yükseklik değerleri yatay eksene karşı dikey olarak temsil edilir ve yüzeyin pürüzlülük özellikleri görsel olarak ortaya koyulmaktadır. Profil üzerinde belirli pürüzlülük parametreleri hesaplanabilir ve bu parametreler yüzeyin genel pürüzlülüğünü, dalgalanma miktarını ve eğim değişimlerini tanımlamaktadır. Oluşturulan kaya yüzeyi profil grafiği analiz edilerek yüzeydeki belirgin özellikler, pürüzlülük desenleri ve eğim değişimleri incelenmektedir. Kaya yüzeyi profil grafiği, kaya mekaniği, jeoteknik mühendislik ve madencilik gibi alanlarda yüzey karakterizasyonu ve stabilite analizi için önemli bir araç olarak kullanılır. Bu profil, mühendislerin kaya yüzeyinin özelliklerini anlamasına ve uygun mühendislik çözümleri geliştirmesine yardımcı olmaktadır.

2.2.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Sayısallaştırılması

Yüzey pürüzlülüğünün sayısallaştırılması, kaya eklem yüzeyinin karmaşık pürüzlülük özelliklerini rakamsal değerlere dönüştürme sürecidir. Bu sayısallaştırma işlemi, yüzeyin düzensizliklerini, dalgalanmalarını ve diğer özelliklerini nicel olarak ifade etmeyi amaçlar. Yüzey pürüzlülüğünün sayısallaştırılması genellikle şu adımları içerir:

- Veri Toplama: İlk adım, kaya eklem yüzeyinden veri toplamayı içerir. Bu veriler genellikle 3 B koordinatlar veya yüksek çözünürlüklü görüntüler şeklinde olabilir.

- Veri İşleme: Toplanan veriler, pürüzlülük analizi için uygun bir formata dönüştürülür. Bu aşamada, gereksiz gürültülerin temizlenmesi ve veri düzenleme işlemleri yapılabilir.
- Pürüzlülük Parametrelerinin Belirlenmesi: Yüzey pürüzlülüğünü tanımlamak için belirli parametreler seçilir. Bu parametreler, pürüzlülüğün genişliği, yüksekliği, dalgalanma miktarı, keskinlik gibi özellikleri ölçebilir.
- Fraktal Analiz: Bazı durumlarda, yüzey pürüzlülüğünün fraktal boyutu gibi özellikleri belirlemek için fraktal analiz yöntemleri kullanılabilir. Fraktal boyut, yüzeyin karmaşıklığını ve düzensizliğini ifade eder.
- Niceliksel Değerlendirme: Elde edilen veriler, pürüzlülük parametreleri veya fraktal boyut gibi niceliksel değerlerle ifade edilir. Bu değerler, yüzeyin pürüzlülüğünü objektif bir şekilde karşılaştırmak ve analiz etmek için kullanılır.

Yüzey pürüzlülüğünün sayısallaştırılması, kaya mekaniği, jeoteknik mühendislik, coğrafi bilgi sistemleri ve diğer alanlarda yüzey karakterizasyonu ve modelleme çalışmalarında önemli bir rol oynar. Bu süreç, yüzeyin karmaşık özelliklerini anlamak ve mühendislik uygulamaları için doğru veriler sağlamak için kullanılan değerli bir araçtır.

Sayısallaştırma işlemindeki subjektiflik sorununu aşmak için birçok yöntem ve ölçme tekniği geliştirilmiştir. Bu süreçte, ölçüm yapmak için çeşitli cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlardan bazıları, başka alanlarda kullanılan mevcut ticari ürünler iken, bazıları bu iş için özel olarak geliştirilmiş araçlardır. Bu cihazların bir kısmı laboratuvar ortamında, bir kısmı ise arazi koşullarında kullanılabilir. Kimi cihazlar basit mekanik sistemlerden oluşurken, bazıları 0,05 µm çözünürlüğe kadar ulaşabilen optik sistemlerdir. (Maerz vd., 1990: 330)

Kaya yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi, süreksizlikleri oluşturan düzlemlerin yüzey şekillerinin doğal ortamın etkisiyle rastgele dağılım gösteren pürüzlü şekillerden oluşması nedeniyle önemlidir. Birçok araştırmacı, bu düzlemlerin pürüzlü yapısı ve kesme (makaslama) dayanımı ile ilgili çalışmalar yapmışlardır (Barton, 1976: 259; Barton ve Choubey, 1977: 270; Maerz vd., 1990: 341). Bu araştırmacılar, zamanla yüzey pürüzlülüğü ve kesme dayanımı arasındaki ilişkileri belirleyerek, yüzey pürüzlülüğünün kesme dayanımının önemli bir bileşeni olduğunu ve diğer kesme bileşenleri üzerinde de etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

2.2.3. Pürüzlülük Analizi

Yüzey pürüzlülüğü analizi, bir yüzeyin mikro yapısal özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli bir tekniktir. Bu analiz, yüzeyin düzensizlikleri, dalgalanmaları ve kırıklıkları gibi detayları inceler ve yüzeyin dokusal özelliklerini karakterize eder. Genellikle malzeme

biliminde, mühendislik uygulamalarında, jeolojide ve endüstriyel alanlarda yüzeylerin özelliklerini anlamak ve değerlendirmek amacıyla kullanılır. Yüzey pürüzlülüğü analizi süreci genellikle veri toplama, veri işleme, pürüzlülük parametrelerinin belirlenmesi ve pürüzlülük profilinin oluşturulması adımlarını içerir. İlk olarak, yüzeydeki yükseklik, derinlik ve dalgalanma gibi parametreler ölçülerek veriler elde edilir. Daha sonra, bu veriler bilgisayar tabanlı yazılımlar aracılığıyla işlenir ve analiz edilir. Pürüzlülük parametreleri belirlenir ve yüzeyin pürüzlülük profilinin oluşturulması sağlanır. Bu profil, yüzeyin genel pürüzlülük özelliklerini görsel olarak temsil eder. Yüzey pürüzlülüğü analizi, malzeme yüzeylerinin işlenmesi, kaplanması, yapıştırılması, sürtünmesi ve aşınması gibi birçok uygulamada önemli bir rol oynar.

2.3. Eklem Pürüzlülük Katsayısı JRC (Joint Roughness Coefficient)

Süreksizlik düzlemlerinin pürüzlülüğü, tarak (tel profilometre), komparatör, fotoğraf tekniği, şerit metre yöntemi, lazer tekniği ve yüzey pürüzlülük tarayıcısı gibi çeşitli yöntem ve aletlerle ölçülebilmektedir. Ancak, bazı yöntemler uygulanmasındaki zorluk ve karmaşıklık nedeniyle pek tercih edilmemektedir. Pürüzlülüğün ölçümünde kullanılan en basit yöntemlerden birisi, Barton tip tel profilometre ve komparatör ile yapılan ölçümlerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Barton Tip Tel Profilometre (Kaynak: www.controls-group.com)

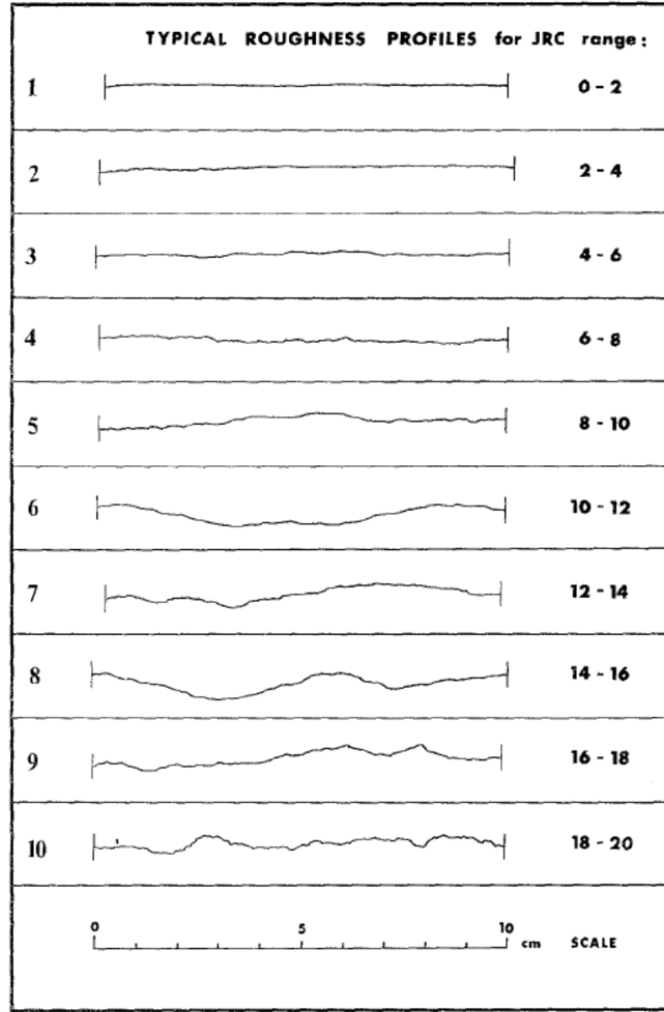
Barton (1976: 261) kaya eklemlerini 10 standart profille karşılaştırarak kayma mukavemetinin belirlenmesine olanak tanıyan Eklem Pürüzlülük Katsayısı (JRC) verisini ortaya koymuştur. O zamandan beri JRC, kayma mukavemetini belirlemek için en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Ancak, profilleri karşılaştırma işleminin göz ile yapılıyor olması

orijinal süreçte büyük bir dezavantaja neden olmaktadır. Bu da tahminin doğruluğunun karşılaştırmayı yapan kişinin deneyim ve kararlarından büyük ölçüde etkilendiği ve subjektif bir değerlendirme olacağı anlamına gelmektedir.

Yüzey pürüzlülük katsayısı, bir kaya yüzeyinin pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan 0 ila 20 arasında bir değer aralığı olarak tanımlanmıştır. Değeri 0-20 arasında değişen JRC parametresi ne kadar büyükse yüzey o kadar pürüzlü ve ne kadar küçükse yüzey o kadar pürüzsüzdür.

Eklem pürüzlülük katsayısı (JRC), kaya yüzeyinin pürüzlülüğünü sayısallaştırmaya yarayan bir parametredir. (Barton ve Choubey, 1977: 261), yüzeyin pürüzlülük profilinin bu standartlaştırılmış profillerle görsel olarak karşılaştırılmasına olanak sağlayan bir dizi standart profil geliştirmiştir. Standart profiller, JRC parametrizasyonunun hızlı bir şekilde art arda gerçekleştirilmesine izin vermektedir. Ancak, manuel ölçümler öznel ve aşırı tahmine yol açabilmektedir (Grasselli ve Egger, 2003: 32). Kaya Eklemi Pürüzlülük Katsayısı (JRC), kaya eklemlerinin pürüzlülüğünü nicel olarak değerlendiren bir parametredir ve kaya mekaniğinde önemli bir rol oynamaktadır.

Eklemli yüzeyin uzunluğu birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişebilir ve JRC değerleri Bandis ve diğerleri (1981: 11) tarafından önerilen çizelge yardımıyla buna göre ölçeklendirilmektedir. Şekil 2.3' da gösterildiği gibi, Barton ve Choubey' in (1977: 261) geliştirdiği ve 0-20 arasında değişen değerlere sahip JRC parametresinin temsil ettiği 10 farklı yüzey profili yer almaktadır.



Şekil 2.3 Barton ve Choubey'in Geliştirdiği Tipik Eklem Pürüzlülük Profilleri (Barton ve Choubey, 1977: 261).

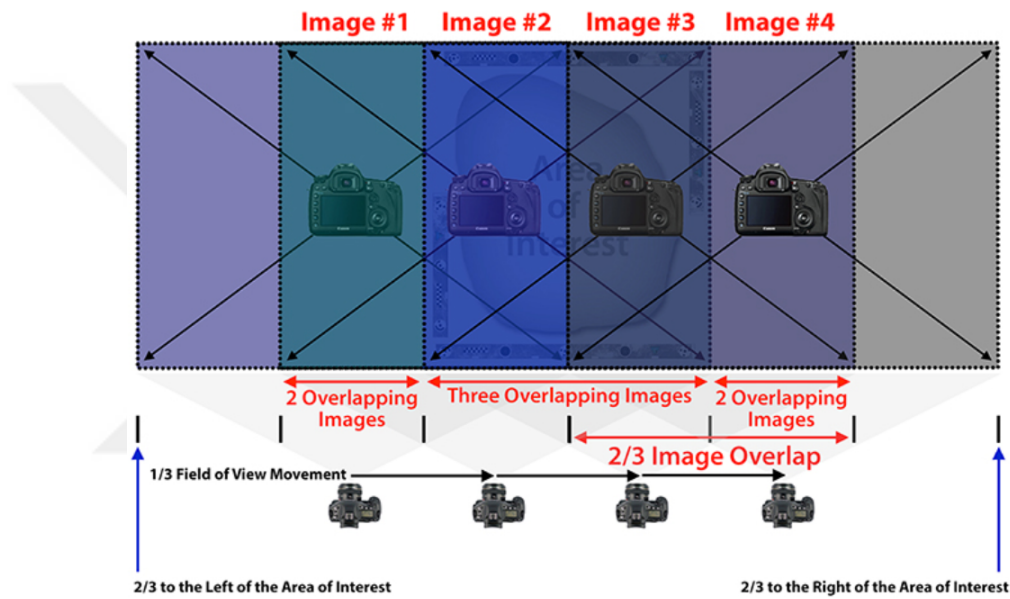
2.4. Sayısal Fotogrametri

Çalışmada yüzey pürüzlülüğünün sayısallaştırması aşamasında yeni teknolojik görüntüleme yöntemlerinden biri olan “Structure from Motion” fotogrametrisi metodu kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan farklı sayısal yöntemler mevcuttur. Bunlar Gölge Kenar Tespiti (*Shadow Edge Detection*) (Maerz vd., 1990: 331), 3B Lazer Tarama (Lanaro, 2000: 1198), Konfokal Mikroskopisi (Ficker ve Martišek, 2012: 828), Beyaz Işık İnterferometrisi (*White-light Interferometry*) (Renard vd., 2012: 104), Lazer Üçgenleme (*Laser Triangulation*) (Mah vd., 2013: 112), LiDAR (Fardin vd., 2004: 334) ve Stereo Kamera (Grasselli vd., 2002: 791) gibi farklı optik ve temassız yöntemlerdir. Bu yöntemler arasında *Structure from Motion* fotogrametrisi hem bozunma formlarındaki hassas değişiklikleri hem de

bozunmuş yüzeylerin mutlak değişimini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Bretar vd., 2013: 2; Corradetti vd., 2017: 606; Nilsson ve Wulkan, 2011: 11; Sirkia vd., 2016).

“*Structure from Motion*” (SfM) iki boyutlu görüntü verilerinin birbiriyle örtüşerek eşleştirilmesi sonucu “*Multi-View Stereo*” (MVS) algoritmaları kullanılarak bir nesnenin üç boyutlu dijital modelinin oluşturulmasında kullanılan fotogrametrik bir yöntemdir (Hess ve Green, 2017: 243). Dijital kameralardaki ve bilgisayar destekli hesaplama tekniklerindeki son teknolojik gelişmeler, fotogrametriyi hassas ve doğru bir analiz metodu haline getirmektedir. Fotogrametrik model oluşturma, aynı sahnenin farklı noktalardan çekilmiş iki veya daha fazla fotoğraftaki görüntülerin eşleştirilmesi yoluyla yapılmaktadır (Plets vd., 2012: 886).



Şekil 2.4 Fotogrametrik Veri Alımı Prosedürü (Kaynak: <https://culturalheritageimaging.org>).

Yüksek kaliteli ve doğru bir fotogrametrik model üretebilmek için, veri kaydını yapan araştırmacının kural tabanlı bir prosedür izlemesi gerekmektedir (Şekil 2.4). Üst üste binen görüntü oranı en az yüzde altmış altı olmalıdır ve bu orana ulaşmak için kamera, fotoğraflar arasında kameranın görüş alanının yüzde otuz dördüne eşdeğer bir mesafede hareket ettirilmelidir (www.culturalheritageimaging.org, 2024). Bu sıralama, ölçümü yapılacak kaya yüzeyi kaydedilene kadar devam etmelidir. Kesin bir veri elde etmek için, kısmi gölgeleme fotogrametrik modelin oluşturulması sırasında üst üste binen piksellerin eşleşme sürecini engelleyebileceğinden, kayaç yüzeyine düşen ortam ışığının homojen olması gerekmektedir. Araştırmacı veri kaydı yaparken yukarıda bahsedilen fotogrametri kayıt prosedürlerine dikkat ederek kayıt ve analiz çalışmasını yürütecektir. Kaya yüzeyindeki aşınma analizi için *SfM* teknolojisinin avantajı, standart fotoğraf ekipmanları ile kaydedilmiş, belirli bir sayıda

fotoğrafla son derece yoğun ve hassas üç boyutlu veriyi nispeten kısa bir süre içinde üretme özelliğidir (Akçay, 2016: 3).

Structure-from-Motion (SfM), tüketici dijital kameralarıyla dahili kamera geometrisini, kamera yönünü ve konumunu otomatik olarak belirleyebilmenin yanı sıra, farklı yönlerden ve konumlardan toplanan çok sayıda büyük üst üste binen fotoğrafı kullanarak yapaylıkları potansiyel olarak en aza indirme ve yoğun nokta bulutları oluşturma avantajına sahiptir. SfM yaklaşımı, jeolojik yapılar, arkeoloji, maden sahaları, heyelanlar, volkanik yapılar ve buzulların incelenmesi dahil olmak üzere yer bilimlerinde çeşitli uygulamalar bulmuştur (Bemis vd., 2014: 164; Fonstad vd., 2013: 422; James ve Robson, 2012: 2; Westoby vd., 2012: 301).

Fotogrametrinin arkasındaki temel prensip, bir nesnenin veya yüzeyin iki veya daha fazla görüntüsünün, her görüntü arasında hafif bir kayma olacak şekilde alınmasını içerir. Bu, kameraya göre konumu bulmak için tanımlanabilir noktaların üçgenlenmesine olanak tanır. Genellikle, görüntülerin önceden tanımlanmış bir koordinat sisteminde yönlendirilmesini kolaylaştırmak için hava fotogrametrisi için yer kontrol noktaları (*GCP*), yersel fotogrametri için ise ölçekli hedefler sahneye yerleştirilmelidir.

Fotogrametri, gözlerimizin derinlik algısına sahip olmamızı sağladığı gibi, derinlik yaratmak için bir yüzeyin üst üste binen görüntülerinden oluşan bir yama (patch) kullanır. Fotogrametrinin diğer yöntemlere göre sahip olduğu en büyük avantajlardan biri maliyettir. Sayısal fotogrametri, nispeten ucuz tüketici sınıfı lensler ve kameralar kullanılarak yapılabilmektedir, bu da başlangıç maliyetinin diğer yöntemlere göre daha düşük olduğu anlamına gelmektedir. Diğer taraftan gerek açık kaynaklı gerekse ücretli birçok fotogrametrik veri işleme programının bulunması metodun uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünü ölçmenin optik yollarından bir diğer lazer tarayıcılar da hassas nokta bulutu üretimi yapabilmektedir. Ancak lazer tarayıcılar maliyet olarak halen yüksek bir noktada durmaktadır. Bu tez çalışmasında fotogrametrinin avantajları göz önünde bulundurulmuş ve kaya yüzey pürüzlülüğünün sayısallaştırılması ve analizi aşamasında kullanılacak metod olarak tercih edilmiştir. Bu yöntem, kaya yüzeyinin detaylı incelenmesi ve ölçülmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, bilgisayar ortamında detaylı analiz olanağı sunarak, kaya yüzeyinin kayıt altına alınmasına, belgelenmesine, dijital ortamda arşivlenerek korunmasına ve bilimsel değerlendirmeler yapılmasına önemli katkılar sağlamaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEYİKBAYIRI FİZİKSEL TAŞIMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Veri Toplama ve İşleme

Doğal alanlarda gerçekleşen birçok rekreasyonel faaliyette olduğu gibi, kaya tırmanışı da çevresel etkiler yaratan bir faaliyettir. Bu faaliyetin gerçekleştiği ortamlara bıraktığı etkiler ile ilgili çalışmalar bulunmakla birlikte, kaya tırmanışının kaya yüzeyine bıraktığı etkilere yönelik çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Buna ilave olarak, kaya yüzeyinin aşınmasına neden olan tırmanış sayısının hesaplanmasına yönelik genel bir bilgi bulunmamaktadır. Yapılacak olan bu çalışma deneysel desenli bir laboratuvar araştırmasıdır. Çalışmanın amacına ulaşması için aşağıdaki işlem süreci takip edilmiştir.

- Numune toplama
- Deneysel Süreç
- Fotogrametrik Görüntü Verisi Alımı
- Fotogrametrik Verilerin İşlenmesi
- Profil Oluşturma
- Pürüzlülük Analizi
- JRC Parametresinin Numerik Olarak Hesaplanması

3.1.1. Numune Toplama

Araştırma alanımız olan Geyikbayırı'nda, bölgenin ağırlıklı kaya türü olan kireç taşı örneklerini toplama işlemi uzman jeologlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Öncelikle numune almanın amacı belirlenmiş, buna yönelik planlama yapılmış yeterli miktarda ve büyüklükte numune toplanmasına dikkat edilmiştir. Bu planlar doğrultusunda kaya numunesi toplama işlemi sırasında hiçbir kaya yüzeyi kesilmemiş, delinmemiş veya herhangi bir zarar verilmemiştir. Kaya yüzeyine zarar verecek bu yöntemler yerine uzmanlar tarafından uygun görülen doğal yollarla kırılmış dökülmüş kayalar toplanmıştır. Alınan her bir kaya örneğinin GPS koordinatları ve jeolojik özellikleri kaydedilmiş, her numune detaylı şekilde etiketlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünün çok hassas bir şekilde yapılacağı göz önünde bulundurularak numunelerin özelliklerinin bozulmaması için uygun saklama ve taşıma koşulları sağlanmıştır. Ayrıca, numune toplama sırasında kişisel koruyucu ekipman kullanılmış ve çevre koruma kurallarına uyulmuştur. Tüm bu süreçler ayrıntılı şekilde belgelendirilmiş ve

uzmanlar tarafından fotoğraflarla desteklenmiştir. Bu unsurlara dikkat edilmesi, kaya numunesi toplama işleminin güvenilirliğini ve analiz süreçlerinin doğruluğunu artırmaktadır.

Toplanan numuneler Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesindeki hazırlanmış olan laboratuvara getirilmiş ve burada en uygun görülen bir numune ölçümler için hazırlanmıştır. Kaya numunesi hazırlık aşamasında, numune 10*10*10 cm ölçülerinde küp şeklinde kesilmiş, basış deneyi yapılacak olan yüzeye hiçbir şekilde zarar verilmemiştir. Kaya basışını simüle edecek hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesine sabitlenebilmesi için 18 mm marin su kontrplak üzerine epoksi yapıştırıcı ve sağlamlığını arttırmak için metal desteklerle sabitlenmiştir. Son olarak kaya yüzeyinde 2 x 2 cm alana sahip bir bası alanı belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Numune ve Belirlenen Bası Alanı

3.1.2. Deneysel Süreç

Tasarlanan hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesinde (Şekil 3-2) kullanılan 220 volt elektrikli motor 1kw gücünde ve 1000 rpm devir hızındadır. Aynı zamanda motora bağlanan sonsuz dişli redüktör ile 1000 rpm devir hızı 13 rpm devire düşürülmüştür. Bu sayede kaya yüzeyine bası sayısı 1 dakikada 13 defa olacak şekilde ayarlama yapılmıştır. Motor ile üretilen gücün kaya yüzeyine aktarılması ve bu aktarımın insan basışını en uygun şekilde örneklendirilmesi için yaylı piston kullanılmıştır. Piston gerginliğinin ayarlanabilmesi sayesinde, tırmanış sırasındaki insan basışı en iyi şekilde simüle edilebilmekte ve aynı zamanda

bası ağırlığı da kontrol edilebilmektedir. Pistonun kaya yüzeyiyle temas eden uç kısmına, kaya tırmanışında kullanılan tırmanıcı ile kaya arasındaki sürtünmeyi en yüksek seviyeye çıkaran kaya tırmanış ayakkabısı tabanı sabitlenmiştir. Aynı zamanda kaya yüzeyinin sabitlenmesine de olanak sağlayan ağırlık ve yükseklik ayarlı platform yerleştirilmiştir. Bu platform sayesinde basılarda oluşacak olası aşınmalardan kaynaklı, yüzeyde oluşan pürüzlülük kaybından dolayı kaya yüzeyi ile piston arasındaki mesafenin azalması ve bundan dolayı kaya yüzeyine daha az ağırlık uygulanmasının önüne geçilmiştir.

Kaya yüzeyinin aşınmasına neden olan tırmanış sayısının hesaplanması amacıyla tasarlanan hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesi, belirli aralıklarla tekrarlanan basışlar yoluyla kaya yüzeyine uygulanacak kuvveti simüle etmek için geliştirilmiştir. Bu süreç, kaya tırmanışının etkilerini laboratuvar ortamında daha kontrollü ve tekrarlanabilir bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Tasarımı yapılan makine, kaya yüzeyine belirli bir ağırlıkla tekrarlanan basışlar yaparak tırmanış etkisini simüle etmektedir. Bu makine, tırmanıcıların ayaklarıyla kaya yüzeyine uyguladığı basıncı modellemek üzere 13 saniyede bir basış gerçekleştirecek şekilde programlanmıştır. Böylelikle, kaya yüzeyinin aşınma süreci hızlandırılarak ve kontrollü bir ortamda incelenerek, doğal koşullarda uzun yıllar alacak aşınma etkileri kısa sürede gözlemlenebilir hale getirilmektedir.

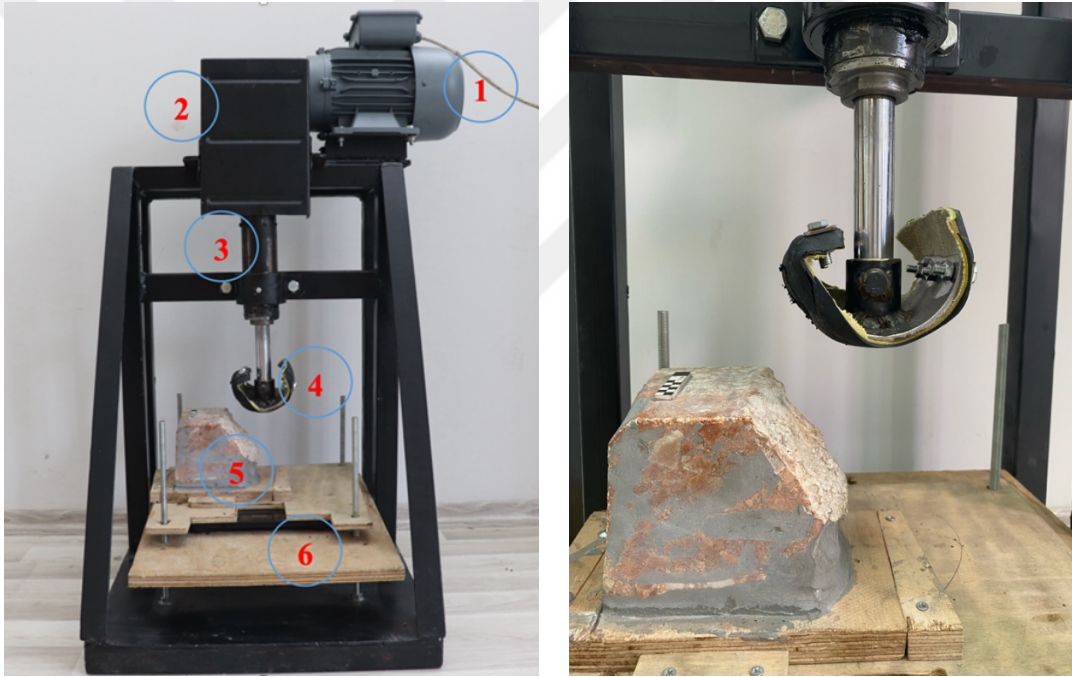
Hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesinin basış sırasında uygulayacağı ağırlık, ilgili literatürde ortalama bir elit kaya tırmanıcısının ağırlığı olarak belirlenmiş olan 63,5 kg'a dayanmaktadır (Kemmler vd., 2006: 655; Mermier vd., 1997: 226; Quaine vd., 2003: 425; Schöffl vd., 2004:1689; Sylvester vd., 2006: 602). Bu çalışmalarda erkek elit kaya tırmanıcılarının ağırlıkları dikkate alınmış olup, ortalama tırmanıcı ağırlığı 63,5 kg olarak belirlenmiştir. Ancak, yapılacak çalışmada rekreasyonel katılımcıların varlığı da göz önüne alınarak, bu ağırlığın %10 oranında artırılması uygun görülmüştür. Bu bağlamda hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesi, her bir basışta 70 kg ağırlık uygulayacak şekilde kalibrasyonu yapılmıştır.

Hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesi, belirlenen süre sıklığında kaya yüzeyine basış yaparak, tırmanıcıların gerçek hayatta kaya yüzeyine uyguladığı kuvveti simüle etmektedir. Bu işlem, uzun süre boyunca tekrarlanarak kaya yüzeyindeki aşınma gözlemlenmekte ve kaydedilmektedir. Bu tekrarlı basışlar, kaya yüzeyinin zamanla nasıl aşındığını, yüzeyde ne tür değişikliklerin meydana geldiğini ve bu değişikliklerin kaya türüne bağlı olarak nasıl farklılık gösterdiğini anlamaya yönelik bilgiler sunmaktadır.

Kaya yüzeylerinde oluşan aşınma, tırmanış rotalarının uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla çalışmadaki basış deneyi kaya tırmanışının kaya

yüzeyleri üzerindeki etkilerini gözleme noktasında önemli noktada durmaktadır. Ayrıca, elde edilecek veriler, tırmanış rotalarının bakım ve onarım süreçlerinin planlanmasında kullanılacak verilerin elde edilmesine de katkı sağlamaktadır. Bu tür laboratuvar çalışmaları, doğal alanlarda yapılan gözlemlerle birleştirildiğinde, kaya tırmanışının çevresel etkileri hakkında daha kapsamlı ve güvenilir bilgiler sağlamaktadır.

Kaya numunesi toplama ve kaya yüzeyi aşınma analizleri için, tasarlanan bu makine, kaya tırmanışının yüzeylere olan etkisini daha iyi anlamak ve bu etkileri bilimsel olarak belgelemek amacıyla önemli bir araçtır. Uygulanan ağırlığın belirlenmesi ve test sürecinin planlanması, çalışmanın doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır. Bu tür detaylı ve kontrollü çalışmalar, kaya tırmanışı ve benzeri açık alan aktivitelerin çevresel etkilerini minimize etmek için gerekli önlemlerin alınmasına da olanak tanımaktadır.



Şekil 3.2 Hız ve Ağırlık Kontrollü Yüzey Eskitme Makinesi

Şekil 3.2’de gösterilen hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesi bileşenleri:

1. Motor (220 volt 1 kw 1000 Rpm)
2. Redüktör
3. Piston
4. Tırmanış ayakkabısı tabanı
5. Kaya numunesi
6. Ağırlık ve yükseklik ayarlı platform

Bu bağlamda, numune kaya bloğunun her beş bin (5000) basıda bir laboratuvar ortamında fotogrametrik görüntü verisi alımı gerçekleştirilmiştir. Görüntü verilerinin alımı laboratuvar ortamında fotogrametrik ölçüm prosedürü uygulanarak alınmış ve kaya yüzeyinde oluşan aşınma oranı hesaplanmıştır. Bu prosedüre göre her 5.000 basıda;

- Kaya numunesinin hız ve ağırlık kontrollü yüzey eskitme makinesi sabitlenmesi
- Kaya numunesine uygulanacak bası ağırlık kalibrasyonunun yapılması
- Aşındırma işleminin gerçekleştirilmesi
- Fotogrametrik veri alımı için uygun ışığın ayarlanması
- Fotoğraf makinesi ayarlarının yapılması
- 10 derecelik intervaller halinde ve 5 farklı katmanda 360 derece fotoğraf kaydının yapılması adımları izlenmiştir.

3.1.3. Fotogrametrik Görüntü Verisi Alımı

Kaya numunesinin fotogrametrik modelinin oluşturulabilmesi için laboratuvar ortamında bir kayıt standı oluşturulmuştur. Fotoğraf kaydı kapalı bir ortamda yapıldığı için ışıklandırma koşulları değişmeden yapılmıştır. Böylelikle her 5000 basıda bir görüntü verisi alınırken ışıkların konumu ve kuvveti belirlenen ayarlarda statik olarak uygulanmıştır. Fotoğraf makinesinin sağ ve sol ön çapraz noktasına, ana aydınlatmayı sağlayan 2 adet sürekli LED aydınlatma 35 cm mesafeden yerleştirilmiştir. Homojen bir ışık dağılımı sağlamak için 1 adet LED aydınlatma fotoğraf makinesinin alt kısmına 50 cm mesafede makinenin açılma değişimleriyle senkronize hareket edebilecek şekilde yerleştirilmiştir. Bununla birlikte 1 adet LED aydınlatma ise bası alanının tepe noktasına 20 cm mesafede sabitlenmiştir. Son olarak 2 adet 2000W LED aydınlatma kaya numunesinden bağımsız bir noktaya yerleştirilmiş ve kapalı ortamdaki ortam ışığı kuvvetlendirilmiştir (Şekil 3.3).



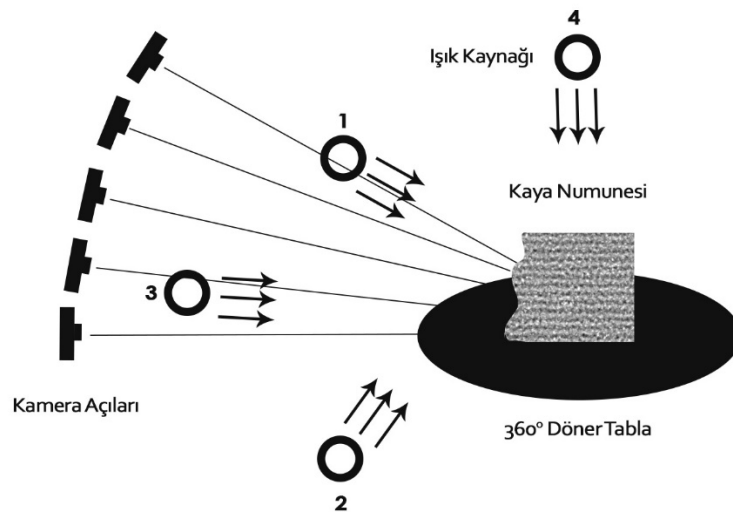
Şekil 3.3 Işıklandırmaya ait görseller

Fotogrametrik görüntü verilerinin alınması sırasında Canon EOS 800D 24 mpx fotoğraf makinesi ve düşük optik bozulma sunan Canon EF 50mm f/1:1.8 STM sabit lens kullanılmıştır. Kaya numune yüzeyi tüm açılardan aydınlatılarak homojen bir aydınlatma yüzeyi oluşturulmuştur. Işık sıcaklıklar değeri 4500K aydınlatma değeri ile statik bir aydınlatma ortamında, iç mekânda fotoğraflanmıştır. Kumlanmayı minimumda tutmak için ISO değeri 100 olarak ayarlanmıştır. Kaya numune yüzeyini sahneye merkezlemede, 45 cm'lik kayıt mesafesi ayarlanmıştır. Lens nesneye odaklandığında, aynı mesafedeki diğer alanlara da keskin bir şekilde odaklanmaktadır. Farklı mesafelerde bulunan alanlar odak dışıdır ve teorik olarak keskin değildir. Lens keskinlik alanı, keskinliğin yakın mesafesi ve keskinliğin uzak mesafesi ile tanımlanmaktadır (Sirkiä vd., 2016: 5). Keskinlik alanı genellikle alan derinliği (DOF) olarak adlandırılır. Alan derinliğinin artırılması bir görüntünün keskinliğini artırır. Fotoğraf kaydı sırasında kaya numunesinin tüm yüzeyinin keskinliğinde diyafram değeri f/16 olarak belirlenmiştir. Pozlama süresinin kamera tarafından otomatik olarak seçilmesi ve optimum pozlamanın sağlanması için diyafram öncelikli çekim modu kullanılmıştır. En uygun mesafe belirlenirken kaya numunesinin keskinlik alanına da uyması gerektiği dikkate alınmalıdır. Söz konusu keskinlik ve aydınlatma değerleri fotogrametrik modelin hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Fotogrametrik veri toplamada kullanılan kamera ayarları Tablo 3.1’ da verilmiştir.

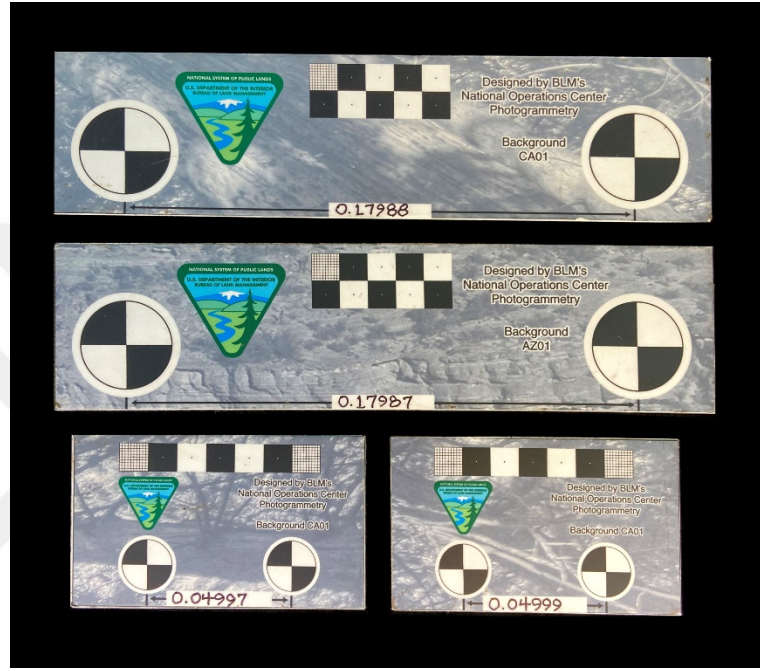
Tablo 3.1. Fotogrametrik Veri Toplamada Kullanılan Kamera Ayarları

Kamera:	Canon EOS 800 D
Lens:	50 mm. Prime Lens
ISO:	100
Diyafram Ayarı:	F16
Perde hızı:	Otomatik
Görüntü Formatı:	RAW+JPEG
Görüntü Çözünürlüğü:	6000 x 4000

Fotoğraf kaydı, kameranın bir üç ayak yardımıyla sabitlenmesiyle yapılmıştır. Her 5.000 basıda bir tekrar eden fotogrametrik veri alımı yapılacağından, fotoğraf kayıt açıları ve kaya numunesine olan uzaklığın farklı olmaması için üç ayak zemine sabitlenmiş ve kameranın farklı katmanlardaki çekim açısının değişmemesi için fotoğraf makinesini hareket ettiren raylı yapıda işaretlemeler yapılmıştır. Fotoğraf kaydı sırasında makinede oluşabilecek titreşimlerin önüne geçmek için uzaktan kumanda kullanılmıştır. Bu yapılandırmalar çekim sırasında kameranın olası hareketi ortadan kaldırıldığından görüntülerde neden olabilecek olası bulanıklığı kaldırarak, düşük ışık koşullarında bile görüntüleme yapmaya olanak sağlamaktadır. Kayıt sırasında döner tablanın merkezine yerleştirilen kaya numunesinin her 10 derecede bir görüntü verisi alınmıştır. Böylelikle numunenin kaydı sırasında tek bir katmanda 36 fotoğraf kaydedilmiştir. Fotoğraflar, kaya numune yüzeyine dikey düzlemde 0° , 15° , 30° , 45° ve 60° 'ye karşılık gelen beş farklı katman olacak şekilde kamera yapılandırılması ile veri alımı yapılmıştır (Şekil 3.4). Bu kapsamda kaya numunesinin fotogrametrik 3B modelini elde edebilmek için her 5.000 basıda bir farklı katman ve açılardan toplam 180 görüntü verisi alınmıştır.

**Şekil 3.4 Fotogrametrik Veri Alımı Yapılandırması**

Fotogrametrik verilerden hassas ölçümler yapılabilmesi için profesyonel ölçek kullanılması önemlidir (Şekil 3.5). Pürüzlülük değerlerini doğru ve hassas bir şekilde belgeleyebilmek için profesyonel olarak kalibre edilmiş, 1/10 mm hassasiyetinde kodlanmış ölçek profilleri kullanılmıştır (Tablo 3.2). Kaya numunesinin fotogrametrik görüntü verisi alımı sırasında nesnenin dört bir yanına farklı ölçekler yerleştirilmiştir. Fotogrametrik kayıt sırasında kullanılan ölçekler 3B model üzerinden yürütülecek analiz çalışmalarında hassas ve doğru sonuçlar sağlayacaktır.



Şekil 3.5 Fotogrametri Kaydı Sırasında Kullanılan Ölçekler

Tablo 3.2 Ölçekli Hedefler Arası Metrik Değerler

A-B	0,17988 m
C-D	0,17987 m
E-F	0,04997 m
G-H	0,04999 m

Tablo 3.3'te, 0 basıdan 68.000 basıya kadar olan süreçte, kaya numunesinin yüzeyinde meydana gelen aşınma değerlerinin fotogrametrik olarak kaydedildiği ve işlendiği görülmektedir. ISO, Shutter Speed, f-Stop ve Focal Length gibi fotoğraf çekim parametreleri her bası aralığında sabit tutulmuştur. Bu parametrelerin sabit tutulması, veri tutarlılığını ve karşılaştırılabilirliğini sağlamaktadır. Her bası aralığında elde edilen veriler, Global Scale Difference (GSD) ve Root Mean Square (RMS) değerleri ile kaydedilmiştir. GSD, her bir

pikselin gerçek dünyadaki karşılığını ifade ederken, RMS değerleri ise nokta bulutu hizalama işlemlerindeki hata oranlarını göstermektedir. GSD ve RMS değerlerinin düşük olması, veri hassasiyetinin yüksek olduğunu ve hizalamanın başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Tablodaki ortalama hata, medyan hata, maksimum hata ve minimum hata değerleri, her bası aralığında elde edilen nokta bulutlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır. Bu hata değerlerinin düşük olması, fotogrametrik analizlerin yüksek hassasiyetle yapıldığını ve sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir.



Tablo 3.3 Bası Değerlerine Göre Fotogrametrik Veri Kaydı ve İşleme Verileri

Bası Sayısı	0	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000	65000	68000
Fotoğraf Sayısı	181	180	180	180	180	180	185	180	180	180	180	180	180	180	180
Ölçek Sayısı	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kodlanmış Hedef Sayısı	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ölçek Hata Payı (m)	0.00012	0.000003	0.000045	0.000014	0.00008	0.00003	0.00004	0.00002	0.00002	0.000015	0.00004	0.00005	0.00008	0.00001	0.00002
Bağlantı Noktaları	102.295	92.462	74.120	78.815	108.481	86.160	76.785	91.517	78.382	99.920	79.762	85.849	91.842	85.951	76.298
Derinlik Haritası	181	180	180	180	180	180	185	180	180	180	180	180	180	180	180
Nokta Bulunu	20,140,947	17,774,698	16,882,272	16,727,143	16,684,511	16,668,612	16,740,422	16,938,602	16,803,049	19,957,788	16,864,770	16,824,951	16,844,883	17,103,436	17,348,690
3B Model Yüzey Sayısı	1,288,369	3,375,689	2,925,170	2,867,379	2,747,662	1,035,418	3,074,512	2,958,801	2,924,756	1,047,433	3,020,782	3,894,694	2,909,731	3,255,312	1,108,164
SYM (mm/px)	0.0951	0.102	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
Orthomosaic (mm/px)	0.0476	0.0512	0.053	0.053	0.053	0.0531	0.053	0.0531	0.0531	0.0529	0.0531	0.0529	0.0532	0.0531	0.0528

3.1.4. Fotogrametrik Verilerin İşlenmesi

Fotogrametrik veri işleme, kaydedilen fotoğraf veya görüntü kümeleri aracılığıyla nesnelerin 3B modellerinin üretilmesi aşamasıdır. Bu işlemler bilgisayar tabanlı yazılımlar ve bunlara bağlı algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilir. Fotogrametrik veri işleme aşağıdaki adımları içermektedir (Remondino ve El-Hakim, 2006: 279):

Görüntü İşleme: Elde edilen fotoğraflar veya görüntüler, bilgisayar yazılımları aracılığıyla işlenir. Bu aşamada, görüntüler hizalanır, düzeltilir, filtrelenir ve gerektiğinde yeniden boyutlandırılır.

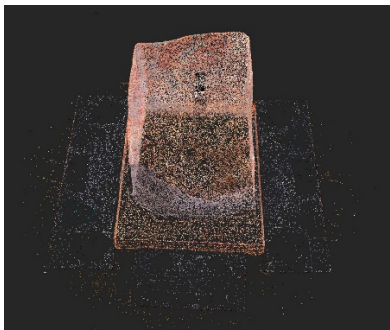
Nokta Bulutu Oluşturma: Görüntülerden elde edilen veriler, nokta bulutu adı verilen 3B veri setine dönüştürülür. Bu nokta bulutu, nesnenin veya alanın yüzeyinin üç boyutlu bir temsilini sağlamaktadır.

3B Nesne Modelleme: Nokta bulutu verileri, nesnenin veya alanın 3B modelinin oluşturulması için kullanılır. Bu modelleme süreci, nesnenin geometrisini, yapısını ve detaylarını içeren ayrıntılı bir dijital modelin oluşturulmasını içerir.

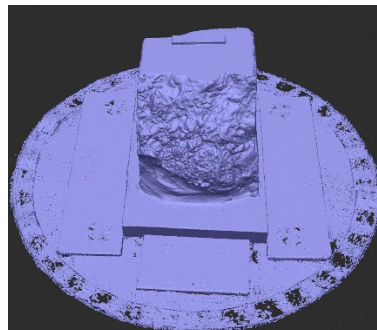
Agisoft Metashape (www.agisoft.com, 2024) ile 3B model oluşturma süreci, birkaç temel adımdan oluşur ve doğru ve tutarlı bir temsili 3B model için her adım özenle uygulanmalıdır. İlk olarak, nesnenin veya alanın farklı açılardan yüksek kaliteli fotoğraflarının kaydı gerekmektedir. Fotoğraflar arasında yeterli örtüşme sağlanmalıdır; genellikle %60-80 örtüşme oranı idealdir. Bu, yazılımın görüntüler arasında bağlantılar kurarak doğru bir 3B model oluşturmaya olanak tanır. İlk olarak kaydedilen görüntü verileri *Agisoft Metashape Pro* yazılımında yeni bir proje dosyası içerisine aktarılmaktadır. Bu işlem "*Workflow*" menüsünden "*Add Photos*" seçeneği kullanılarak yapılmaktadır. Fotoğraflar yüklendikten sonra, görüntülerin hizalanması işlemi gerçekleştirilir. Bu adımda, "*Workflow*" menüsünden "*Align Photos*" seçeneği seçilir ve istenilen model hassasiyetine göre spesifik ayarlar yapılarak işlem başlatılmaktadır. Bu işlem, yazılımın fotoğrafların ortak noktalarını tanımlayarak bağlantı noktaları verisini "Tie Points" oluşturmaktadır. Bu aşamadan sonra kayıt sahnesine yerleştirilen ölçek profillerinin tespit edilmesi gerekmektedir. 3B modelin metrik ölçü vermesi açısından bu adım gereklidir. Sonraki adım nokta bulutunun oluşturulmasıdır. Yüksek detaylı bir nokta bulutu oluşturmak için "*Build Dense Cloud*" seçeneği kullanılır. Burada kalite ve derinlik filtreleme ayarları yapılmakta ve işlem başlatılmaktadır. Bu adım, detaylı bir 3B nokta bulutu oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen kaya bloğunun yüzey profillerinin analizinde bu adım önemli bir noktada durmaktadır. Nokta bulutunun yoğunluğu elde edilecek verilerin

hassasiyetini artırmaktadır. Sonraki adım, nokta bulutundan bir 3B örgü model oluşturulmasıdır. Bu adım "*Build Mesh*" seçeneği kullanılarak yapılmaktadır. Bu aşama, 3B modelin yüzey yapısını triangulasyon algoritmalarıyla oluşturmaktadır. Son olarak, modelin daha gerçekçi görünmesi için bir doku haritası eklenmektedir. Bu adım "*Build Texture*" seçeneği ile gerçekleştirilmektedir. Tamamlanan Yoğun Nokta Bulutu ve 3B model, 3B analizin yapılacağı programlara uygun bir biçimde, farklı formatlarda dışa aktarılabilir. Bu yöntemle, yüksek kaliteli ve doğru bir 3B model oluşturmak mümkündür (Şekil 3.9).

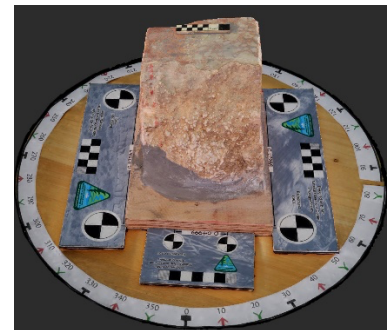
Söz konusu veri işleme prosedürü göz önünde bulundurularak, çalışmamızda kaya numune yüzeyinin sayısal modelinin oluşturulması için gerekli olan adımların ilk aşamasında 'görüntü verisi' alımı yapılmıştır. Bu kapsamda kaya bloğunun tüm cephelerini kapsayan 0°, 15°, 30°, 45° ve 60° lik beş farklı dikey açıda 180 adet fotoğraf kaydı gerçekleştirilmiştir. Her 5000 basıda bir alınan bu fotoğraf dizisi sonucunda toplam 2700 adet görüntü verisi alınmıştır. Ham formatta (RAW) kaydedilen görüntü dizisinin renk kalibrasyon ve TIFF formatına dönüşüm işlemleri bilgisayar ortamında tamamlanmıştır. Ardından görüntü dizeleri *Agisoft Metashape Pro* yazılımında işlenerek, kaya bloğuna ait fotografik görüntü verilerinin kamera konumları ve oryantasyonları otomatik olarak tespit edilmiş ve birbiriyle örtüşen fotoğrafların birleştirilmesi aşamasına geçilmiştir (Şekil 3.6) (Plets vd., 2012). Kaya bloğu üzerinde hassas metrik ölçümler yapılabilmesi için sahneye yerleştirilen 4 adet ölçek profili tanımlaması otomatik bir biçimde (detect markers) tespit edilmiştir. Tespit edilen hedeflerin metrik değerleri 1/10mm hassasiyetinde metrik değerleri girilmiştir. Hizalanan fotoğraflar baz alınarak yüzeyin oluşturabilmesi için gereken yoğun nokta bulutu üretilerek (Şekil 3.7) üçgenleme algoritmaları ile kaya bloğunun mesh görünümü elde edilmiştir (Şekil 3.8). Bu aşamalar *Agisoft Metashape Pro* (v2.1.1 build 17281) yazılımında Structure from Motion algoritmalarıyla işlenmiştir.



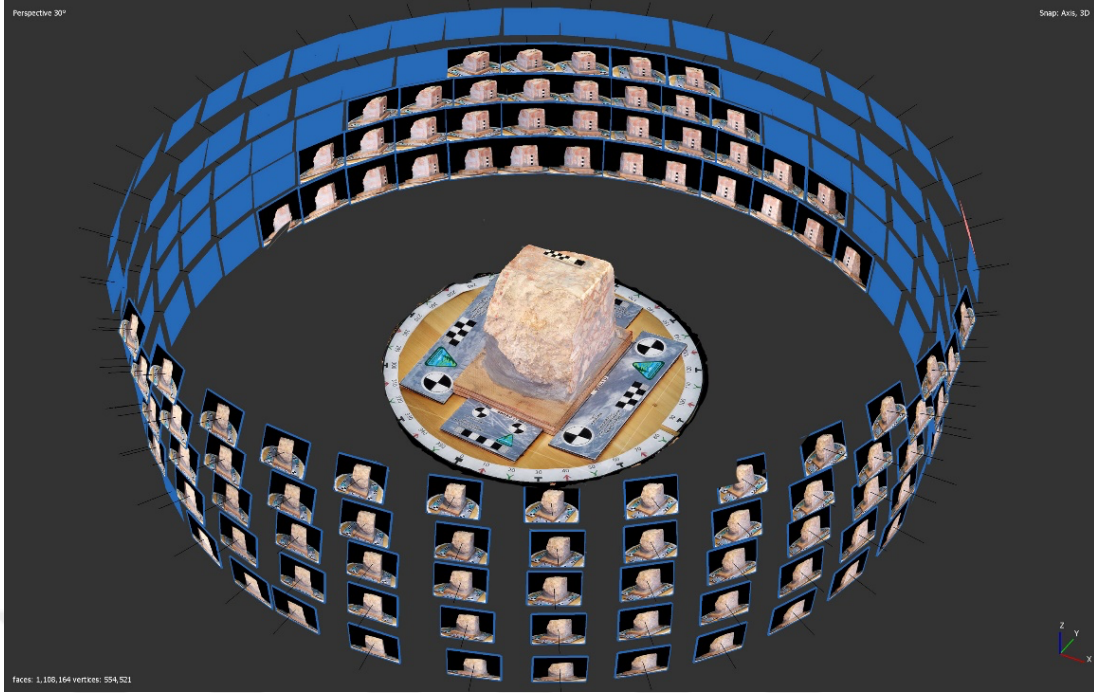
Şekil 3.6 Bağlantı Noktaları (Tie Points)



Şekil 3.7 Yoğun Nokta Bulutu (Dense Cloud)

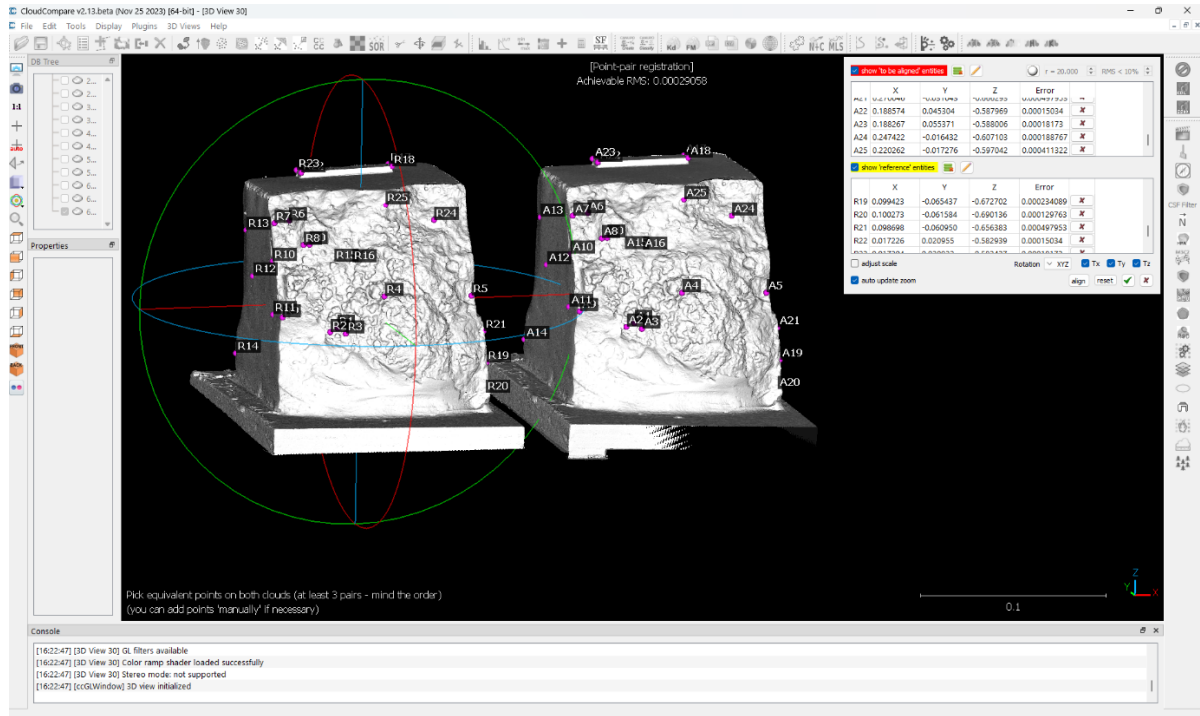


Şekil 3.8 3B Model (Mesh)



Şekil 3.9 Kaya Bloğunun Farklı Açılardan Kaydedilen 180 Adet Görüntü Verisi Sonucunda Elde Edilen Üç Boyutlu Model Görünümü.

Kaya numunesi yüzeyindeki basıya bağlı aşınma değerlerinin görsel ve metrik analizleri, CloudCompare programının Nokta Bulutları Arası Karşılaştırma (C2C) fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, 5000 bası aralıklı üretilen sayısal modellerin birbirine tam olarak hizalanması amaçlanmıştır. Şekil 3.10'da gösterildiği gibi, CloudCompare programı bu işlemi otomatik olarak gerçekleştirme kapasitesine sahip olmasına rağmen, kaya numunesinin karmaşık geometrik yapısı nedeniyle hizalama işlemi manuel olarak yapılmıştır. Manuel hizalama işlemi, kaya numunesinin yüzey geometrisinin karmaşıklığı ve bu geometrinin otomatik hizalama algoritmaları tarafından doğru bir şekilde işlenememesi nedeniyle tercih edilmiştir. Manuel hizalama sayesinde, iki sayısal model arasındaki aşınma analizleri oldukça hassas ve detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Hizalama işlemi sırasında, iki model arasında nokta bulutu üzerinden ortak noktalar dikkatlice seçilmiştir. Ortak noktaların seçimi, hizalama doğruluğunu artırmak ve hata payını minimize etmek için büyük bir titizlikle yapılmıştır. Ortak noktalar belirlendikten sonra, iki farklı sayısal model üst üste bindirilerek tam örtüşme sağlanmıştır.



Şekil 3.10 Cloud Compare Programı ile İki Farklı Nokta Bulutunun Hizalanması Aşaması

3.1.5. Profil Oluşturma

Kaya yüzey profili, eklem yüzeyinin pürüzlülük özelliklerini görsel olarak temsil eden bir grafik veya diyagramdır. Bu profil, yüzeydeki dalgalanmaları, çıkıntıları, girintileri ve diğer pürüzlülük özelliklerini gösterir. Profil oluşturulması için öncelikle kaya yüzeyinden veri toplanır ve bu veriler uygun bir formata dönüştürülerek profil grafiği çizilir. Profildeki yükseklik değerleri yatay eksene karşı dikey olarak temsil edilir ve yüzeyin pürüzlülük özellikleri görsel olarak ortaya konur. Profil üzerinde belirli pürüzlülük parametreleri hesaplanabilir ve bu parametreler yüzeyin genel pürüzlülüğünü, dalgalanma miktarını ve eğim değişimlerini tanımlar. Oluşturulan kaya yüzeyi profil grafiği analiz edilerek yüzeydeki belirgin özellikler, pürüzlülük desenleri ve eğim değişimleri incelenir. Kaya yüzeyi profil grafiği, kaya mekaniği, jeoteknik mühendislik ve madencilik gibi alanlarda yüzey karakterizasyonu ve stabilite analizi için önemli bir araç olarak kullanılır. Bu profil, mühendislerin kaya yüzeyinin özelliklerini anlamasına ve uygun mühendislik çözümleri geliştirmesine yardımcı olur.

3.1.6. JRC Parametresinin Nümerik (Sayısal) Olarak Hesaplanması

JRC katsayısını/parametresini hesaplamada, kaya yüzeyinde ele alınan birden çok noktaların (x,y,z) koordinatlarını içeren nokta bulutu verisi ele alınır. Hesaplama yönteminde

regresyon eşitliği kullanılarak hesaplanır. Z_2 , pürüzlülük analizinde en yaygın kullanılan parametredir. Denklem (3.2)' de yer alan M tek bir ölçüm içinde yer alan noktası sayısı (bu durumda i tane nokta), D_x iki nokta arasındaki uzaklık, y_i nokta bulutu içinde yer alan i . noktayı temsil eder. Z_2 değeri, profilin merkez çizgisinin üstündeki veya altındaki veri noktalarının dik mesafelerinden hesaplanır. Z_2 değerinden JRC'yi hesaplamak için ampirik bir ilişki kullanılmaktadır.

Denklem (3.1), iki nokta arasındaki uzaklık D_x ' in sayısal değerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin, Şekil 3.12 (a)' da $2 \times 2 \text{ cm}^2$ lik ızgara içindeki nokta bulutunu temsil eder. Nokta bulutu içinde 1mm kalınlığında kesilen bölge içinde 1mm' lik adımlarla (Şekil 3.12 (d)) (D_x ' in sayısal değeri) $1 \times 1 \text{ mm}^2$ boyutlarında 20 ($M = 20$) adet karesel bölgelere dilimlendiğinde (Şekil 3.12 (c)), Şekil 3.12 (d)' de gösterildiği gibi 2-boyutlu bir profil elde edilir. Bu durumda, $D_x = 1 \text{ mm}$ için Denklem (3.2) aynı kalmak koşuluyla, Denklem (3.3)

$$JRC = 64.22 Z_2 - 2.31$$

Denklem 3.3 Eklem pürüzlülük katsayısı 1mm aralık denklemi

halini alır. Benzer adımlar izlenerek D_x ' in 0.5 ve 0.25 mm değerleri için Denklem (3.1) sırasıyla

$$JRC = 61.79 Z_2 - 3.47$$

Denklem 3.4 Eklem pürüzlülük katsayısı 0.5 mm aralık denklemi

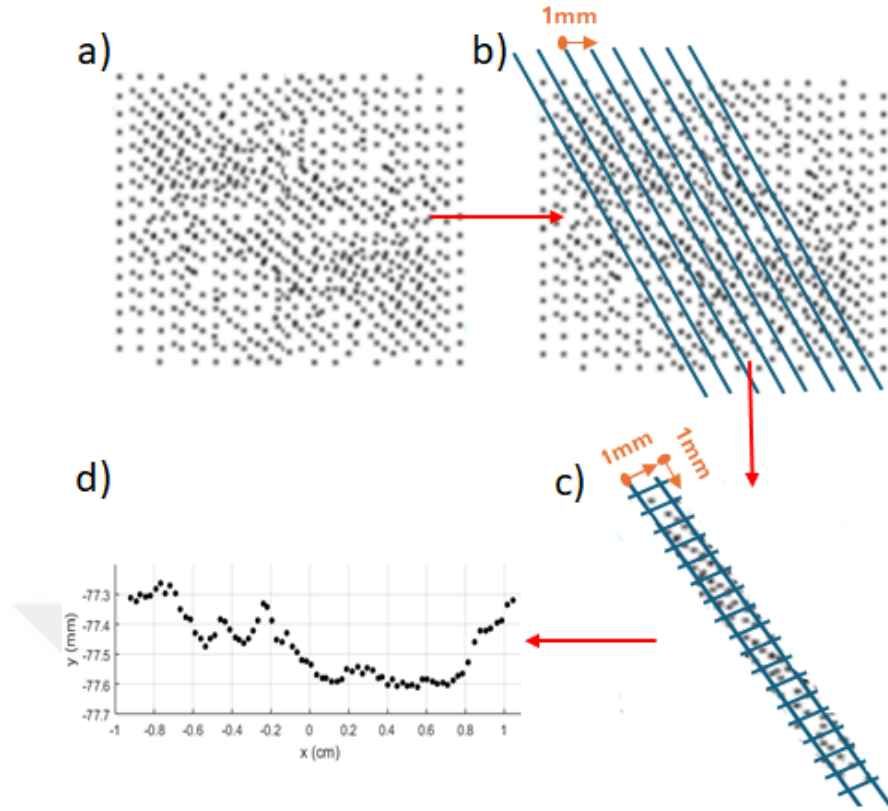
ve

$$JRC = 60.32 Z_2 - 4.51$$

Denklem 3.5 Eklem pürüzlülük katsayısı 0.25 mm aralık denklemi

olarak elde edilir.

Birçok çalışmada yüzey profilinden elde edilen Z_2 değerinin örnekleme aralığı ile bire bir bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, yapmış oldukları çeşitli çalışmalar ile Z_2 ve JRC arasında güçlü bir ilişki geliştirmeye çalışmışlardır. Yu ve Vayssadeve (1991: 335). Wu vd. (2011: 2595) Z_2 üzerindeki etkileri belirlemek için 0,25 mm, 0,5 mm ve 1 mm olmak üzere üç farklı örnekleme aralığı üzerinde çalışmıştır. Tse ve Cruden (1979: 306), 0,5 mm'lik bir örnekleme aralığında Z_2 ve JRC arasında bir korelasyon önermiştir. Zhang ve ark. (2014: 196) 0,5 mm, 1 mm ve 4 mm örnekleme aralığında Z_2 ve JRC arasında bir ilişki geliştirmiştir. Bu çalışmada 1mm. aralık boyu kullanılmıştır. JRC hesaplamak için kullanılan yukarıdaki formül aralık boyuna göre farklılık gösterdiği için denklem 3.3 kullanılmıştır.



Şekil 3.12 a) $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ' lik karesel bölge. b) 1 mm ' lik şeritlere ayırma. c) Tek bir tane 1 mm ' lik şerit 'in $1 \times 1 \text{ mm}^2$ ' lik alanlara ayrılması. d) $1 \times 1 \text{ mm}^2$ ' lik alanlara ayrılan şerit içindeki noktaların 2-boyutlu profili.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

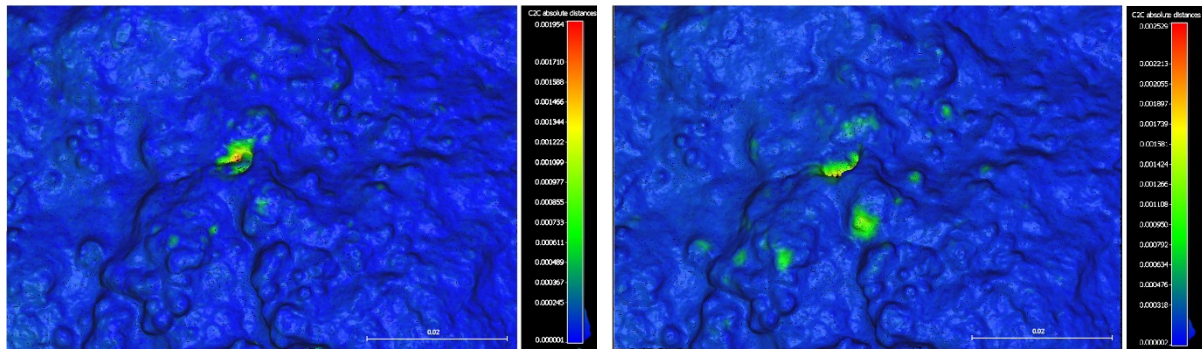
BULGULAR

7.1. Kaya Yüzeyinde Aşınma Değerlerinin Sayısal Analizi

Tez çalışması kapsamında, Geyikbayırı tırmanış bölgesinden alınan kaya numunesi üzerinde tırmanış kaynaklı aşınma seviyeleri, laboratuvar ortamında makine yardımıyla simüle edilerek sayısal ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler, yüksek hassasiyetli sayısal fotogrametri yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve belirli bası aralıklarında yüzeydeki aşınma verileri titizlikle kaydedilmiştir. Kaydedilen dijital görüntü verilerinden üretilen fotogrametrik 3B sayısal modeller aracılığıyla detaylı aşınma analizleri yapılmıştır (Şekil 4.1). Her 5000 basıda bir üretilen kaya numunesine ait sayısal modellere yönelik analiz sonuçları, tırmanışçı ve kaya arasındaki fiziksel temas nedeniyle meydana gelen kaya yüzeyindeki bozulmaların (mumlaşma) başlangıcını ve devam eden kullanımlarda yüzeydeki bozulma/aşınmanın evrelerini hassas ölçümlerle ortaya koymuştur.

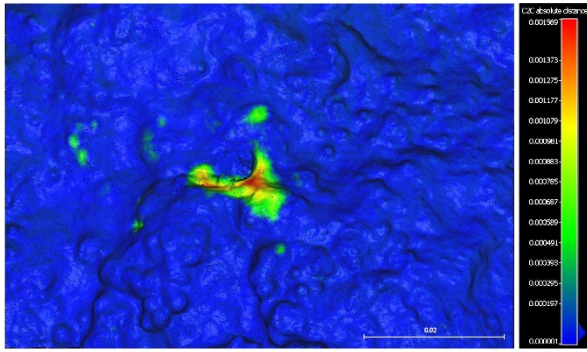
Analiz sonuçlarına göre, bası aralıkları arasında aşınma farklılıkları gözlemlenmiştir. Bası sayısı arttıkça yüzeydeki aşınmanın azaldığı tespit edilmiştir. 68.000 basıya ulaşıldığında ise aşınmanın durma noktasına geldiği ve yüzey pürüzlüğünün azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.1n). Bu bulgular, kaya yüzeyinin başlangıçta daha yüksek aşınma oranlarına maruz kaldığını, ancak zamanla aşınma oranının azaldığını ve kaya yüzeyindeki pürüzlülüğün minimum seviyeye ulaştığını göstermektedir.

Aşağıda kaya numunesine ait bası sayılarına göre üretilen üç boyutlu modellerin, 4 x 6 cm boyutlarında belirlenen bası alanına ait nokta bulutu verileri üzerinden hesaplanan yüzey aşınma değerlerinin metrik olarak karşılaştırılmasına yer verilmiştir (Şekil 4.1).

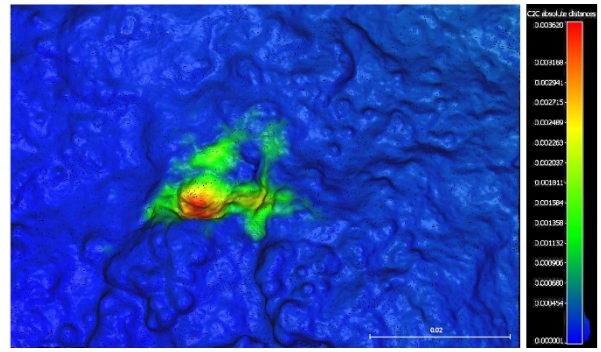


(a) 0-5.000 Bası Karşılaştırması

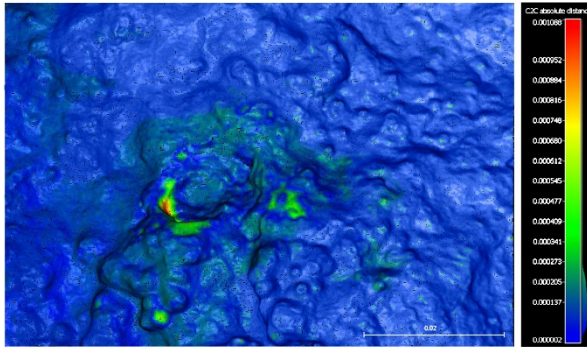
(b) 5.000-10.000 Bası Karşılaştırması



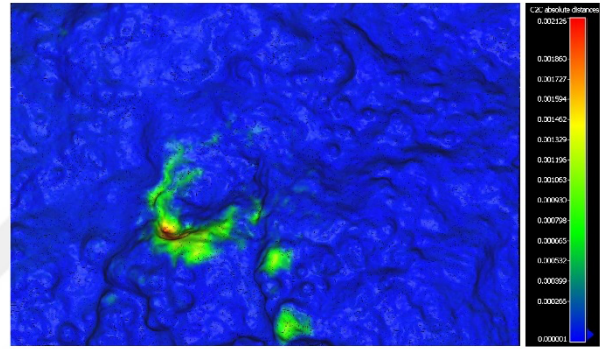
(c) 10.000-15.000 Bası Karşılaştırması



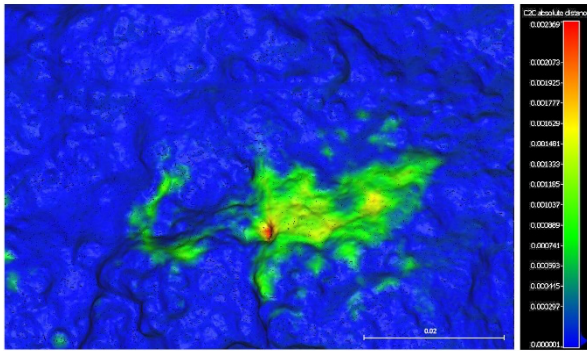
(d) 15.000-20.000 Bası Karşılaştırması



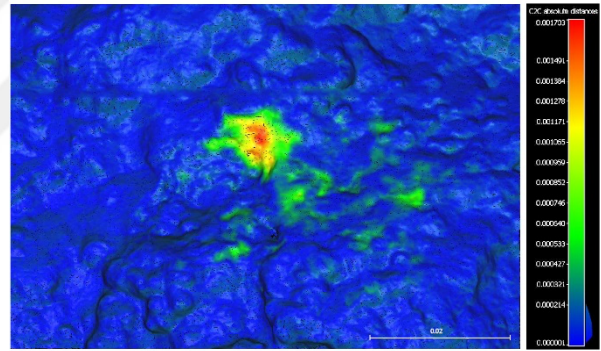
(e) 20.000-25.000 Bası Karşılaştırması



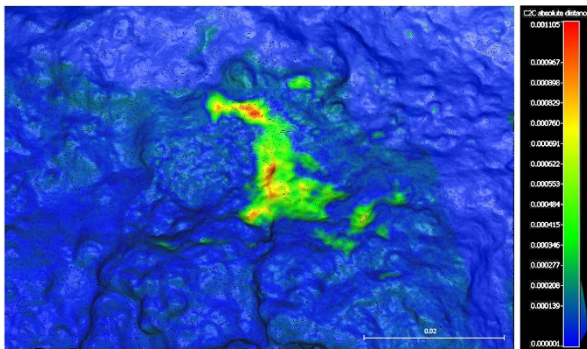
(f) 25.000-30.000 Bası Karşılaştırması



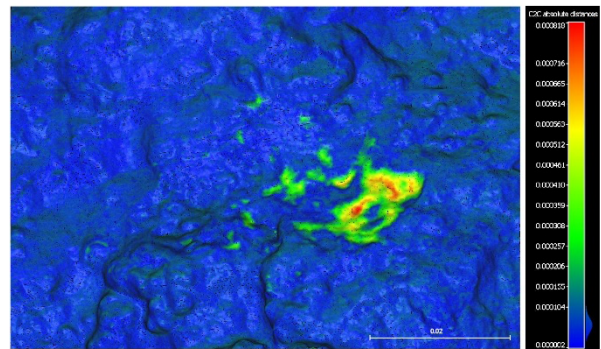
(g) 30.000-35.000 Bası Karşılaştırması



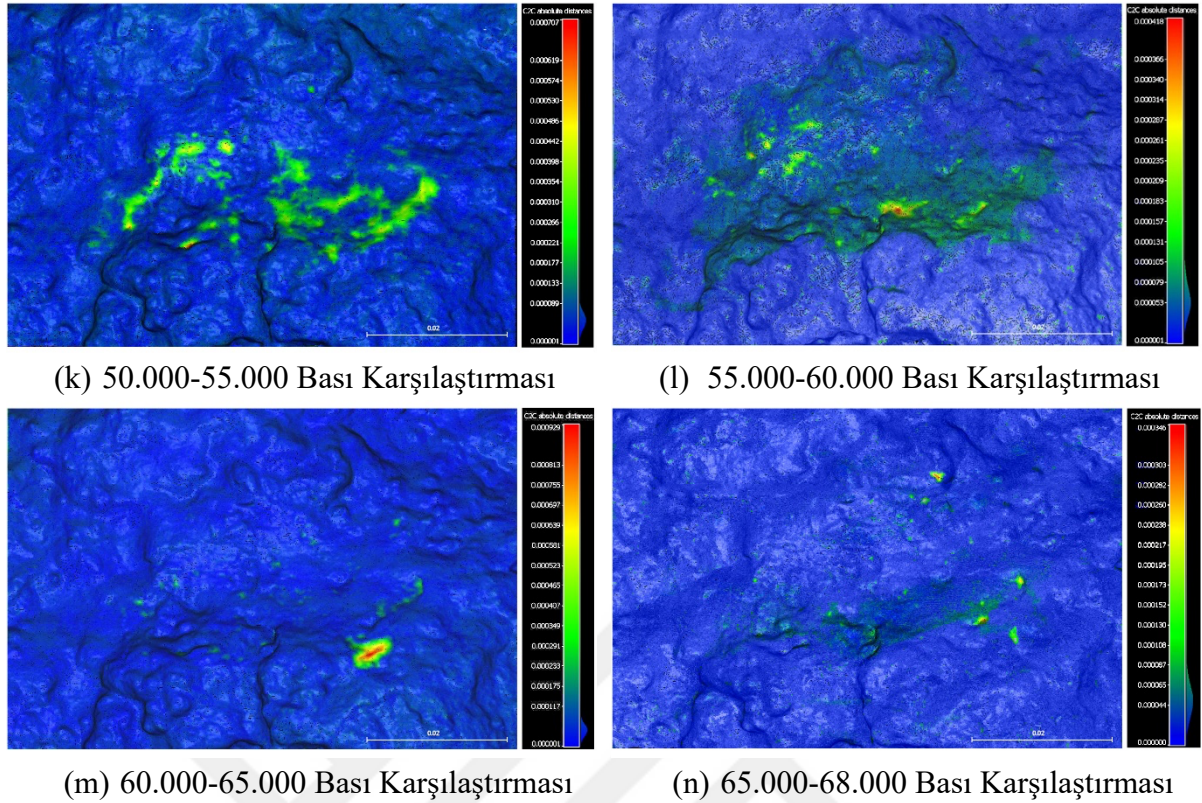
(h) 35.000-40.000 Bası Karşılaştırması



(i) 40.000-45.000 Bası Karşılaştırması



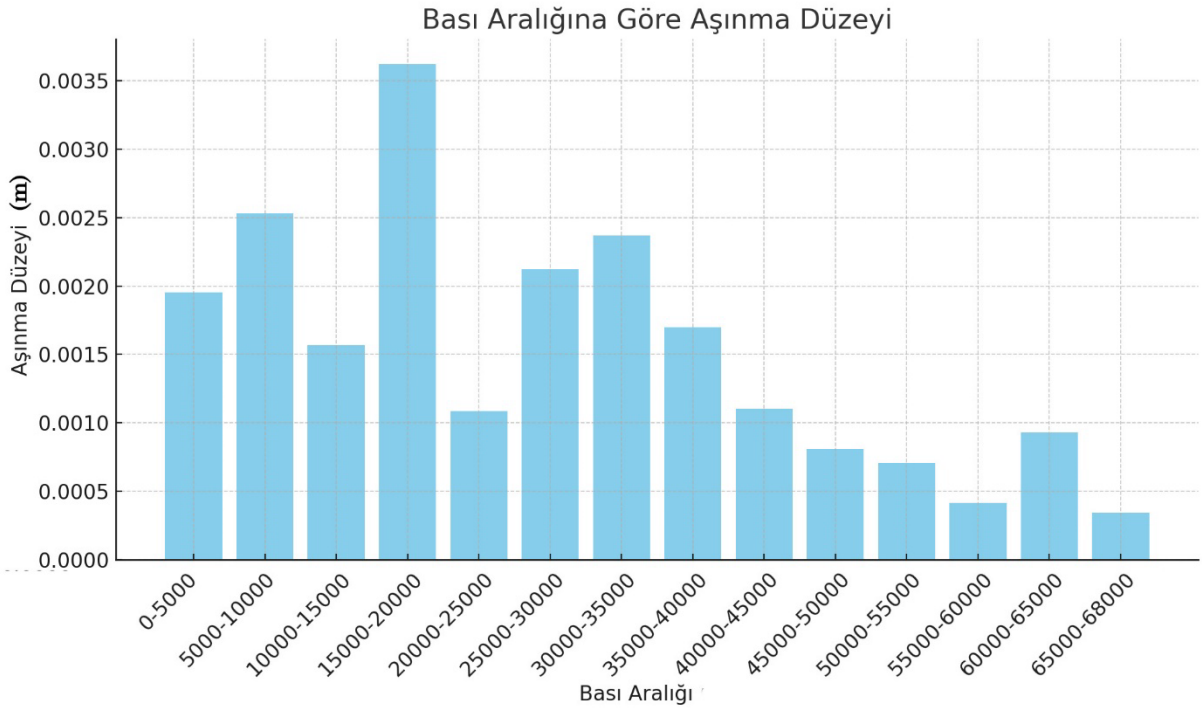
(j) 45.000-50.000 Bası Karşılaştırması



Şekil 6.1 Kaya Numunesi 5.000 Bası Aralıklı Aşınma Farklılıkları

Şekil 4.1'deki yüzey aşınma verilerine göre; (a) 0-5.000 bası aralığında 1,954 mm; (b) 5.000-10.000 bası aralığında 2,529 mm; (c) 10.000-15.000 bası aralığında 1,569 mm; (d) 15.000-20.000 bası aralığında 3,62 mm; (e) 20.000-25.000 bası aralığında 1,088 mm; (f) 25.000-30.000 bası aralığında 2,125 mm; (g) 30.000-35.000 bası aralığında 2,369 mm; (h) 35.000-40.000 bası aralığında 1,7 mm; (i) 40.000-45.000 bası aralığında 1,105 mm; (j) 45.000-50.000 bası aralığında 0,81 mm; (k) 50.000-55.000 bası aralığında 0,707 mm; (l) 55.000-60.000 bası aralığında 0,418 mm ; (m) 60.000-65.000 bası aralığında 0,929 mm; (n) 65.000-68.000 bası aralığında ise 0,346 mm olarak hesaplanmıştır.

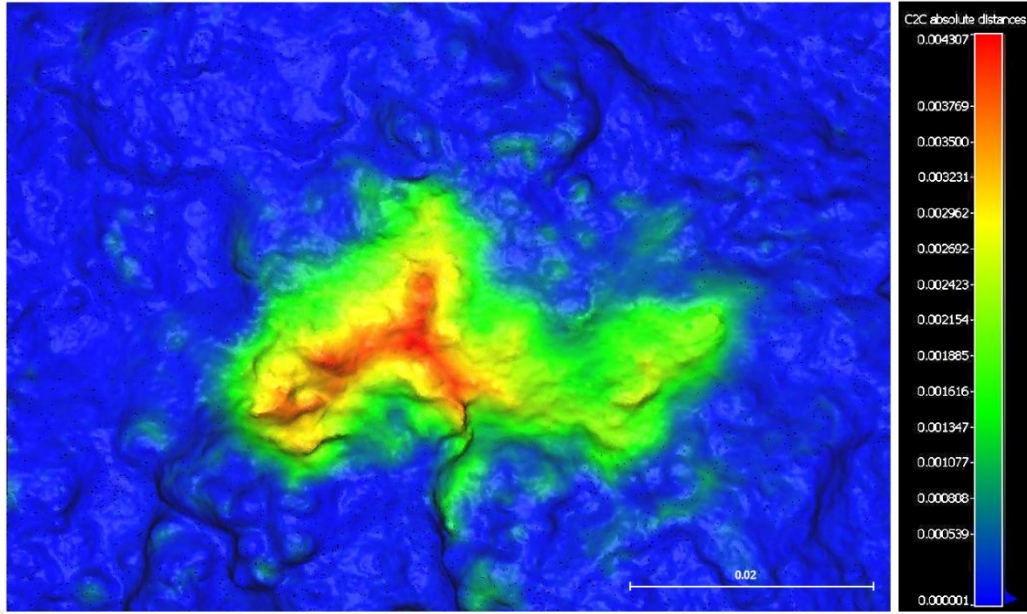
Buna göre yüzeyde görülen en fazla aşınma 15.000-20.000 bası aralığında 0,00362 m düzeyinde görülmüştür. Fotogrametrik analiz sonuçlarına göre, 5000 basıda bir ölçülen yüzey aşınma verileri arasında dalgalı ve değişken farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 4.1). Bunun sebebi bası alanının yüzeyindeki kırılmalara dayanmaktadır. Nitekim, bası aralıklarına göre aşınma düzeylerindeki farklılıkların temel sebebi, kaya örneğinin kireç taşı karakteristiği sergilemesi ve yüzeyindeki granüler ve gözenekli yapı nedeniyle meydana gelen kırılmalar sonucunda oluşan vadiler ve tepelerdir. Bu yapı, kireç taşının mekanik özelliklerini zayıflatarak, yüzey aşınmasının belirli bası aralıklarında daha belirgin hale gelmesine yol açmıştır.



Grafik 6.1 Bası Aralığına Göre Aşınma Düzeyleri

Geyikbayırı tırmanış bölgesinden alınan kaya numunesi üzerinde gerçekleştirilen yüzey aşındırma deneyi sonucunda, 0-68.000 bası aralığında meydana gelen yüzey aşınması detaylı olarak analiz edilmiştir. Şekil 4.2’de söz konusu analiz sonuçları aşınma haritası ile aktarılmaktadır. Buna göre, farklı renklerle temsil edilen aşınma değerleri, kaya yüzeyindeki aşınmanın mekansal dağılımını net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Aşınma haritasındaki renk skalası, kırmızı renklerle en yüksek aşınma değerlerini (4,307 mm) ve mavi renklerle en düşük aşınma değerlerini temsil etmektedir. Aşınma haritasında gözlemlenen dalgalı ve değişken farklılıklar, kaya yüzeyindeki granüler ve gözenekli yapıların tırmanış kaynaklı mekanik kuvvetler altında nasıl tepki verdiğini yansıtmaktadır. Özellikle kırmızı ve sarı alanlarda yoğunlaşan aşınma, kaya yüzeyindeki kırılmalar sonucunda oluşan vadiler ve tepeler ile ilişkilidir.



Şekil 6.2 68.000 Bası Sonucunda Yüzeyde Meydana Gelen Aşınma Değeri (0,004307 m)

7.2. Kaya Yüzeyi Profil Ölçümleri

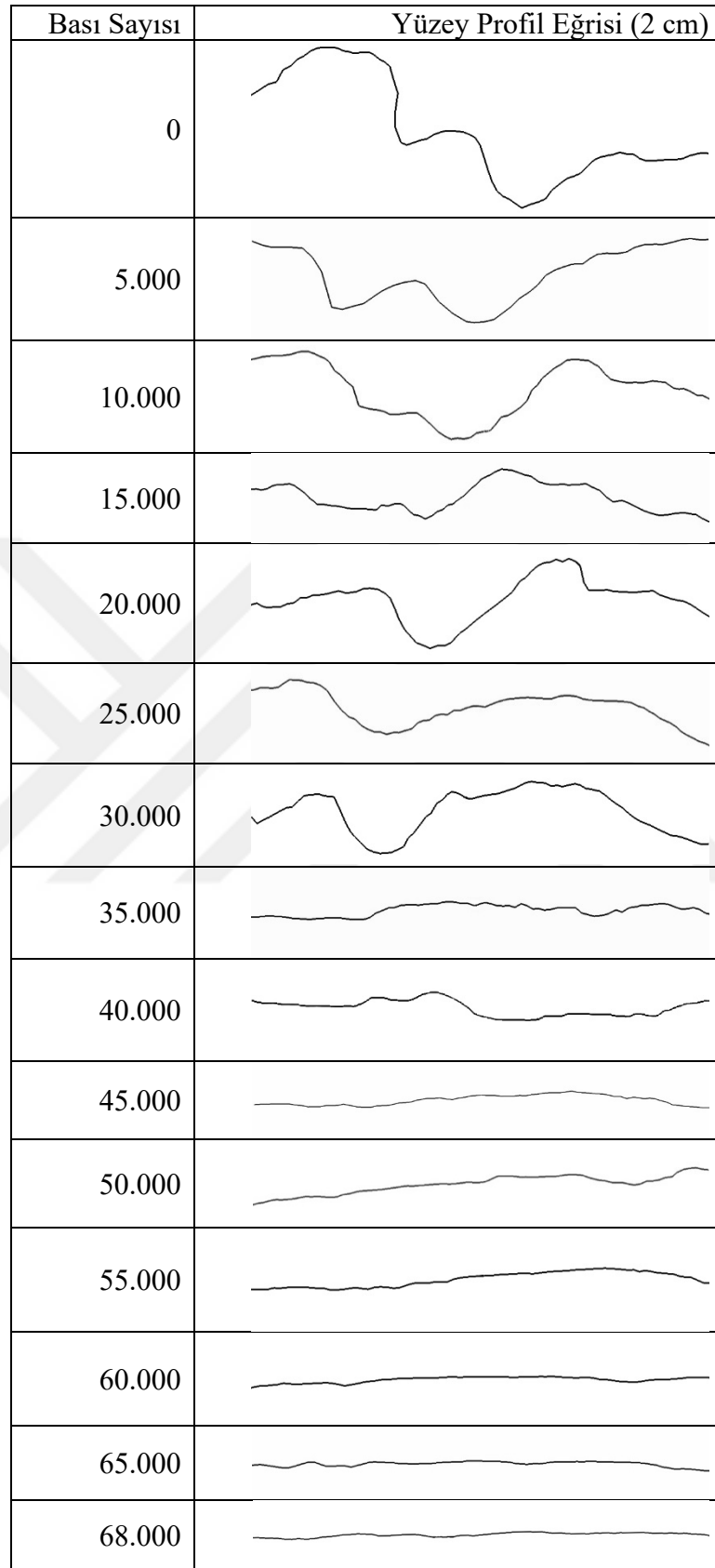
Bu bölümde, Geyikbayırı tırmanış bölgesinden alınan kaya numunesine ait fotogrametrik modeller üzerinden yüzey profil eğrileri çıkarılmıştır. Profil çıkarma işlemi sırasında, her bir nokta 0,25 mm aralığında 2 x 2 cm'lik bası alanına ait nokta bulutundan alınmış olup, yüksek hassasiyetle elde edilen bu veriler, kaya yüzeyinin detaylı bir karakterizasyonunu sağlamaktadır. Bu sayede, yüzeydeki en küçük pürüzlülük ve dalgalanmalar dahi detaylı bir şekilde analiz edilebilmiştir. Şekil 4.3' te, her 5.000 bası aralığında alınan yüzey profil eğrilerini göstermektedir. Bu profil eğrileri, kaya yüzeyinin pürüzlülük özelliklerini görsel olarak temsil etmektedir.

Şekil 4.3' te görülen yüzey profil eğrileri, simüle edilen tırmanışın kaya yüzeyinde yarattığı aşınmayı ve bu aşınmanın farklı bası aralıklarındaki etkilerini net bir şekilde göstermektedir. Başlangıçta, yani 0 basıda, profil eğrisinde belirgin dalgalanmalar ve çıkıntılar görülmektedir. 30.000 basıya kadar yüzeydeki aşınmanın etkisiyle pürüzlülük dalgalanmaları devam etmiştir. 30.000 basıdan sonra, yüzey pürüzlülüğünde belirgin bir azalma gözlemlenmiş olup, bu durum 68.000 basıya kadar sürekliliğini korumuştur. 30.000 basıya kadar olan profil eğrilerindeki dalgalanmaların temel nedeni, kireçtaşının granüler ve gözenekli yapısındaki kırılmaların etkisine dayanmaktadır. Bu kırılmalar, kaya yüzeyinde düzensiz bozulmalara ve pürüzlülükte artışa neden olmuştur. 35.000 bası itibarıyla yüzey daha düzgün hale gelmiş ve

pürüzlülük önemli ölçüde azalmaya devam etmiştir. 60.000 basıya ulaşıldığında, yüzey profil eğrilerinde neredeyse tamamen düz ve homojen bir yapıya kavuştuğu tespit edilmiştir. 68.000 basıya kadar bu eğilim devam etmiş ve yüzeydeki aşınma durma noktasına gelmiştir.

Bu analizler, tırmanışın kaya yüzeyi üzerinde yarattığı aşınma etkilerini doğrusal bir biçimde göstermektedir. Kaya yüzeyinin başlangıçta daha pürüzlü ve dalgalı olduğu, ancak bası sayısı arttıkça bu pürüzlülüğün azalarak yüzeyin daha düzgün hale geldiği görülebilmektedir. Bu bulgular, kaya yüzeyinin aşınma karakteristiklerini anlamak ve tırmanış alanlarının sürdürülebilir yönetimi için kritik öneme sahiptir.

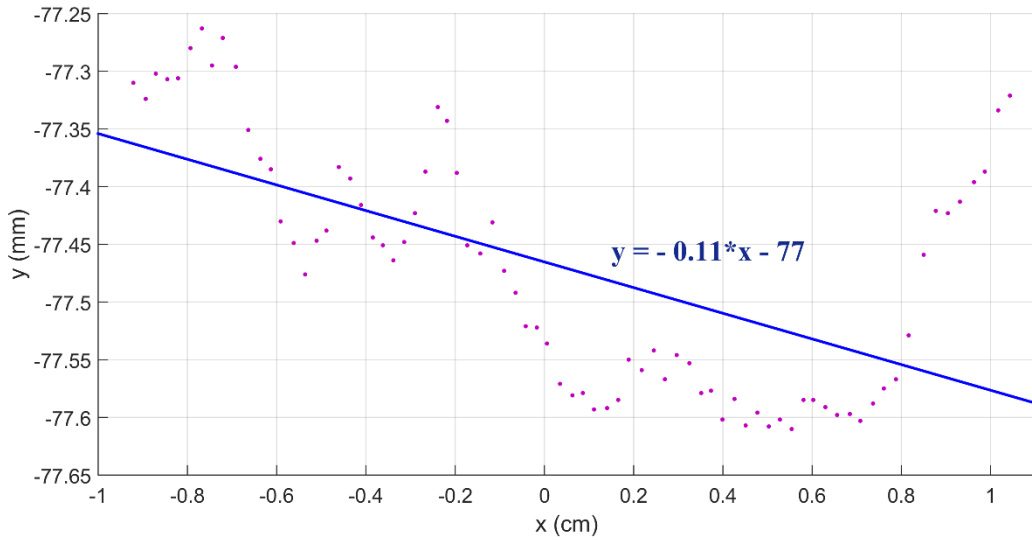




Şekil 6.3 Farklı Bası Sayılarına Göre Yüzey Profil Eğrileri

7.3. Z_2 ' nin Hesaplanması

Şekil 3.12 (a) da örneklenen $2 \times 2 \text{ cm}^2$ lik karesel bölge içinde, her biri birbirinden farklı (x,y,z) koordinatlarına sahip nokta bulutu içinde ortalama 1 mm ' lik kalınlığında yaklaşık 2 cm uzunluğunda bir şerit ele alınır (uzunluklar opsiyonel olup benzer çalışmalarda farklı değerler de alınabilir). İlgili örnekte önce; 1 mm en ve 20 mm boy uzunluğuna sahip dikdörtgen şekilli bölge için $0,25 \text{ mm}$ aralıklı olarak dilimlenen bölge için Şekil 3.12 (d)' de gösterildiği gibi 2 boyutlu profili elde edilir. Bu profilde, birbirinden farklı (x,y) koordinatlarına sahip ve dağınık halde bulunan yaklaşık 77 nokta bulunmaktadır. Bu noktalar arasındaki en uyumlu hattı çizen ve $y = ax + b$ denklemine uyan istatistiksel ilişki için doğrusal regresyon gerçekleştirilir. Grafik 4.2, 68000 bası için $0,25 \text{ mm}$ aralıklarla elde edilmiş 77 nokta için, $y = -0,11x - 77$ eşitliğiyle fit edilen doğrusal regresyon eğrisini göstermektedir. İlgili noktaların fit eğrisi kullanılarak, Denklem (2.2) ile verilen Z_2 eşitliğinde yer alan $(y_{i+1} - y_i)$ hesaplanır. Hesaplama, y_{i+1} koordinatlı noktanın kendisine karşılık gelen fit eğrisindeki y_i koordinatı çıkartılır ve bu işlem noktası sayısı kadar tekrarlanır. Bu tez çalışmasında doğrusal regresyon, MATLAB programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

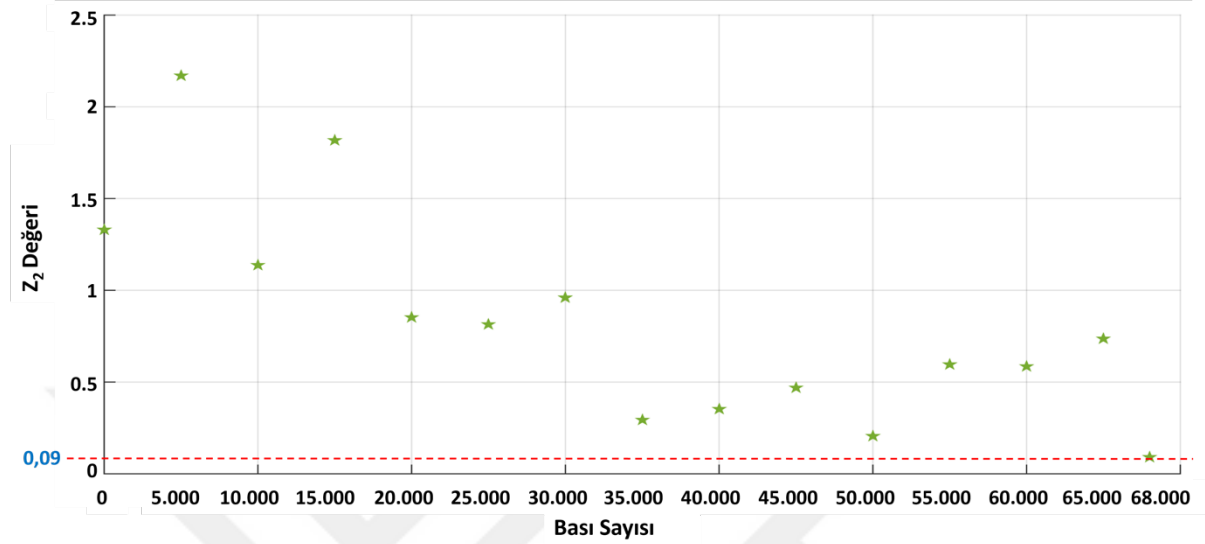


Grafik 6.2 68.000 bası uygulanan numune için elde edilen en uygun fit eğrisi

7.4. Farklı Bası Değerleri için JRC ve Z_2 ' nin Karşılaştırılması

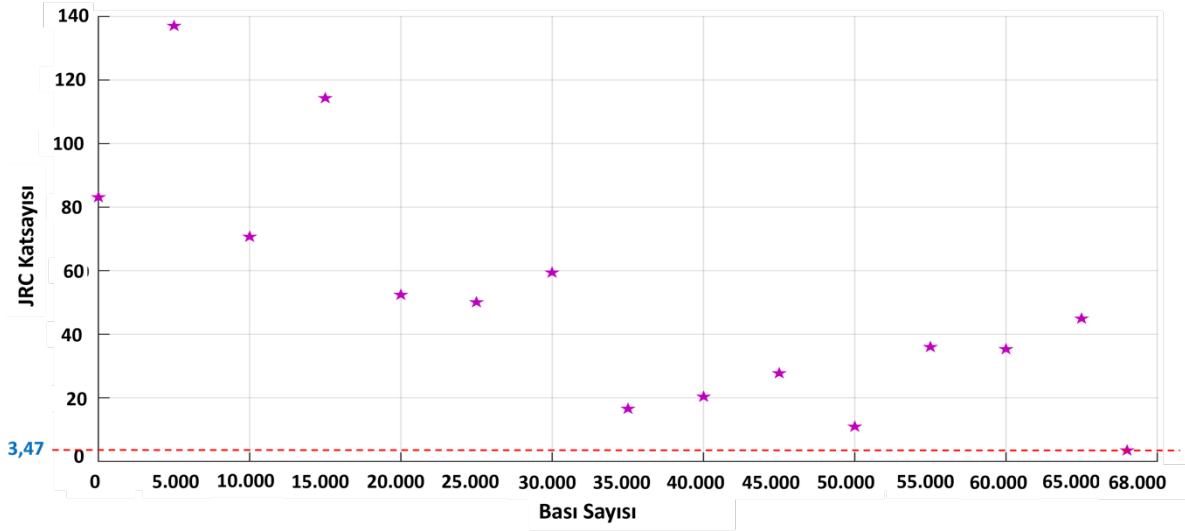
$0, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000, 35.000, 40.000, 45.000, 50.000, 55.000, 60.000, 65.000$ ve 68.000 bası değerleri için $D_x = 1 \text{ mm}$ alınarak Agisoft Metashape programı aracılığıyla ayrı ayrı 3-boyutlu (x,y,z) koordinatları elde edilmiştir. Elde edilen koordinatlar

aracılığıyla her bir bası değeri (x,y) 2-boyutlu veri dizisi aracılığıyla Denklem (2-2) ile verilen Z_2 değerleri tek tek hesaplanmış ve Grafik 4.3’ de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bası değeri arttıkça yüzey giderek pürüzsüzleşir ve artan bası değerine göre azalan Z_2 ile yüzeyin pürüzsüzleşmesi açıkça kendisini gösterir.



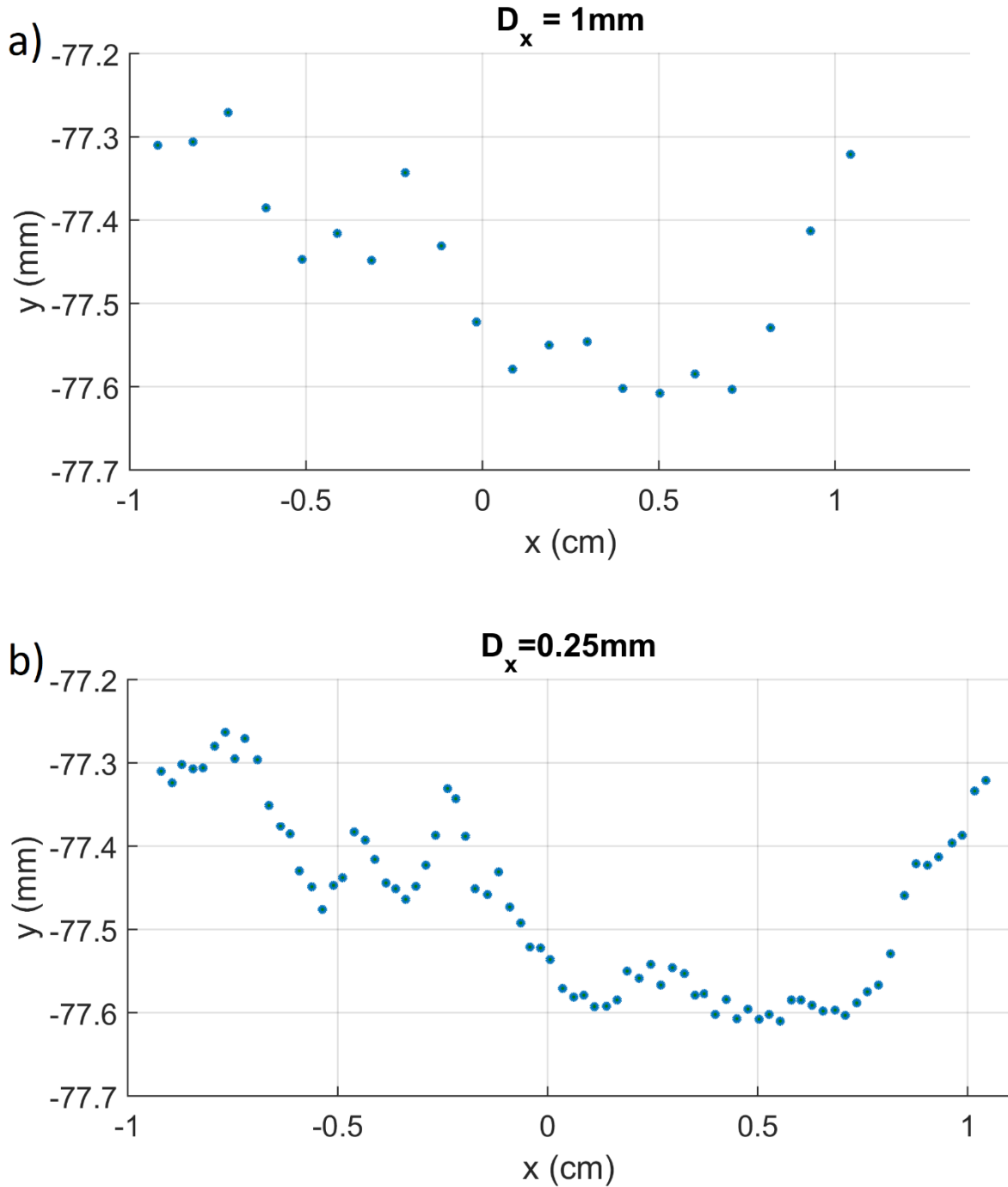
Grafik 6.3 Bası değerleri için hesaplanan Z_2 değerleri. $D_x = 1$ mm

Grafik 4.3’te farklı bası sayılarındaki Z_2 değerleri; 0 bası için 1,3295000, 5.000 bası için 2,170326, 10.000 bası için 1,136943, 15.000 bası için 1,816604, 20.000 bası için 0,85179, 25.000 bası için 0,815145, 30.000 bası için 0,96075, 35.000 bası için 0,294236, 40.000 bası için 0,352515, 45.000 bası için 0,468314, 50.000 bası için 0,206035, 55.000 bası için 0,596668, 60.000 bası için 0,585595, 65.000 bası için 0,736278 ve 68.000 bası için ise 0,090037 olarak hesaplanmıştır. Grafik 4.3’ de verilen Z_2 değerleri, Denklem (2.3)’ de yerine konularak JRC hesabı gerçekleştirilmiştir ve her bir bası değeri için JRC değerlerinin karşılaştırılması Grafik 4.4’te verilmiştir.



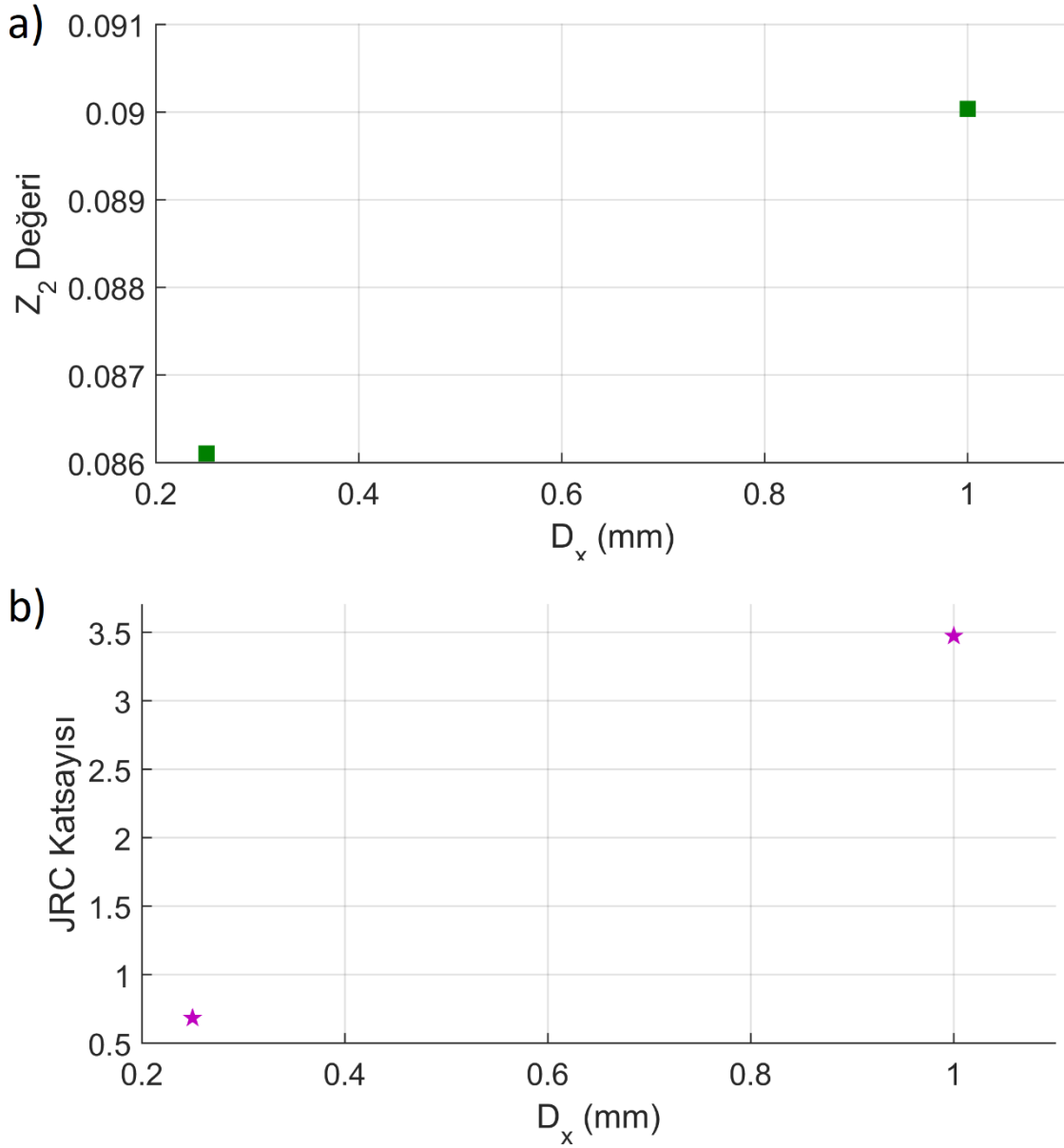
Grafik 6.4 Bası değerleri için hesaplanan JRC değerleri. $D_x = 1$ mm

Grafik 4.4'te farklı bası sayılarındaki JRC değerleri; 0 bası için 83,07109, 5.000 bası için 137,0683, 10.000 bası için 70,70448, 15.000 bası için 114,3523, 20.000 bası için 52,39196, 25.000 bası için 50,03864, 30.000 bası için 59,389368, 35.000 bası için 16,58583, 40.000 bası için 20,32853, 45.000 bası için 27,7651, 50.000 bası için 10,92154, 55.000 bası için 36,008, 60.000 bası için 35,29689, 65.000 bası için 44,973802 ve 68.000 bası için ise 3,472208 olarak hesaplanmıştır. En düşük JRC değeri 68.000 bası değeri için 3,47 olarak bulunmuştur. D_x ' in 1 mm olarak alındığı hesaplamalarda nokta sayısı $M = 20$ ' dir. İstatistiksel olarak doğruluğu artırmak, noktalar için en uygun fit eğrisini elde etmek amacıyla D_x hassasiyeti artırılır. Şekil 4.5 (a) ve (b)' de D_x ' in iki farklı değeri için (1 mm ve 0,25 mm) 2-boyutlu nokta bulutu gösterilmiştir. Bu nokta bulutunun doğrusal regresyonundan Z_2 değerleri hesaplanmıştır ve $D_x = 1$ mm için $Z_2 = 0,09$ (Grafik 3-5 (a)), $D_x = 0,25$ mm için $Z_2 = 0,08$ olarak bulunmuştur (Grafik 4.6 (a)).



Grafik 6.5 68000 bası için farklı D_x değerlerine sahip nokta bulutunun 2-boyutlu profili.

Hesaplanan Z_2 değerleri için JRC katsayılarını bulmak için kullanılmıştır. JRC hesaplamalarında 1 mm aralıklı nokta bulutu için Denklem (2.3) kullanılırken, 0,25 mm' lik aralık için Denklem (2.5) kullanılmıştır. JRC sonuçları Grafik 4.6 (b)' de gösterilmiştir.



Grafik 6.6 68.000 basıda, 1 mm ve 0.25 mm aralıklı D_x değerleri için hesaplanan a) Z_2 değerlerinin ve b) JRC katsayılarının karşılaştırılması

Grafik 4.6 (b)' den, D_x hassasiyetinin artmasıyla istatistiksel doğruluğun arttığı ve buna bağlı olarak, 68.000 basıda JRC için muhtemel en doğru değer olan “0,68” değeri elde edilmiştir.

TARTIŞMA

Kaya tırmanışının çevresel etkilerine dair yapılan akademik çalışmalar genellikle bitki örtüsü, likenler ve kuş popülasyonları gibi ekosistem bileşenlerine odaklanmıştır. Bu çalışmalar, tırmanış aktivitelerinin doğrudan çevresel etkilerini incelemekte ve bu etkinin bitki çeşitliliği, ekosistemin dengesinin bozulması, endemik türlerin tehdit altında olması, yaban hayatı üzerindeki etkenler ve sonuçlarını değerlendirmektedir. Bu çalışmalarda ağırlıklı olarak kaya yüzeyinde bulunan bitki örtüsü, likenler, kuş yuvaları vb. konular ile kaya tırmanışın çevresel etkilerinin ekolojik boyutu üzerinde-yoğunlaşmıştır.

Bu bağlamda kaya yüzeylerinde rekreasyonel anlamda tırmanıştan kaynaklı kaya yüzeyindeki aşınma ile ilgili çalışmalar ve kaya yüzeyinde meydana gelen fiziksel bozulmalar hakkında literatürdeki bilgiler sınırlıdır. Dolayısıyla, tırmanış alanlarının sürdürülebilir yönetimi ve korunması için kaya tırmanışı gibi yoğun fiziksel aktivitelerin kaya yüzeyinde yarattığı aşınma ve pürüzsüzleşme etkileri hakkında daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan bu çalışma, ilgili literatürde kaya tırmanışının kaya yüzeyinde yarattığı etkiler ile ilgili yapılmış sınırlı çalışmalara katkı sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Geyikbayırı kaya tırmanış bölgesinde yapılan bu araştırma, kaya yüzeyinin fiziksel taşıma kapasitesini ve sürdürülebilir kullanımını belirlemeye yönelik önemli bulgular ortaya koymaktadır. Fotogrametri yöntemi kullanılarak yapılan hassas ölçümler, kaya yüzeyinin tırmanış aktiviteleri sonucunda nasıl değiştiğini detaylı bir şekilde göstermiştir. Özellikle kireç taşı yapısına sahip olan Geyikbayırı bölgesinde, 68.000 bası sonrasında yüzey pürüzlülük katsayısının Barton ve Choubey (1977: 261) profillerine göre en düşük seviye olan bir (1) olarak değerlendirilmesi, kaya yüzeyi pürüzlülüğünün artık kaybolarak sürtünme kabiliyetini kaybetmesi anlamına gelmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü, kaya tırmanışı için kritik öneme sahiptir çünkü kaya yüzeyindeki pürüzlülük, gerekli sürtünmeyi sağlayarak tırmanıcıların el ve ayaklarının kaymasını önlemektedir. Tırmanıcıdan kaynaklı kaya yüzeyinde oluşan aşınmalar tırmanıcının özellikler tutmuş olduğu ve bastığı noktalarda yoğunluk göstermektedir. Tırmanış sırasında tutulan bölgelerde tırmanıcının elinin terlemesine engel olan ve kaya yüzeyi ile tırmanıcı arasında sürtünmeyi arttırması için kullanılan magnezyum tozu da kaya yüzeyinde pürüzlülüğün azalmasına neden olabilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar magnezyum tozunun fazla kullanılması ve tırmanış rotasında görsel bir bozukluğa neden olması nedeniyle tırmanıcının o rotayı görsel olarak tırmanılmaz olarak değerlendirdiğini ortaya koymuştur (Çetinkaya vd.,

2021: 20). Bunun yanı sıra özellikle tırmanış bölgelerinde tırmanış rotaları hazırlanırken emniyet noktaları hazırlanırken kullanılan matkap çekiç vb. kaya yüzeyine zarar verecek ekipmanların kullanılması, kaya yüzeyinde dönüşü mümkün olmayan hasarlara neden olmaktadır (North ve Harasymchuk, 2012: 138).

Tırmanıcıların kaya yüzeyine zarar vermesinde en büyük etken, basıştan kaynaklı ezilme etkisidir. Tırmanıcıların kaya yüzeyindeki tekrarlayan hareketlerde bulunmaları kaya yüzeyinde basınç ve sürtünme oluşturur. Bu etki, tırmanıcıların tırmanış sırasında kullandıkları yüksek sürtünmeli ayakkabıların kaya yüzeyine uyguladığı baskı ve sürtünme sonucunda kaya yapısının pürüzlülüğünde meydana gelen bozulmalar olarak tanımlanabilir. Kaya yüzeylerindeki bozulma süresi kayanın yapısına göre farklılıklar gösterebilir; özellikle diğer kaya türlerine göre nispeten daha hassas yüzeye sahip kireç taşında kaya dokusunun zayıflamasına ve küçük parçacıkların aşınmasına, kırılmasına ve pürüzlülüğün kaybolmasına neden olabilmektedir. Bu aşınmalar zamanla ve tekrarlayan hareketlerle beraber kaya yüzeyinde belirgin aşınma şekilleri ve izler oluşturabilir. Bu durum doğal kaya yapısının dayanıklılığını ve estetiğini olumsuz etkiler ve özellikle popüler tırmanma rotalarında kaya formunda değişimlere ve bozulmalara neden olabilir. Böylelikle rotanın tırmanıcılar tarafından tercih edilmemesi ile tırmanış rotasının yaşam ömrünü tamamlaması süreci kaçınılmazdır.

Bu tez çalışmasında, kaya tırmanış rotalarındaki kaya yüzeylerinde, tırmanıcıdan kaynaklı yüzey pürüzlülüğünün kaybolması, yüzey pürüzlülüğü kaybolan rotaların yaşam ömrünü tamamlaması ve bu sürecin kaç basıda meydana geldiğini belirlenmektedir. Çalışmanın deneysel sürecinde tespit edilen 68.000 basıdan sonra kaya yüzeyinde meydana gelen bozulma derecesi, geri dönüşü olmayan çevresel bir zararı işaret eder ve bu rotaların artık tırmanış için uygun olmadığını göstermektedir. Ortaya çıkan deneysel analiz sonuçları, kaya yüzeyinde tırmanıcıdan kaynaklı aşınmaların ortaya koyması ve dolayısıyla tırmanış bölgelerinin özellikle tırmanış rotalarının sürdürülebilirliğinin sağlanması için önlem alınması açısından son derece önemlidir.

Kaya tırmanış bölgelerinde, kaya tırmanış rotalarının yaşam ömrü ve sürdürülebilirliği bağlamında herhangi bir faaliyetin veya uygulamanın ekonomik, sosyal ve çevresel bağlamda uzun vadeli ve dengeli bir şekilde sürdürülebilir olması hedeflenmektedir. Özellikle kaya tırmanışı gibi doğa sporlarıyla ilgilenen bireylerin sürdürülebilirliğe katkı sağlaması için öncelikle doğal alanlarda faaliyet gösterirken doğaya ve çevreye zarar vermemek için belirli kurallar ve etik değerlere uymaları ve saygı göstermeleri beklenmektedir. Doğal kayaların yüzyıllar içinde olduğu ve bu alana zarar vermenin dönüşü olmaz bir hata olduğunu kabul ederek, gereksiz delme, sabitleme ya da hazırlanan rotanın kolaylaşması veya zorlaşması için

kaya yüzeyine uygulanan işlemlerden kaçınılması gerekliliği, bölgenin sürdürülebilirliği bağlamında son derece önemli bir yere sahiptir.

Bu nedenle, yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve koruma için doğal yaşam alanları üzerindeki kaya tırmanış kaynaklı etkileri belirlemek önemlidir (Boggess vd., 2021: 2). Kaya tırmanışının doğal yaşam alanları üzerindeki etkilerini en aza indirmek ya da olabildiğince azaltmak için koruma amaçlı önlemler alınabilir. Bunun için kaya tırmanış sırasında belirli bir bölgenin korunması, hassas/endemik bitki türlerinin belirlenmesi, ziyaretçi sınırlamalarının belirlenmesi, belirli tırmanış tekniklerinin belirlenmesi ve eğitim programları gibi yöntemler yer alabilir. Aynı zamanda kaya tırmanış ile ilgili izleme çalışmalarının ve araştırmaların yapılması doğal alanların korunmasına ve bununla beraber açık alan rekreasyon aktivitelerinde önemli bir payı olan kaya tırmanış bölgelerinin doğal yapısının korunmasına yardımcı olabilir.



SONUÇ

Geyikbayırı kaya tırmanış bölgesinde yapılan bu araştırmada, kaya yüzeyinin fiziksel bozulmalarını ve sürdürülebilir kullanımını belirlemeye yönelik önemli bulgular ortaya koymuştur. 68.000 bası sonrasında yüzeyin pürüzlülüğünü kaybederek tırmanış için elverişsiz hale gelmesi, rotaların sürdürülebilir yönetimi ve doğal kaynakların korunması için stratejilerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Kaya yüzey pürüzlülüğündeki azalma, tırmanış bölgelerinde kullanım seviyesindeki artışla doğru orantılıdır. Bu ilişki, kaya yüzeylerinin mekanik aşınma ve erozyona karşı duyarlılığından kaynaklanır. Tırmanışçılar, faaliyetleri sırasında kaya yüzeyine elleri, ayakları ve ekipmanları ile sürekli temas ederler. Bu temaslar, yüzeydeki pürüzlülüğün zamanla azalmasına yol açar. Özellikle sık kullanılan tırmanış rotalarında, bu aşınma daha belirgin hale gelir. Tırmanış sırasında kaya yüzeyine uygulanan kuvvetler ve sürtünme, yüzeyin erozyonuna neden olur ve bu da yüzey pürüzlülüğünün azalmasına yol açar. Su, rüzgâr ve diğer doğal etkenlerle birleştiğinde, bu erozyon süreci daha da hızlanır. Ortaya çıkan bu etkiler fotogrametri gibi hassas ölçüm yöntemleri kullanılarak, kaya yüzeyinde meydana gelen bozulmalar düzenli olarak izlenmeli ve bu bozulmaların erken tespiti sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra her yıl bu spora yeni katılan ve henüz çevre bilinci ve doğa bilinci oluşmamış etik değerleri kazanmamış ziyaretçilerin bulunduğu göz ardı edilmemelidir. Ziyaretçilerin çevre bilincinin artırılması ve ekolojik farkındalığın teşvik edilmesi de önemlidir. Tırmanıcılar, doğal alanlara minimal zarar vermek için eğitilmeli ve doğaya saygılı davranışlar benimsemeleri sağlanmalıdır. Bölgedeki bitki örtüsü ve yaban hayatının korunması için tırmanış alanları çevresinde tampon bölgeler oluşturulabilir ve bu alanlarda insan faaliyetleri sınırlandırılabilir.

Geyikbayırı kaya tırmanış bölgesinin sürdürülebilirliği, taşıma kapasitesinin doğru bir şekilde yönetilmesi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi ile mümkündür. Bu bağlamda, bilimsel veriler ışığında alınacak önlemler ve sürdürülebilir turizm yaklaşımları, bölgenin doğal güzelliklerinin korunmasına ve bölgedeki tırmanış faaliyetinin uzun vadeli kullanımına katkı sağlayacaktır. Kaya yüzeyindeki fiziksel bozulmaların göz ardı edilmemesi, bu doğal kaynakların korunması ve tırmanış aktivitelerinin sürdürülebilir bir şekilde devam edebilmesi için kritik öneme sahiptir.

Bunun yanı sıra, çeşitli paydaşlar arasında iş birliği ve koordinasyon, kaya tırmanışının sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesi için hayati öneme sahiptir. Yerel topluluklar, çevre örgütleri, hükümet kurumları ve tırmanışçılar arasında etkili bir iş birliği hem doğal yaşam alanlarının korunmasını hem de tırmanış faaliyetlerinin devamını sağlar. Tüm bu çabalar, kaya

tırmanışının çevresel etkilerinin en aza indirilmesini ve bu sporun doğa ile uyum içinde sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını mümkün kılacaktır. Doğal yaşam alanlarının korunması ve kaya tırmanışı gibi aktivitelerin sürdürülebilirliği, ekosistemlerin sağlığını ve çeşitliliğini korumanın yanı sıra, gelecekte de bu aktivitelerin keyifle yapılabilmesi için gereklidir.

Sonuç olarak, kaya tırmanışının doğal yaşam alanları üzerindeki etkilerini anlamak ve bu etkileri minimize etmek hem doğal çevrenin korunması hem de kaya tırmanışı gibi popüler ve yaygın rekreasyon aktivitelerinin sürdürülebilirliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Kaya tırmanışı, çevresel etkileri nedeniyle doğrudan ve dolaylı olarak doğal yaşam alanlarını etkileyebilir. Bu etkileri doğru bir şekilde değerlendirmek, ekosistemlerin korunması ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği için kritik bir gerekliliktir.

Bilimsel araştırmalar, bu konuda bilinç oluşturma ve etkili koruma stratejileri geliştirmenin temelini oluşturur. Kaya tırmanışı yapılan alanlarda bilimsel çalışmalar yürütmek tırmanış bölgelerinde yönetim stratejilerinin belirlenmesi için de önemli veriler sağlar. Doğru yönetim stratejileri, kaya tırmanışı etkinliklerinin, kaya yüzeyinde yapmış olduğu aşınmanın ve çevresel etkilerin azaltılmasında kilit rol oynar. Bu stratejiler, tırmanış rotalarının dikkatli bir şekilde planlanması, tırmanışçıların çevresel farkındalıklarının artırılması ve doğal kaynakların korunmasına yönelik önlemleri içermelidir. Ayrıca, tırmanış faaliyetlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi, bu etkinliklerin çevresel etkilerini sürekli olarak gözlemlemeyi ve gerektiğinde müdahale etmeyi mümkün kılar.

Doğal koruma alanlarında veya hassas bölgelerde uygulanan ziyaretçi yönetim modelleri, kaya tırmanış bölgelerinde sürdürülebilirliği sağlamada önemli bir rol oynar. Bu modeller, ziyaretçi sayılarını kontrol altında tutmak, ziyaretçi davranışlarını yönlendirmek ve çevresel etkileri minimize etmek için çeşitli stratejiler ve politikalar içermektedir. Örneğin, giriş kontrolleri, izin sistemleri, bilgilendirme ve eğitim programları, belirlenmiş rotalar ve ziyaretçi kapasitesi sınırlandırmaları gibi önlemler, doğal alanların korunmasına katkıda bulunmaktadır.

Kaya tırmanış bölgelerinde sürdürülebilirliği sağlamak için bir dizi öneri sunulabilir. İlk olarak, tırmanışçılara doğal alanların korunması ve sürdürülebilir tırmanış uygulamaları hakkında eğitim verilmeli ve çevreye duyarlı davranışlar teşvik edilmelidir. Bu sayede, tırmanışçılar doğaya zarar vermeden faaliyetlerini sürdürebilirler. Düzenli izleme ve değerlendirme, tırmanış alanlarının düzenli olarak izlenmesi ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi, olumsuz etkilerin erken tespit edilmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına olanak tanımaktadır. Hassas alanlarda tırmanış rotaları dikkatli bir şekilde planlanmalı ve belirli alanlara erişim sınırlamaları getirilmelidir. Böylece, aşırı kullanımın önüne geçilir ve doğal alanlar korunabilir. Ziyaretçi yoğunluğunu kontrol etmek için izin ve rezervasyon sistemleri

uygulanabilir. Bu sistemler, tırmanış alanlarının kapasitesine uygun ziyaretçi sayısının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Yerel bilgi ve deneyimler, sürdürülebilir yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunacağı için yerel topluluklar, tırmanış bölgelerinin yönetiminde ve korunmasında aktif rol almalıdır. Tırmanışçıların ihtiyaçlarını karşılamak ve çevresel etkileri minimize etmek için uygun altyapı ve tesisler sağlanmalıdır. Tuvaletler, atık yönetim sistemleri ve bilgilendirme tabelaları gibi tesisler, çevreye verilen olumsuz etkileri azaltmaktadır. Son olarak, bölgesel ve ulusal düzeyde sürdürülebilir turizm politikaları geliştirilerek, kaya tırmanışı bölgelerinin uzun vadeli korunması ve sürdürülebilir kullanımı teşvik edilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, kaya tırmanışının çevresel etkilerini en aza indirerek, bu sporun doğa ile uyum içinde sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Kaya tırmanış bölgelerindeki yüzey aşınması hem doğal çevre hem de tırmanışçılar için ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Sürekli tırmanış faaliyetleri, kaya yüzeylerinin pürüzlülüğünü azaltmakta ve tırmanış rotalarının kalitesini ve güvenliğini de olumsuz yönde etkileyebilir. Dolayısıyla, yüzey aşınmasının önlenmesi ve minimize edilmesi, sürdürülebilir kaya tırmanışı için kritik bir gerekliliktir.

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan kaya pürüzlülüğünün kaybolması ve tırmanış için elverişli yüzey özelliklerini kaybetmesi noktasında, kaya türü ve bileşiminin de aşınma hızını etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır. Daha yumuşak kaya türleri (örneğin, kireç taşı) daha hızlı aşınırken, sert kaya türleri (örneğin, granit) daha dirençlidir. Ancak artan kullanım yoğunluğu, tırmanış rotalarının daha sık ve yoğun kullanılması anlamına gelir, bunun sonucunda kaya bileşeni ne olursa olsun yüzey aşınmasının hızlanmasına neden olmaktadır. Aynı rotada tekrarlanan hareketler, belirli noktalarda yoğun aşınmaya yol açar ve bu, tırmanışçıların sürekli olarak aynı tutamakları ve basamakları kullanmasından kaynaklanır. Kireç taşı üzerinde yapılan çalışmaların sonucunda Geyikbayırı tırmanış bölgesi 68.000 basıdan sonra, kaya pürüzlülüğünün kaybolmasından dolayı kaya yüzeyinin tırmanış için uygunsuz hale geldiği analiz süreçleriyle birlikte ortaya çıkarılmıştır.

Araştırmanın sınırlılıkları arasında, laboratuvar ortamında simüle edilen tırmanış koşullarının gerçek dünya tırmanış koşullarını tam olarak yansıtamayabilir. Deney çalışması için kullanılan makine, insan hareketlerinin karmaşık biyomekanik yapısını ve dinamik kuvvetlerini tam olarak temsil edememektedir. Ayrıca, laboratuvar ortamında yapılan deneyler, kaya yüzeyinin iklim koşullarına (yağmur, güneş, sıcaklık değişimleri gibi) maruz kalmaması nedeniyle, doğal aşınma süreçlerini tam olarak yansıtmayabilir. Ayrıca, bu çalışmada yalnızca kireçtaşı kullanılmış olup, diğer kayaç türleri üzerinde deneyler yapılmamıştır. Farklı kayaç türleri, farklı mekanik özelliklere ve yüzey pürüzlülüğüne sahip olabilir, bu nedenle bu

deneylerin farklı kayaç türlerinde farklı sonuçlar verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sınırlamaların giderilmesi, gelecekte yapılacak çalışmalar için önemli bir alan oluşturmaktadır.



KAYNAKLAR

- Adams, M. D., ve Zaniwski, K. (2012). Effects of recreational rock climbing and environmental variation on a sandstone cliff-face lichen community. *Botany*, 90(4), 253-259. <https://doi.org/10.1139/B11-109>
- Akçay, A. (2016). Epigrafi Araştırmalarında Yeni Bir Belgeleme ve Analiz Metodu Olarak RTI. *Mediterranean Journal of Humanities*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.13114/mjh.2016.285>
- Albayrak, T., ve Caber, M. (2016). Destination attribute effects on rock climbing tourist satisfaction: an Asymmetric Impact-Performance Analysis. *Tourism Geographies*, 18(3), 280-296. <https://doi.org/10.1080/14616688.2016.1172663>
- Aldybayev, B., Gubarenko, A., Imangulova, T., Ussubaliyeva, S., ve Abdikarimova, M. (2021). Popularization of objects of the cultural and historical heritage of the Republic of Kazakhstan as a factor for the development of ethnocultural tourism of the country. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 39(4), 1450-1460. <https://doi.org/10.30892/gtg.394spl16-789>
- Aras, D. (2015). Kaya Tırmanışı Sporunda Yaralanma Risk ve Çeşitleri Üzerine Bir Derleme. *Ankara Üniv Spor Bil Fak*, 13(1), 41-55.
- Atik, M., Sayan, S., ve Karagüzel, O. (2009). Impact of Recreational Trampling on the Natural Vegetation in Termessos National Park, Antalya-Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(3), 249-258. https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000001098
- Attarian, A., ve Pyke, K. (2000). *Climbing and natural resource's management: An annotated bibliography*. Boulder, CO: The Access Fund.
- Avcı, N. (2007). Turizmde taşıma kapasitesinin önemi. *Ege Akademik Bakış / Ege Academic Review*, 7(2), 485-501.
- Balci, V., ve Koçak, F. (2014). Spor ve Rekreasyon Alanlarının Tasarımında ve Kullanımında Çevresel Sürdürülebilirlik. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi/Journal of Sports and Performance Researches*, 5(2), 46-58.
- Bandis S., Lumsden AC, ve Barton N. (1981). *Experimental Studies of Scale Effects on the Shear Behaviour of Rock Joints*. 18(1), 1-21.
- Barton, N. (1976). The shear strength of rock and rock joints. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences ve Geomechanics Abstracts*, 13(9), 255-279. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(76\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0148-9062(76)90003-6)

- Barton, N., ve Choubey, V. (1977). The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice. *Rock Mechanics*, 10(1), 1-54.
- Batyrbekov, N., Imangulova, T., Gubarenko, A., Abdikarimova, M., ve Yessimova, D. (2022). Promising directions for the development of sports tourism in the Almaty region using the example of rock climbing. *Geojournal of Tourism and Geosites* , 44(4), 1418-1426. <https://doi.org/10.30892/gtg.44429-961>
- Bayfield, N. G. (1979). Recovery of four montane heath communities on Cairngorm, Scotland, from disturbance by trampling. *Biological Conservation*, 15(3), 165-179. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(79\)90038-7](https://doi.org/10.1016/0006-3207(79)90038-7)
- Belsoy, J., Korir, J., ve Yego, J. (2012). Environmental Impacts of Tourism in Protected Areas. *Journal of Environment and Earth Science*, 2(10), 64-73. www.iiste.org
- Bemis, S. P., Micklethwaite, S., Turner, D., James, M. R., Akciz, S., T. Thiele, S., ve Bangash, H. A. (2014). Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high-resolution mapping tool for Structural Geology and Paleoseismology. İçinde *Journal of Structural Geology* (C. 69, Sayı PA, ss. 163-178). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2014.10.007>
- Bogges, L. M., Harrison, G. R., ve Bishop, G. (2021). Impacts of rock climbing on cliff vegetation: A methods review and best practices. *Applied Vegetation Science*, 24(2). <https://doi.org/10.1111/avsc.12583>
- Bogges, L. M., Walker, G. L., ve Madritch, M. D. (2017). Cliff flora of the big south fork national river and recreation area. *Natural Areas Journal*, 37(2), 200-211. <https://doi.org/10.3375/043.037.0209>
- Bork, C. L. (1998). *An Investigation of Social Carrying Capacity at Three Open Space Preserves*. San Jose Üniversitesi.
- Bretar, F., Arab-Sedze, M., Champion, J., Pierrot-Deseilligny, M., Heggy, E., ve Jacquemoud, S. (2013). An advanced photogrammetric method to measure surface roughness: Application to volcanic terrains in the Piton de la Fournaise, Reunion Island. *Remote Sensing of Environment*, 135, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.026>
- Brush, S. B. (1975). The Concept of Carrying Capacity for Systems of Shifting Cultivation 1. *American Anthropologist*, 77(4), 799-811.
- Buzbaş, Ö. (2002). *Yeni Başlayanlar İçin Dağcılık–Yüksekler* (2. bs). Erken Basımevi.
- Ceballos, L. (1996). *Tourism, Ecotourism, and Protected Areas: The State of Nature-Based Tourism Around the World and Guidelines for Its Development* (1. bs). IUCN Publications.
- Cifuentes, M. (1992). *Determinacion de Capacidad de Carga Turistica en Areas Protegidas*.

- Clark, P., ve Hessel, A. (2015). The effects of rock climbing on cliff-face vegetation. *Applied Vegetation Science*, 18(4), 705-715. <https://doi.org/10.1111/avsc.12172>
- Clarke, A. L. (2002). Assessing the Carrying Capacity of the Florida Keys. *Population and Environment*, 23(4), 405-418. <https://www.jstor.org/stable/27503800>
- Cole, N. D. (2004). Environmental impacts of outdoor recreation in wildlands. *İçinde Society and resource management: A summary of knowledge* (ss. 107-116).
- Corradetti, A., McCaffrey, K., De Paola, N., ve Tavani, S. (2017). Evaluating roughness scaling properties of natural active fault surfaces by means of multi-view photogrammetry. *Tectonophysics*, 717, 599-606. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.08.023>
- Çetinkaya, G. (2014). BİR Macera Turizmi Etkinliği Olarak Kaya Tırmanış Sporunu ve Antalya-Geyikbayırı'nın Potansiyeli. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 19(31), 83-100. <https://doi.org/10.17295/dcd.25739>
- Çetinkaya, G., Güngör, A., ve Aras, D. (2021). Impact of the "Chalk" on perceived visual quality and the willingness to climb: A research on sports climbing. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 25(1), 15-23. <https://doi.org/10.15561/26649837.2021.0103>
- Druitt, T., Kutterolf, S., ve Höfig, T. W. (2022). *Expedition 398 Scientific Prospectus: Hellenic Arc Volcanic Field* (International Ocean Discovery Program Scientific Prospectus, C. 398). International Ocean Discovery Program. <https://doi.org/10.14379/iodp.sp.398.2022>
- Erdoğan, N. (2003). *Çevre ve (Eko) Turizm*. Erk Yayınları.
- Escap. (1991). *Economic and Social Commission for Asia and The Pacific Bangkok Tourism Development in The Asian Region Escap Tourism Review No. 7 United Nations*.
- Fardin, N., Feng, Q., ve Stephansson, O. (2004). Application of a new in situ 3D laser scanner to study the scale effect on the rock joint surface roughness. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41(2), 329-335. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(03\)00111-4](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(03)00111-4)
- Farris, M. A. (1995). *The Effects of Rock Climbing on the Cliff Flora of Three Minnesota State Parks*.
- Ficker, T., ve Martišek, D. (2012). Digital fracture surfaces and their roughness analysis: Applications to cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, 42(6), 827-833. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.03.007>
- Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., ve Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: A new development in photogrammetric measurement. *İçinde Earth Surface Processes and Landforms* (C. 38, Sayı 4, ss. 421-430). <https://doi.org/10.1002/esp.3366>

- Gedik, İ. (1985). *Genel Jeoloji* (C. 86). Karadeniz Üniversitesi Basımevi.
- Göktaş, T. H., Demircioğlu, N. Y., Demir, M., ve Bulut, Y. (2013). Taşıma Kapasitesi Kuramının Milli Parklarda Oluşum - Gelişim ve Modellenme Süreci. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 195-206.
- Grasselli, G., ve Egger, P. (2003). Constitutive law for the shear strength of rock joints based on three-dimensional surface parameters. *International Journal of Rock Mechanics ve Mining Sciences*, 40, 25-40.
- Grasselli, G., Wirth, J., ve Egger, P. (2002). Quantitative three-dimensional description of a rough surface and parameter evolution with shearing. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39(6), 789-800. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(02\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00070-9)
- Grieser, K. A. (2005). *Visitor Perceptions of Crowding, Coping and Social Carrying Capacity: An Exploratory Study in the Mohonk Preserve*. State University of New York .
- Haas, G. E. (2001). Visitor Capacity in the National Park System. *Social Science Research Review Research Review Research Review Research Review Research Review*, 2(1).
- Hall, R. (1976). Ophiolite emplacement and the evolution of the Taurus suture zone, southeastern Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 1078-1088.
- Hanemann, B. (2000). *Cooperation in the European Mountains: The sustainable management of climbing areas in Europe* (3. bs, C. 3). IUCN, Gland, Switzerland adn Cambridge, UK.
- Hess, M., ve Green, S. (2017). *Structure From Motion See Also Photogrammetry*.
- Hill, P. (2010). *Sport Climbing: Techniques for climbing bolted routes*. Cicerone Press.
- Hillery, M., Nancarrow, B., Griffin, G., ve Syme, G. (2001). Tourist Perception of Environmental Impact. *Annals of Tourism Research*, 28(4), 853-867. www.elsevier.com/locate/atoures
- Holzman, R. (2013). *Effects of Rock Climbers on Vegetative Cover, Richness and Frequency in the Boulder Front Range, Colorado* [University of Colorado Boulder]. http://scholar.colorado.edu/honr_theses
- James, M. R., ve Robson, S. (2012). Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 117(3), 1-17. <https://doi.org/10.1029/2011JF002289>
- Kaskara, M., Barberopoulou, A., Papoutsis, I., Kontoes, H., Ganas, A., ve Karastathis, V. (2015). *Analysis of the Deformation Pattern Along the Subduction Zone of Crete, Greece, from Multi-Temporal ERS Data*.
- Kayıkcı, Ö. (2019). *Antalya Kaya Tırmanış Rehberi* (3. bs).

- Kemmler, W., Roloff, I., Baumann, H., Schöffl, V., Weineck, J., Kalender, W., ve Engelke, K. (2006). Effect of exercise, body composition, and nutritional intake on bone parameters in male elite rock climbers. *International Journal of Sports Medicine*, 27(8), 653-659. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872828>
- Kilgas, M. A., Drum, S. N., Jensen, R. L., Phillips, K. C., ve Watts, P. B. (2016). The Effect of Magnesium Carbonate (Chalk) on Geometric Entropy, Force, and Electromyography During Rock Climbing. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(6), 553-557. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0009>
- Kissling, M., Hegetschweiler, K. T., Rusterholz, H. P., ve Baur, B. (2009). Short-term and long-term effects of human trampling on above-ground vegetation, soil density, soil organic matter and soil microbial processes in suburban beech forests. *Applied Soil Ecology*, 42(3), 303-314. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.05.008>
- Kruk, E., ve Banskota, K. (2007). Mountain tourism in Nepal: From impacts to sustainability. İçinde H. Bisht ve G. Rajwar (Ed.), *Tourism ve Himalayan Bio-diversity* (ss. 15-34). Transmedia Publication.
- Lanaro, F. (2000). A random field model for surface roughness and aperture of rock fractures. *International Journal of Rock Mechanics ve Mining Sciences*, 37(8), 1195-1210.
- Lawson, S. R., Manning, R. E., Valliere, W. A., ve Wang, B. (2003). Proactive monitoring and adaptive management of social carrying capacity in Arches National Park: an application of computer simulation modeling. *Journal of Environmental Management*, 68(3), 305-313. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00094-X](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00094-X)
- Lime, D. W., ve Stankey, G. H. (1979). *Carrying Capacity: Maintaining Outdoor Recreation Quality* (1. bs). Routledge.
- Maerz, N. H., Franklin, J. A., ve Bennett, C. P. (1990). Joint Roughness Measurement Using Shadow Profilometry. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. ve Geomech Abstr*, 27(5), 329-343.
- Mah, J., Samson, C., McKinnon, S. D., ve Thibodeau, D. (2013). 3D laser imaging for surface roughness analysis. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 58, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.08.001>
- Manning, R. (1999). Crowding and Carrying Capacity in Outdoor Recreation: From Normative Standards to Standards of Quality. İçinde E. Jackson ve T. Burton (Ed.), *Leisure Studies: Prospects for the Twenty-First Century*. State College (ss. 323-334). Venture Publishing.
- Manning, R. E. (2002). *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational How Much is Too Much? Carrying Capacity of National Parks and Protected Areas*. 306-313.

- Manning, R., Valliere, W., Wang, B., Lawson, S., ve Newman, P. (2002). Estimating day use social carrying capacity in Yosemite national park. *Leisure/ Loisir*, 27(1-2), 77-102. <https://doi.org/10.1080/14927713.2002.9651296>
- Maples, J., Bradley, M., Giles, S., Leebrick, R., ve Clark, B. (2019). Climbing out of Coal Country: The Economic Impact of Rock Climbing in West Virginia's New River Gorge. *Journal of Appalachian Studies*, 25(2), 184-201. <https://doi.org/10.5406/jappastud.25.2.0184>
- Maples, J. N., Sharp, R. L., Clark, B. G., Gerlaugh, K., ve Gillespie, B. (2017). Climbing out of Poverty: The Economic Impact of Rock Climbing in and around Eastern Kentucky's Red River Gorge. *Journal of Appalachian Studies*, 23(1), 53-71. <https://doi.org/10.5406/jappastud.23.1.0053>
- Maples, N. J., ve Bradley, M. (2021). Outdoor Recreation and Rural Transitions in Central Appalachia: Revisiting the Economic Impact of Rock Climbing in Kentucky's Red River Gorge. *Journal of Economic Impact*, 3(3), 186-195. <https://doi.org/10.52223/jei3032108>
- Marion, J. L., ve Carr, C. (2007). *An assessment of recreation impacts to cliff and rock outcrop environments in Shenandoah National Park*.
- Marrosu, G. M., ve Balvis, T. (2020). Environmental Impact Assessment in Climbing Activities: A New Method to Develop a Sustainable Tourism in Geological and Nature Reserves. *Geoheritage*, 12(1). <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00427-w>
- Mathieson, A., ve Wall, G. (1989). *Tourism: Economic, Physical and Social Impacts*. Longman.
- Mc Cool, S. F., ve Lime, D. W. (2001). Tourism carrying capacity: Tempting fantasy or useful reality? *Journal of Sustainable Tourism*, 9(5), 372-388. <https://doi.org/10.1080/09669580108667409>
- McMillan, M. A., ve Larson, D. W. (2002). Effects of rock climbing on the vegetation of the Niagara Escarpment in southern Ontario, Canada. *Conservation Biology*, 16(2), 389-398. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00377.x>
- Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMinn, S. M., Heyward, V. H., Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMinn, S. M., ve Heyward, V. H. (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *BrJ Sports Med*, 31, 224-228.
- Mieczkowski, Z. (1995). *Environmental issues of tourism and recreation*. Lanham, Maryland:University Press of America.
- Nepal, S. K. (2003). *Tourism and the Environment: Perspectives from the Nepal Himalaya*. İçinde *Himal Books* (ss. 1-205). Innsbruck: STUDIEN Verlag.

- Newsome, D., ve Dowling, R. K. (2010). *Geotourism The Tourism of Geology and Landscape* (Newsome David ve K. R. Dowling, Ed.; 1. bs). Goodfellow Publishers Ltd. <https://archive.org/details/geotourismtourisO000unse>
- Nilsson, M., ve Wulkan, F. (t.y.). *Master's Thesis Determination Of Joint Shear Strength Using Photogrammetry*.
- North, C., ve Harasymchuk, B. (2012). Climbing as if you care: rock climbing at Kura Tawhiti/Castle Hill as a place-based approach to sustainability. *Sports Technology*, 5(3-4), 132-142. <https://doi.org/10.1080/19346182.2012.686505>
- Nuzzo, V. A. (1995). Effects of Rock Climbing on Cliff Goldenrod (*Solidago sciaphila* Steele) in Northwest Illinois. *Source: The American Midland Naturalist*, 133(2), 229-241.
- Outdoor Industry Association'in. (2005). *Outdoor Industry Association*.
- Pak, M., ve Fehmi, T. M. (2004). Orman Kaynağından Rekreasyonel Amaçlı Yararlanmanın Ekonomik Değerinin Koşullu Değerlendirme Yöntemi Yardımıyla Tahmin Edilmesi (Karıçam Orman İçi Dinlenme Yeri Örneği). *Journal of Science and Engineering*, 7(1).
- Papageorgiou, K., ve Brotherton, I. (1999). A management planning framework based on ecological, perceptual and economic carrying capacity: The case study of Vikos-Aoos National Park, Greece. *Journal of Environmental Management*, 56(4), 271-284. <https://doi.org/10.1006/jema.1999.0285>
- Pigram, J. J., ve Jenkins, J. M. (2005). *Outdoor Recreation Management* (B. Goodall ve G. Ashworth, Ed.). Taylor ve Francis e-Library.
- Plets, G., Gheyle, W., Verhoeven, G., De Reu, J., Bourgeois, J., Verhegge, J., ve Stichelbaut, B. (2012). Three-dimensional recording of archaeological remains in the Altai Mountains. *Antiquity*, 86(333), 884-897. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00047980>
- Pomfret, G. (2006). Mountaineering adventure tourists: A conceptual framework for research. *Tourism Management*, 27(1), 113-123. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2004.08.003>
- Priskin, J. (2001). Assessment of natural resources for nature-based tourism: the case of the Central Coast Region of Western Australia. *Tourism Management*, 22, 637-648.
- Pyke, K. (2001). *Climbing management: A Guide to climbing issues and the production of a climbing management plan*.
- Qianru, C., ve Yuan, L. (2021). Economic driving force: An Analysis of Rock Climbing Tourism in developed countries. *E3S Web of Conferences*, 251, 3-33. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125103033>
- Quaine, F., Vigouroux, L., ve Martin, L. (2003). Finger Flexors Fatigue in Trained Rock Climbers and Untrained Sedentary Subjects. *Int J Sports Med*, 24, 424-427.

- Remondino, F., ve El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D Modelling: A Review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269-291. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2006.00383.x>
- Renard, F., Mair, K., ve Gundersen, O. (2012). Surface roughness evolution on experimentally simulated faults. *Journal of Structural Geology*, 45, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.03.009>
- Rickly-Boyd, J. M. (2012). Lifestyle climbing: Toward existential authenticity. *Journal of Sport and Tourism*, 17(2), 85-104. <https://doi.org/10.1080/14775085.2012.729898>
- Robertson, A. H. F., ve Mountrakis, D. (2006). Tectonic development of the Eastern Mediterranean region: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, 260(1), 1-9. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.260.01.01>
- Rocha, C. H. B., Fontoura, L. M., Vale, W. B. do, Castro, L. F. de P., da Silva, A. L. F., Prado, T. de O., ve da Silveira, F. J. (2021). Carrying capacity and impact indicators: analysis and suggestions for sustainable tourism in protected areas–Brazil. *World Leisure Journal*, 63(1), 73-97. <https://doi.org/10.1080/16078055.2021.1888000>
- Rusterholz, H. P., Verhoustraeten, C., ve Baur, B. (2011). Effects of long-term trampling on the above-ground forest vegetation and soil seed bank at the base of limestone cliffs. *Environmental Management*, 48(5), 1024-1032. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9727-z>
- Ryan, M. C. (2022). *Climbing Management on National Forests* [University of Montana]. <https://scholarworks.umt.edu/etd>
- Scalco, L., Tonietto, L., Velloso, R. Q., Racolte, G., Gonzaga, L., ve Veronez, M. R. (2022). Determination of roughness coefficient in 3D digital representations of rocks. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15030-y>
- Schöffl, V., Hochholzer, T., ve Imhoff, A. (2004). Radiographic changes in the hands and fingers of young, high-level climbers. *American Journal of Sports Medicine*, 32(7), 1688-1694. <https://doi.org/10.1177/0363546503262805>
- Schöffl, V., Morrison, A., Schwarz, U., Schöffl, I., ve Küpper, T. (2010). Evaluation of Injury and Fatality Risk in Rock and Ice Climbing. *Sports Med*, 40(8), 657-679.
- Schöffl, V. R., ve Kuepper, T. (2006). Injuries at the 2005 World Championships in Rock Climbing. *Wilderness and Environmental Medicine*, 17(3), 187. <https://doi.org/10.1580/PR26-05>
- Schöffl, V., ve Winkelmann, H.-P. (1999). Unfallstatistik an “Indoor-Kletteranlagen”. *Sportverletzung · Sportschaden*, 13(01), 14-16. <https://doi.org/10.1055/s-2007-993308>

- Schuster, R. M., Thompson, J. G., ve Hammitt, W. E. (2001). Rock climbers' attitudes toward management of climbing and the use of bolts. *Environmental Management*, 28(3), 403-412. <https://doi.org/10.1007/s002670010232>
- Schwartz, F., Taff, B. D., Pettebone, D., ve Lawhon, B. (2016). Boulderers' Attitudes and Beliefs Regarding Leave No Trace in Rocky Mountain National Park. *International Journal of Wilderness*, 22(3).
- Shelby, B., ve Heberlein, T. A. (1984). A conceptual framework for carrying capacity determination. *Leisure Sciences*, 6(4), 433-451. <https://doi.org/10.1080/01490408409513047>
- Sirkia, J., Kallio, P., Lakovlev, D., ve Uotinen, L. (2016). Photogrammetric calculation of JRC for rock slope support design. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Ground Support in Mining and Underground Construction: Ground Support* .
- Stankey, G. H., ve McCool, S. F. (1984). Carrying capacity in recreational settings: Evolution, appraisal, and application. *Leisure Sciences*, 6(4), 453-473. <https://doi.org/10.1080/01490408409513048>
- State of Climbing Report*. (2019).
- Stewart, W. P., ve Cole, D. N. (2001). Number of encounters and experience quality in Grand Canyon backcountry: consistently negative and weak relationships. *Journal of Leisure Research*, 33(1), 106-120. <https://doi.org/10.1080/00222216.2001.11949933>
- Sturm, G., ve Zintl, F. (1986). *Dağcılık Eğitim Plânı-2 Kaya Tırmanışları*. Anadolu Dağcılar Birliği Eğitim Kitabı.
- Sun, D., ve Liddle, M. J. (1993). A survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites. *Environmental Management*, 17(4), 497-510. <https://doi.org/10.1007/BF02394665>
- Swarbrooke, J., Beard, C., Leckie, S., ve Pomfret, G. (2003). *Adventure Tourism The New Frontier*. Routledge.
- Sylvester, A. D., Christensen, A. M., ve Kramer, P. A. (2006). Factors influencing osteological changes in the hands and fingers of rock climbers. *Journal of Anatomy*, 209(5), 597-609. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00640.x>
- Tse, R., ve Cruden, D. M. (1979). Estimating Joint Roughness Coefficients. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. ve Geomech. Ahstr*, 16, 303-307.
- Unal, M., Yakar, M., ve Yıldız, F. (2004). Discontinuity Surface Roughness Measurement Techniques And The Evaluation of Digital Photogrammetric Method. *In Proceedings of*

- the 20th international Congress for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Istanbul, Turkey.*
- Uysal, M., ve Baloğlu, Ş. (1994). Destinasyonun Yaşam Süresi ile Taşıma Kapasitesi Arasındaki İlişki. *Anatolia*, 5(1), 36-42.
- Vogler, F., ve Reisch, C. (2011). Genetic variation on the rocks - the impact of climbing on the population ecology of a typical cliff plant. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 899-905. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01992.x>
- Wagar, J. A. (1964). The Carrying Capacity of Wildlands for Recreation. *Forest Science Monographs*, 7, 1-23.
- Wall, G. (1983). Cycles and Capacity: A Contradiction in Terms? *Annals of Tourism Research*, 10(1), 268-270. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(83\)90030-0](https://doi.org/10.1016/0160-7383(83)90030-0)
- Weed, M., ve Bull, C. (2004). *Sports Tourism: Participants, policy and providers* (Second Edition). Elsevier, UK.
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., ve Reynolds, J. M. (2012). "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- Whittaker, D., Shelby, B., Manning, R., Cole, D., ve Haas, G. (2011). Capacity Reconsidered: Finding Consensus and Clarifying Differences. *Journal of Park and Recreation Administration*, 29(1), 1-20. www.confluence-research.com.
- Wong, P. P. (2004). Environmental impacts of tourism. İçinde A. A. Lew, C. M. Hall, ve M. A. William (Ed.), *A Companion to Tourism* (ss. 450-461). Blackwell.
- WTTC, 2010. (2010). *wttc-2010-travel-and-tourism-economic-report*.
- Wu, YX., Liu, QS., ve Liu, X. (2011). Study of relationship between joint roughness coefficient and statistical parameters. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 30(1), 2593-2598.
- www.agisoft.com. (2024). <https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>.
- www.climb-europe.com. (2024, Haziran 24). <https://climb-europe.com/rockclimbingshop/european-rock-climbing-areas>.
- www.climbing.com. (2024, Haziran 24). (www.climbing.com). <https://www.climbing.com/skills/training-7-simple-drills-to-improve-footwork-and-technique/>.
- www.culturalheritageimaging.org. (2024). <https://culturalheritageimaging.org/Technologies/Photogrammetry/>.

www.ifsc-climbing.org. (t.y.).

www.ifsc-climbing.org, 2024. (2024, Haziran 24). <https://www.ifsc-climbing.org/ifsc/index>.

www.statista.com. (2024, Temmuz 18).

<https://www.statista.com/statistics/191233/participants-in-climbing-in-the-us-since-2006/>.

Yu, X., ve Vayssade, B. (1991). Joint Profiles and their Roughness Parameters. İçinde *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. ve Geomech. Abstr* (C. 28, Sayı 4).

Zhang, G., Karakus, M., Tang, H., Ge, Y., ve Zhang, L. (2014). A new method estimating the 2D Joint Roughness Coefficient for discontinuity surfaces in rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 72, 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2014.09.009>

Zhaot, J. (1997). Joint Surface Matching and Shear Strength Part B: JRC-JMC Shear Strength Criterion. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci*, 34(2), 179-185.

Zhu, B., Chen, R., ve Li, Y. (2021). The Origin and Early Evolution of Rock Climbing. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 662-667. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210806.124>

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve SOYADI	Abdullah GÜNGÖR
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Antalya Lisesi
Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu/ Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü
Tezsiz Yüksek Lisans Diploması	
Dönem Proje Konusu	İlköğretim Öğrencilerini Doğal Afetler Konusunda Bilinçlendirme
Tezli Yüksek Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Rekreasyon Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tez Konusu	Bir Kaya Tırmanış Bölgesinin Sosyal Taşıma Kapasitesinin belirlenmesi: Geyikbayırı Örneği
Doktora Diploması	
Doktora Tez Konusu	Bir Kaya Tırmanış Bölgesinin Fiziksel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi: Geyikbayırı Örneği
Yabancı Dil / Diller	İngilizce/ 70.25
BİLİMSEL FAALİYETLER	
<p>Aydemir, B., Çetinkaya, G., Güngör, A. <i>et al.</i> Understanding the visitor complaints about urban green spaces: a thematic investigation of online reviews on nation gardens in Istanbul, Türkiye. <i>Humanit Soc Sci Commun</i> 11, 720 (2024). https://doi.org/10.1057/s41599-024-03255-3</p> <p>Çetinkaya, G., Güngör, A., Orhan, İ., Kaplan, M., ve Ali Özçelik, M. (2024). Determining the Effects of Pre and Post Rafting Experience on Perceived Crowding: A Quasi-Experimental Study. <i>Sage Open</i>, <i>14</i>(2). https://doi.org/10.1177/21582440241259697</p> <p>Çetinkaya G., Güngör A., Aras D., "Impact of the “Chalk” on perceived visual quality and the willingness to climb: a research on sports climbing", <i>Pedagogy of Physical Culture and Sports</i>, vol.1, pp.15-23, 2021</p> <p>Uğurlu A., Erman K.A., Bal E., Öksüz T., Güngör A., "Investigation of Meaning of Leisure Activities and The Satisfaction With Life of Students in The Faculty of Sport Sciences: An Example of Akdeniz University", <i>Journal of Education And Training Studies</i>, no.13, pp.32-36, 2017</p>	
İŞ DENEYİMİ	
Stajlar	
Projeler	AB Erasmus KA2 Yetişkin Eğitimi Projesi. Developing Skills in Dealing With Emergencies: Civil Protection For People Proje no: 2017-1-EL01-KA204-036189 Yasal Yürütücü: Prof. Dr. Mustafa ÜNAL Proje Yöneticisi: Doç.Dr. Güney ÇETİNKAYA Projedeki görev: Uzman. (2017-2019)

	<p>Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Yüksek Lisans Projesi. Bir Kaya Tırmanış Bölgesinde Kalabalık Standartlarının Belirlenmesi. Proje no: 3061 Proje Yöneticisi: Doç.Dr. Güney ÇETİNKAYA, Projedeki görev: Yüksek lisans Öğrencisi/Araştırmacı. (2017-2018)</p> <p>İlk Öğretim Öğrencilerinin Doğal Afetler ve Yangın Konusunda Bilgilendirilmesi ve Bilinçlendirilmesi Projesi. Proje Danışmanı: Öğr. Gör. Yılmaz SEVGÜL, Projedeki görev: Proje Üyesi. (2006-2007)</p>
Çalıştığı Kurumlar	

