



**ULUDAĞ KIŞ TURİZMİ MERKEZİNDE BİTKİ
ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİMLERİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ (CBS) TEKNİĞİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elif GÜLERYÜZ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUDAĞ KIŞ TURİZMİ MERKEZİNDE BİTKİ ÖRTÜSÜNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TEKNİĞİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elif GÜLERYÜZ
0009-0004-4140-1342

Prof. Dr. Adam BIÇAKCI
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ULUDAĞ KIŞ TURİZMİ MERKEZİNDE BİTKİ ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİMLERİN
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TEKNİĞİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif GÜLERYÜZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Adem BIÇAKCI

Bursa Uludağ kış sporları bölgesinde, Arslan (1999) tarafından hazırlanan 1993 yılına ait vejetasyon haritaları ile ilgili veri tabanı altlık olarak kullanıldı. Bölgede 24 yıllık turizm faaliyetlerine bağlı olarak bitki örtüsündeki bozulma oranını belirlemek amacıyla bilgisayar ortamında 2017 yılına ait uydu görüntüsü CBS teknikleri ile sayısallaştırılmış ve 1993 yılı veri tabanı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca 2017 yılı orto-foto görüntüsünden elde edilecek bilgilerin görsel analizlerini desteklemek üzere 2017 ve 2019 yılı Sentinel-2 sayısal uydu görüntülerinden de yararlanılmıştır. Çalışma alanında 24 yılda meydana gelen değişimleri ortaya koyabilmek amacıyla 1:1 000 -5 000 ölçekli haritalamaya olanak sağlayan sayısal orto-foto haritası çalışma alanını içerecek biçimde kesilerek çalışma alanının 2017 yılına yüksek çözünürlüklü (0,30 m*0,30 m) uydu görüntüleri oluşturulmuştur. Araştırma alanında makine ile kayak pistlerinin düzleştirilmesi ve aşırı yol yapımı ile inşaatlar nedeniyle 24 yılda bozulmuş alana 86,78 hektarlık ilave olduğu belirlenmiştir. Bu sürede alan bozulmasında 1993 yılındakine göre %91,11 oranında artış meydana gelmiştir. Çalışma sonuçlarımız Koruma alanları için sağladığı ekonomik ve uzun soluklu yararları olmasına rağmen Uludağ Milli Parkında 1993-2017 yılları arasında bozulma hızı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Bu bozulma oranı özellikle nemli çayır ve keçemsi vejetasyon tipi (14,14 hektar ve %7,20) ile bodur çalı vejetasyon tipinde (62,42 hektar %5,26) daha yüksek olmuştur. Sadece rekreasyonel amaçlar için yapılan bu kötü müdahaleler sonucu nadir ve endemik bitki türü açısından zengin, aynı zamanda önemli su kaynaklarının bulunduğu alanda önemli ölçüde habitat kayıpları olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, gelecekteki değişiklikleri izlemek ve bölgede uygun planlar ile yönetim ilkelerini belirlemek için bir vejetasyon mozaïği veri tabanı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: CBS, uzaktan algılama, vejetasyon mozaïği, Uludağ, kayak pisti, Makine ile düzleştirme

2023, xiii + 87 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

ASSESSMENT OF VEGETATION CHANGES ON ULUDAĞ WINTER SPORT CENTER USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Elif GÜLERYÜZ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Adem BIÇAKCI

In Bursa Uludağ winter sports region, the database related to the vegetation maps of 1993 prepared by Arslan (1999) was used as a base map. In order to determine the rate of degradation in the vegetation due to tourism activities in the region for 24 years, the satellite image of 2017 in computer environment was digitized with GIS techniques and compared with the database of 1993 year. In addition, Sentinel-2 digital satellite images of 2017 and 2019 were also used to support the visual analysis of the information to be obtained from the ortho-photo image of 2017. In order to reveal the changes that took place in the study area in 24 years, the digital ortho-photo map, which allows mapping at a scale of 1:1 000 - 5,000, was cut to include the study area, and the study area was reached in 2017 with a high resolution (0,30 m * 0,30 m) satellite images were created. It has been determined that there is an addition of 86.78 hectares to the degraded area in 24 years due to machine grading of the ski slopes and excessive road construction and residence constructions in the research area. During this period, the area degradation increased by 91.11% compared to 1993. Although our study results have economic and long-term benefits for conservation areas, the rate of deterioration in Uludağ National Park was quite high between 1993 and 2017. This degradation rate was especially higher in moist meadow and mat vegetation type (14.14 hectares and 7.20%) and dwarf shrub vegetation type (62.42 hectares 5.26%). As a result of these bad interventions made only for recreational purposes, it has been determined that there are significant habitat losses in the area rich in rare and endemic plant species, as well as important water resources. The results of this study can be used as a vegetation mosaic database to monitor future changes and determine appropriate plans and management principles in the area.

Key words: GIS, remote sensing, vegetation mosaic, Uludağ, ski slope, machine grading
2023, xiii + 87 pages.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında çalışma konumu belirleyerek beni yönlendiren, benden bilgisini, büyük emeğini esirgemeyen, çalışmalarımın tüm safhalarında bana yardımcı olan ve destek sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Adem BIÇAKCI hocama teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana tez konusuyla ilgili alan çalışması, tez konumun belirlenmesi ve her türlü kaynakça desteği ile tezimin yazılması ve düzenlenmesinde yardımlarını esirgemeyen babam Prof. Dr. Gürcan GÜLERYÜZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezim ile ilgili kullandığım uydu görüntüsünün sağlanmasında ve verilerimin değerlendirilmesi ve görüntülerin sayısallaştırılması sırasında ARC/INFO yazılımının kullanılmasında yardımcı olan ve her türlü desteği esirgemeyen Prof Dr. Ertuğrul AKSOY hocama teşekkürlerimi sunarım.

Doktora ders sürecinde ve tez konumun belirlenmesinde emeği geçen, çalışmalarımda bana yardımcı olan ve her türlü desteği esirgemeyen emekli hocam Prof. Dr. Hülya ARSLAN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Elif GÜLERYÜZ
10/06/2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri ile ilgili Temel Kavramlar	6
2.2. Uzaktan Algılama ve CBS Tekniklerinin Doğal Alanların Korunması, İzlenmesi ve Yönetilmesinde Kullanım Örnekleri.....	15
2.3. Kış Sporları Merkezlerinde Ortaya Çıkan Ekolojik Sorunlar ve Bozulan Alanların Onarılmasına Yönelik Uygulamalar.....	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	40
3.1. Araştırma alan	40
3.2. Materyal.....	43
3.3. Yöntem	44
4. BULGULAR	49
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	60
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	86

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer; Gelişmiş Uzay Kaynaklı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer; Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	Digital Elevation Model; Sayısal Yükseklik Modeli
ETM+	Enhanced Thematic Mapper+; Geliştirilmiş Tematik Eşleştirici+
FVC	Fractional Vegetation Cover; Kademeli Bitki Örtüsü
GAP	Gap Analysis Project; Boşluk Analizi Projesi
GAC	Global Area Coverage; Küresel Alan Kapsamı
GLC	Global Land Cover; Küresel Arazi Örtüsü
GLCC	Global Land Cover Characterization; Küresel Arazi Örtü Karakterizasyonu
GPS	Global Positioning System; Küresel Konumlandırma Sistemi
HRG	High-Resolution Geometric; Yüksek Çözünürlük Geometrisi
HRV	High Resolution Visible; Yüksek Çözünürlüklü Görünebilir Bölge
HRVIR	High Resolution Visible and Infra-Red; Yüksek Çözünürlüklü Görünür ve Kızılötesi Bölge
LAC	Local Area Coverage; Yerel Alan Kapsamı
LIDAR	Light Detection and Ranging; Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini
LSU	Linear Spectral Unmixing; Doğrusal Görüngesel ayırma
MEDALUS	Mediterranean desertification and land use; Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı
MTMF	Mixture Tuned Matched Filtering; Karma Ayarlı Eşleştirilmiş Filtreleme
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index; Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi
NDWI	Normalized Difference Water Index; Normalize Edilmiş Su Değişim İndeksi
NOAA-AVHRR	U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration- Advanced Very High Resolution Radiometer; ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi- Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre
ÖBA	Önemli Bitki Alanı
RADAR	Radio detection and ranging; radyo dalgalarıyla yer ve mesafe belirleme
RENPA	Andalusian of Protected Natural Areas; Endülüs Korunan Doğal Alanlar Ağı
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation; Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index; Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Bitki Örtüsü İndeksi
SPOT	High-resolution optical Earth imaging satellite system; Yüksek çözünürlüklü optik dünya görüntüleme uydu sistemi
SPOT-VGT	SPOT-Vegetation; SPOT-vejetasyon

SVVI	Spectral Variability Vegetation Index; Spektral Değişkenlik Bitki Örtüsü İndeksi
TM	Thematic Mapper; Tematik Eşleştirici
USGS	United States Geological Survey; ABD Jeolojik Araştırma Kurumu
VI	Vegetation Index; Bitki örtüsü indeksi



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu.....	43
Şekil 3.2. Araştırma alanının 1993 yılına ait vejetasyon yapısı ve coğrafi varlıkları (Arslan 1999)	45
Şekil 3.3. Araştırma alanının 2017 yılı orto-foto görüntüsü ve Uludağ'daki konumu (çözünürlük 0,30 m*0,30 m).....	47
Şekil 3.4. Araştırma alanının Sentinel-2 uydu görüntüsü (2017 ve 2019 yılı)	48
Şekil 4.1. Araştırma alanının 2017 yıllı uydu görüntüsü verilerine göre hazırlanan bitki toplulukları mozaïği haritası	54
Şekil 4.2. Araştırma alanının 2017 yıllı uydu görüntüsü verilerine göre hazırlanan vejetasyon tipleri mozaïği haritası	55
Şekil 4.3. Çobankaya kamp alanının girişinde yer alan cami ve araç parkı	56
Şekil 4.4. Çobankaya kamp alanında inşa edilen çocuk parkı ve çeşitli yapılar ile yol	56
Şekil 4.5. Mandra telesiej istasyonu ve ikinci turizm gelişim bölgesi ile Şahinkaya ve Tutuyeli tepeleri arasında yer alan kayak pistleri	57
Şekil 4.6. Şahinkaya tepesinde kayak pistini düzleştirmek için makinalarla kırılmış kayalar	58
Şekil 4.7. Şahinkaya tepesinde kayak pistini düzleştirmek için makinalarla kırılmış kayaların yakından görünüşü.....	58
Şekil 4.8. Şahinkaya tepesinde yağın sürüklemesini engellemek için tahtadan yapılan rüzgar kırıcılar.....	59
Şekil 4.8. İşletmeye 1990 yılından beri kapatılmış olan Etibank Wolfram Maden işletmesi mevkiisi ile İkinci Turizm gelişim bölgesi arasında inşa edilen yeni kayak pisti.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. CBS teknikleri kullanılarak yapılan uydu görüntüsü analizleriyle 1993-2017 yılları arasında araştırma alanındaki bitki toplulukları ve ait oldukları vejetasyon tiplerinin kapladığı alanların hektar (ha) ve oransal (%) olarak dağılımları	52
Çizelge 4.2. Araştırma alanında 1993-2017 yılları arasında bitki toplulukları ve ait oldukları vejetasyon tiplerinin kapladığı alanlarda bozulma nedeniyle kaybedilen miktarları (ha) ve kayıp artış oranları (%)	53

1. GİRİŞ

Yerkürenin yüzeyini izlemek ve değerlendirmek küresel değişim araştırmalarında anahtar nitelikte bir ihtiyaçtır (Lambin ve diğerleri, 2001). Yüzeyi kaplayan elemanlardan olan bitki örtüsünün sınıflandırma ve haritalanması ise doğal kaynakları yönetmek için önemli bir tekniktir. Çünkü bitki örtüsü, tüm canlılar için temel kaynak niteliğindedir ve dünyadaki CO₂ değişimini etkileme gibi küresel iklim değişikliğini de etkilemede önemli rol oynar (Xiao ve diğerleri, 2004).

Bitki örtüsünün haritalanması, belirli bir zaman aralığında yerelden küresel boyuta kadar değişen ölçekte doğal ve insan yapımı ortamları anlamak için değerli bilgiler sunmaktadır. Bitki koruma ve restorasyon programlarını başlatmak için mevcut bitki örtüsü özelliklerinin elde edilmesi kritik öneme sahiptir (Egbert ve diğerleri, 2002). Bitki örtüsünü meydana getiren bitki topluluklarını daha iyi korumayı amaçlayan ABD USGS kurumu tarafından desteklenen GAP bunun için iyi örnek olarak gösterilmektedir. Bu proje kapsamında Amerika Birleşik Devletlerinin tür, alan örtüsü ve korunmuş bölgelerin veri tabanları oluşturulmuştur (<https://www.usgs.gov/programs/gap-analysis-project>).

Bir bölgedeki karasal ekosistemin en önemli bileşenlerinden olan bitki örtüsü “vejetasyon” olarak da ifade edilir. Atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve pedosfer arasındaki bağlantıyı sağlayan bitki örtüsü iklimsel, topoğrafik ve edafik faktörler gibi çeşitli ekolojik faktörlerin etkisi ile uzun zaman boyunca ortaya çıkar ve belirli bir bölgenin peyzaj yapısının genel karakteristiğini oluşturur. Peyzaj yapısının oluşuma katkısının yanında vejetasyon, ekosistemlerde enerji akış sürecinin temelini oluşturur ve ekosistemin primer üreticileri olarak adlandırılan bileşenini meydana getirir. Yerküre üzerinde insanoğlunun yaşamını sürdürmesine çeşitli ekosistem hizmetleri aracılığıyla olanak sağlayan bitki örtüsü, hizmet sunduğu insanoğlunun arazi kullanım faaliyetleri nedeniyle hem mekânsal hem de işlevsel boyutta değişikliğe uğratılmaktadır. Meydana gelen değişiklikler enerji akışı ve madde döngülerine etki ederken, iklim değişimine de yol açar ve bu da insan aktivitelerinin sonuçlarını yansıtır (Bunting ve diğerleri, 2016; Liu ve diğerleri, 2018, 2019). Bu nedenle vejetasyondaki değişim ve onu etkileyen faktörler ekoloji ve yer bilimleri çalışmalarının odaklandığı konulardandır (örn. Jun ve

diğerleri 2020; Duo ve diğerleri, 2016; Han ve diğerleri, 2019; Manier ve Laven, 2002; Pezzi ve diğerleri, 2011; Roy ve diğerleri, 2018). Doğal kaynakların yönetimi ve korunması için bitki örtüsünün sınıflandırılması, haritalanması ve izlenmesi kritik öneme sahip teknik bir konudur. Çevre ve ekosistemleri daha iyi değerlendirebilmek için bitki örtüsündeki değişikliklerle ilgili düzenli veya yıllık olarak güncellenmiş veriler elde etme gereksinimi ortaya çıkmaktadır (Knight ve diğerleri, 2013). İnsanlığın çevre üzerindeki yıkımı azaltması ve çevre sorunlarına karşı önlem alması ile “insanın büyük sefaletinden kaçınılacaksa, dünya ve üzerindeki yaşam yönetimimizde büyük bir değişiklik yapılması gerektiği” konusunda uyarılar son yıllarda bilim dünyasınca sürekli yapılmaktadır (Ripple ve diğerleri 2017; 2021). Ekologlar ve koruma biyologları, çevresel değişime bilimsel yanıtlar hazırlamada gerekli teknikleri ve veri kaynaklarını sağlamak için hızla gelişen uzaktan algılama disiplinine yönelmektedirler (Kerr ve Ostrovsky, 2003).

Arazi incelemeleri, literatür taraması, harita yorumlama, bitki örtüsü ilgili ikincil ve yardımcı verileri analizi etmek gibi geleneksel yöntemler bitki örtüsünü haritalamak için etkin ve yeterli yöntemler değildir. Çünkü bunlar çoğunlukla zaman alıcı, pahalı ve güncel olmayan veriye dayalı yöntemlerdir (Xie ve diğerleri, 2008). Uzaktan algılama ile CBS teknikleri özellikle geniş alanlardaki bitki örtüsünü ve örtüdeki değişimleri incelemek için uygulanabilirlik ve ekonomik olanaklar sağlamaktadır (Langley ve diğerleri, 2001; Nordberg ve Evertson 2005; Meusburger ve diğerleri, 2010; Mohapatra ve diğerleri, 2019; Tomczyk, 2011). Ayrıca, ulusal parkların yaban hayatı habitat değerlendirmesi (Hong ve diğerleri, 2004), Ulusal Parklarda ziyaretçi kullanımının etkisi ve iz hasarı ile çevresel özellikler arasındaki bağlantının ortaya konulması (Nepal ve Nepal, 2004; Tomczyk, 2011), biyolojik çeşitlilik üzerinde alan kullanımının etkilerinin belirlenmesi (Crist ve diğerleri, 2000), hayvancılık için önemli bir yem kaynağı olan ve dünyanın en kapsamlı karasal ekosistemleri arasında yer alan otlakalanların örtülülüğünün ve değişiminlerinin belirlenmesi (Fava ve diğerleri, 2016; Pandey ve diğerleri, 2021), otlakalanların ot verimini ve otlatılan hayvan taşıma kapasitesinin hesaplanması (Yu ve diğerleri, 2016), geçmiş bitki örtüsü ve bozulma rejimleri hakkında ayrıntılı bilgi edinme (Jun ve diğerleri, 2020; Han ve diğerleri, 2019; Manier ve Laven, 2002; Pezzi ve diğerleri, 2011; Roy ve diğerleri, 2019), akarsu havzalarında arazi kullanımından dolayı sel risklerinin belirlenmesi (Hohensinner ve diğerleri, 2021),

yangın riskinin tahmin edilmesi (Welch ve diğerleri, 2002), sulak alanlarda arazi kullanım dönüşümleri ile ekosistem hizmetlerindeki değişikliklerin değerlendirilmesi (Zorrilla-Miras ve diğerleri, 2014), kıyı ekosistemlerindeki bitki örtüsünün mekânsal ve zamansal boyutdaki değişimleri (Díez-Garretas ve diğerleri, 2019; Peña-Alonso ve diğerleri, 2019), arazi kullanımı/örtü değişikliğinden kaynaklanan ekolojik riskin belirlenmesi (Zhang ve diğerleri, 2018), uzaktan algılama kullanarak peyzaj düzeyinde restorasyon etkinliğinin izlenmesi (Camarretta ve diğerleri, 2020), dağ ekosistemlerinin küresel değişime ve insan kaynaklı bozulmaya duyarlılığı dikkate alınarak bitki örtüsü dinamiklerinin belirlenmesi (Welch ve diğerleri, 2002; Potůčková ve diğerleri, 2021), alpin kuşakta toprak erozyonu oranlarının, hasar ve riskin değerlendirilmesi (Meusburger ve diğerleri, 2010) ve vejetasyon haritasının hazırlanması (Roşca ve diğerleri, 2019), orman alanlarındaki değişimler ile bozulmaların belirlenmesi (Manier ve Raven, 2002; Tracz ve diğerleri, 2019; Tsai ve diğerleri, 2019), kayak için önerilen kayak alanlarının etkilenme durumlarını değerlendirmek ve karşılaştırmak (Geneletti, 2008), nesli tükenmekte olan bitki türlerinin ortaya çıkışının hangi çevresel faktörlerce etkilendiğinin anlaşılması (Štípková ve diğerleri, 2017) ile ilgili araştırmalarda uzaktan algılama ve CBS teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tüm bunların yanında günümüzde önemli ekolojik sorun haline gelen istilacı tür ve yayılım alanları ile ekolojik etkilerinin kontrolü ve türün kontrol altında tutulmasında uzaktan algılama teknikleri kullanılmaya başlanmıştır (Gómez-Casero ve diğerleri, 2010). Küresel ölçekte istilacı bitki türlerinin doğal ekosistemler (Gurevitch ve Padilla, 2004), biyolojik çeşitlilik (Gaertner ve diğerleri, 2009), ormanlar (Peerbhay ve diğerleri, 2016a), meralar ve tarımsal verim (Pimentel ve diğerleri, 2005) için önemli tehditler oluşturduğu; doğal bitki türlerinin zenginliğini azalttığı (Gaertner ve diğerleri, 2009), yangın rejimlerini ve toprak özelliklerini değiştirdiği (Pejchar ve Mooney, 2009) ve işgal edilmiş peyzajın biyolojik çeşitliliğini azalttığı (Peerbhay ve diğerleri, 2016b; Kimothi ve Dasari, 2010) bildirilmektedir. İstilacı türlerin yayılmasını azaltmak için mekansal ve zamansal dağılımın yanı sıra bolluk durumları hakkında zamanında ve doğru bilgiye gereksinim duyulmaktadır (Peerbhay ve diğerleri, 2016a). Bu bilgi, gelişmiş karar verme, en uygun kaynak idaresi ve yönetimi için yayılan istilacıların eğilim ve davranışlarının anlaşılmasını geliştirmek için gerekli olmaktadır (Royimani ve diğerleri, 2019).

Alpin kuşakta havanın soğuk oluşu, düşük gece sıcaklıkları, iklim koşullarının ani olarak değişimi, yüzeye gelen ışık şiddetinin yüksek ve UV ışınlarının miktarının fazla olması gibi genel iklim özellikleri nedeniyle bitki örtüsünün gelişme mevsiminin kısa olmasına yol açmaktadır (Ellenberg, 1988). Tüm bunların yanında, bitki örtüsünün gelişme mevsiminin herhangi bir anında bile sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesi gibi zorlu koşullar görülmektedir (Chamber, 2000). Su ve rüzgar, buzul hareketleri, donmayı izleyen erimeden dolayı gevşeme, taş yığınlarının kayması ve düşen kayalar, ince yapılı toprağın suya doyduğunda çabur akışı ve diğer erozyon süreçleriyle toprağın hareketi yüksek dağlarda devamlı ve önemli miktarda meydana gelmektedir. Tüm bu zorlu koşullardan dolayı bu kuşakta toprak genellikle genç, heterojen ve gelişimi zayıftır (Ellenberg, 1988; Chamber, 2000). Kış turizmi bugün dünyanın dağlık alanlarının büyük bir bölümünde en önemli ekonomik sektörlerden birini temsil etmektedir (Rixen ve diğerleri, 2003). Aynı zamanda, kayak pistlerinin ve kayak sporlarıyla ilgili diğer altyapıların etkisi, hassas dağlık ortamlar üzerinde dramatik etkilere sahip olabilmektedir (Titus ve Tsuyuzaki 1999, Pickering ve diğerleri, 2003). Makine ile düzleştirme, kayakçılar için düz bir yüzey elde etmek amacıyla kayak pistleri oluşturmak için en yaygın kullanılan tekniktir. Bu teknik, tüm bitki örtüsünün ve toprak yüzeyinin, tohum bankası ve toprak biyotası ile birlikte kaldırılmasına ve kayaların yer değiştirmesine yol açmaktadır. İnşaattan sonra toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri önemli değişikliklere uğrarken (Meijer zu Schlochtern ve diğerleri, 2014; Gros ve diğerleri 2004) aynı zamanda toprak sıkışmasının artmasının yanında (Barni ve diğerleri, 2007; Pohl ve diğerleri, 2009) fosfor, bazik katyonlar daha yüksek konsantrasyonlara çıkmakta ve toprak pH'ı daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Meijer zu Schlochtern ve diğerleri, 2014). Araştırmanın konusunu oluşturan Uludağ kış sporları bölgesinde, daha önce yapılan araştırmalarda alan bozulmasının toprak besin içerikleri, toprak su tutma kapasitesi, pH ve azot mineralleşme özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiği ortaya konulmuştur (Gülyüz ve diğerleri 2008, 2010a, 2011).

Kışın kayak sporları, yazın ise rekreasyonel aktivitelerden kaynaklanan düzensiz arazi kullanımı nedeniyle Uludağ Millî Parkında doğal peyzaj ve bitki örtüsünün olumsuz etkileneceği öngörülerek çalışmalar başlatılmıştır. I. Turizm Gelişim Merkezi ve

çevresindeki 1993 yılına ait peyzajın yapısı Güleriyüz ve diğerleri (1998) tarafından hava fotoğrafları ve CBS teknikleri ile ortaya konulmuş ve vejetasyon mozaiği haritası hazırlanmıştır. Bitki toplulukları ve vejetasyon tipleri temel alınarak yapılan haritalama çalışmasında aynı zamanda bitki topluluklarının ve vejetasyon tiplerinin alandaki örtülülüğe katkısı hem mutlak değer (ha) hem de yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. I. Turizm Gelişim Merkezi bölgesinde *Vaccinium myrtillus-Juniperus communis*, *Juniperus communis* ve *Astragalus angustifolius* bitki topluluklarının oluşturduğu bodur çalı vejetasyon tipinin %53'lük örtü ile egemen olduğu, oteller çevresinde, yol kenarlarında ve özellikle yeni yapılmış kayak pistleri gibi bozulmuş alanlarda *Verbascum olympicum* tarafından temsil edilen ruderal formasyonun yayılış gösterdiği belirtilmiştir. Arslan ve diğerleri (1999) Uludağ II. Turizm Gelişim Merkezinin peyzaj yapısını 1993 yılına ait hava fotoğrafları ve CBS teknikleri kullanarak hazırlamışlar ve bölgede bodur çalı vejetasyon tipinin (*Vaccinium myrtillus-Juniperus communis* ve *Juniperus communis*) vejetasyon mozağinin karakteristiğini oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Son yapılan floristik bir araştırmada, 1981'de tek bir yetersiz herbaryum örneğine göre tanımlanmış olan ve günümüze kadar holotip kaydı dışında kayıt alınamayan nadir ve endemik *Festuca decolorata* Markgr.-Dann. türünün maksimum dağılım alanının 6.15 km² olduğu ve sadece ikinci turizm gelişim bölgesinin kapladığı alanda saptandığı bildirilirken; türün ciddi bir yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu ve korunması için acil önlemlere ihtiyaç duyulduğu rapor edilmiştir (Erdal ve diğerleri, 2022).

Bu çalışmada, Uludağ Kış Turizmi bölgesinin bitki örtüsündeki zamana bağlı (1993-2017) gerçekleşen değişimlerin uzaktan algılama verileri ve CBS tekniği kullanılarak değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Daha önce Arslan (1999) tarafından 1:10.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak üretilmiş ve öznetelik verileri oluşturulmuş 1993 yılı vejetasyon yapısı ve coğrafi varlıklarına ait veriler temel alınarak, araştırma alanının ArcGIS ortamında Sentinel-2 uydusunun 2017-2019 tarihli görüntüleri kullanılarak sayısal haritaları ve öznetelik verileri yeniden üretilmiştir. Bu kapsamda kış turizm etkenliği ile ortaya çıkan peyzaj değişimleri ve alanda meydana gelen bozulmalar oluşturulacak haritalar ile bilimsel kaynakçaya dayanarak değerlendirilecektir. Ayrıca, hazırlanacak vejetasyon mozaiği haritaları ileri döneme altlık olacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri ile ilgili Temel Kavramlar

Bitki örtüsünün yapısını ortaya koyan vejetasyon mozaïği haritalarını hazırlamak için kullanılan geleneksel yöntemler (örneğin, literatür taraması, harita yorumlama ve temini, yardımcı veri analizi, alan araştırması) zaman alıcı ve genellikle çok pahalı olması nedeniyle bitki örtüsüne ait haritaları elde etmede etkili değildir. Uzaktan algılama teknolojisi, özellikle geniş alanlardaki vejetasyon örtüsünün değişimlerini incelemek için pratik ve ekonomik bir yol sunmaktadır (Langley ve diğerleri, 2001; Nordberg ve Evertson, 2005). Çeşitli ölçeklerde sistematik gözlemlere olanak vermesi nedeniyle, uzaktan algılama teknolojisi, olası veri arşivlerini günümüzden birkaç on yıl öncesine kadar genişletebilmektedir. Bu avantajı sağlamak için, uzaktan algılama görüntülerini kullanarak bitki örtüsünü yerel ölçekten küresel ölçeğe varan boyutta araştırmak için araştırmacılar ve uygulama uzmanları tarafından büyük çabalar sarf edilmektedir. Örneğin, Uluslararası Jeosfer Biyosfer Programı, 1992 yılında 1 km'lik AVHRR'e dayanan GLCC veri tabanının geliştirilmesiyle küresel arazi örtüsü haritalamasına öncülük etmiştir (<http://edcsns17.cr.usgs.gov/glcc/>). Benzer şekilde, İtalya'daki Ortak Araştırma Enstitüsü dünyanın dört bir yanından 30'dan fazla araştırma ekibi ile işbirliği içinde benzer bir proje olan GLC 2000'i uygulamıştır (<http://www-gvm.jrc.it/glc2000/>). Daha küçük bir ölçekte, 1 km'lik bir Pan-Avrupa Arazi Örtüsü Veritabanının kurulmasını amaçlayan Pan-Avrupa Arazi Örtüsü İzleme Projesi 1996 yılında, birden fazla spektral-zamansal NOAA-AVHRR uydu görüntüsü ve yardımcı verinin birlikte kullanımıyla tüm Avrupa kıtasını kapsayan bir arazi örtüsü veri tabanı oluşturmak üzere başlatılmıştır (Rounsevell ve diğerleri, 2006).

İnsanoğlunun dünyayı görüntülemek için kullandığı bir araç olan Uzaktan Algılama teknolojisi algılayıcı olarak adlandırılan cihazlar yoluyla uzaktan bir nesne ya da olay ile ilgili verileri gösteren bir sistem olarak düşünülebilir. Uzaktan Algılama terimi ilk kez 1958 yılında Amerika'da Evelyn Pruitt tarafından kullanılmış ve Landsat-1 uydusunun gönderilmesinden sonra daha çok kullanılır hale gelmiştir. Bu terim “objelerin karakteristiklerini doğrudan temas olmaksızın tanımlayan, ölçen ve analiz etme işi ile ilgilenen bilim ve teknoloji” olarak tanımlanabilir (Kairu, 1982). Colwell (1997)'e göre

ise uzaktan algılama non-kontakt alıcı sistemlerinden kaynaklanan enerjinin dijital olarak tanımı, görüntünün yorumu ve ölçülmesi, kaydedilmesi yoluyla fiziksel objeler hakkında önemli bilgi elde etme bilim, teknoloji ve sanattır. Uzaktan algılama, enerji kaynağı dikkate alınarak, aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif uzaktan algılama, incelenecek cisim ya da yüzeye yapay olarak gönderilen enerjinin yansıdıktan sonra analiziyle karakterizedir. Radar olarak adlandırılan aktif yöntem bu sınıf içerisinde yer almaktadır. Pasif uzaktan algılama ise güneşten gelen ışıyım aracılığıyla yayılan elektromanyetik radyasyonun cisim ve yüzeylerle etkileşimde bulunarak onların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi sağlama yöntemi olarak ifade edilebilmektedir. Cisimler hakkında uzaktan bilgi kaydetmeye yarayan donanım ise uzaktan algılayıcı gereçler (*remote sensors*) olarak bilinmektedir. Bu gereçlerin sağladıkları veriler de algı ya da kayıt (*imagery*) olarak adlandırılır ve bilgisayar ve kâğıt gibi değişik format ve ortamlarda saklanabilmektedir. Alıcıların (*detectors*) duyarlılığına bağlı olarak algılayıcılar (*sensors*) yansıyan enerjiyi görünen (*visible*), yakın-kızıl ötesi (*near infrared*), kısa dalga-kızılötesi (*short-wave infrared*), termal kızılötesi (*thermal infrared*) ve mikrodalga radar bölümlerinde ölçebilmektedir. Çeşitli uzaktan algılama uyduları enerjiyi tayfın (*spektrumun*) kesin olarak belirlenmiş özel dalga boylarında ölçmektedirler.

Nesneler (bitki örtüsü dahil) kendilerine özgü spektral özelliklere sahip olduklarından (yansıtma veya emisyon bölgeleri), kendilerine özgü spektral özelliklerine göre uzaktan algılama görüntülerinden tanımlanabilmektedirler. Uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak vejetasyon haritalamasında spektrumun diğer bölgelerine ilaveten kırmızı ve yakın kızılötesi bölgelerdeki spektral ışıyımın da kullanılır olmasıdır. Bu bölgelerdeki ışıyımlar fotosentetik olarak aktif radyasyonun tutulmuş oranı ile doğrudan ilişkili olan spektral vejetasyon endekslerine katılabilmektedir (Asrar ve diğerleri, 1984; Gallo ve diğerleri, 1985). Fotosentetik ve fotosentetik olmayan aktif bitki örtüsünün spektral karakteristikleri belirgin bir fark gösterdiğinden, örneğin uzun boylu otlakalanların (*prairie*) biyomas miktarı ve kalitesini tahmin etmek için kullanılabilmektedir (Beer ve diğerleri, 2007). Uzaktan algılama görüntüsü yeryüzü ve gökyüzünde bulunan bir dizi cihaz tarafından elde edilmektedir. Bu cihazlar dalga boyları görünür dalga boyundan mikrodalgaya kadar değişen, uzaysal çözünürlükleri bir metreden daha düşük ve

kilometrelere kadar uzanan, zamansal frekansları 30 dakikadan haftalara veya aylara kadar değişen frekanslara sahip çoklu ve hiperspektral algılayıcılara sahiptir (Xie ve diğerleri, 2008).

Farklı algılayıcılar farklı mekânsal, zamansal, spektral ve radyometrik özelliklere sahip olduğundan, uygun algılayıcıların seçimi vejetasyon örtüsünü belirlemek için çok önemli olmaktadır. Uygun algılayıcılar tarafından elde edilen görüntülerin seçimi haritalama hedefi, görüntülerin maliyeti, iklim koşulları (özellikle atmosferik koşullar) ve görüntü yorumlama tekniği ile ilişkilidir. İlk olarak, haritalama hedefi neyin haritalanacağı ve harita ölçeğinin ne olacağı ile ilgilidir. Nispeten düşük çözünürlüğe sahip görüntüler yalnızca bitki örtüsünün kabaca sınıflandırılması için kabul edilebilirken, yüksek çözünürlükteki görüntüler bitki örtüsünün ayrıntılı sınıflandırması için kullanılır. İkinci olarak, uzaktan algılama görüntüleri çok pahalı olabilir ve görüntünün maliyeti kesinlikle görüntü seçiminde bir değerlendirme konusudur. Haritalama ölçeği açısından bakıldığında, küçük ölçekli bitki örtüsü haritalanması genellikle yüksek çözünürlüklü görüntüler gerektirirken, düşük çözünürlüklü görüntüler büyük ölçekli bir haritalama için kullanılır. Üçüncüsü, uzun bir süre boyunca bulutsuz bir görüntü serisi elde etmek için farklı kaynaklardan gelen verilerin kullanımı fizibilite konusunu gündeme getirmektedir (Soudani ve diğerleri, 2006). Son olarak, uygun algılayıcı adaylarını seçerken görüntü kalitesi, ön işleme ve yorumlama ile ilgili bazı teknik özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir. Vejetasyon haritalama alanında yaygın olarak kullanılan algılayıcılar LANDSAT (çoğunlukla TM ve ETM +), SPOT, MODIS, NOAA-AVHRR, IKONOS ve QuickBird'dür (Xie ve diğerleri, 2008).

Landsat, belki de dünyayı uzaydan izlemek için en uzun geçmişe ve en geniş kullanım olanağına sahip uydudur. İlk Landsat uydusunun 1972'de piyasaya sürülmesinden bu yana, bir dizi daha gelişmiş multispektral görüntüleme algılayıcısı geliştirilmiştir. Bunlar; TM adında “Tematik Haritalayıcı”, Landsats 4 (1982), 5 (1984), 6 (1993, fırlatma başarısız olmuştur) ile 7 (1999) arasında değişmektedir (ETM +). Landsat TM ve ETM + görüntüleme algılayıcıları, kurulduğundan bu yana neredeyse sürekli bir küresel veri kaydına sahip milyonlarca görüntüyü arşivlemektedir (Xie ve diğerleri, 2008). Landsat, kaba-uzaysal çözünürlükte görüntüler sağlamaktadır. Örneğin, Landsat ETM+

görüntüleri multispektral bantlar için 30 m, termal kızılötesi bantlar için 60 m'lik bir uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Landsat verileri çoğunlukla bölgesel ölçekte vejetasyon örtüsü haritalaması için uygulanmaktadır. Landsat uzun bir veri kümesi geçmişine sahip olduğundan, uzun vadeli bitki örtüsünün haritalanması ile uzaysal-zamansal vejetasyon değişikliklerini incelemek için çok yararlıdır (Xie ve diğerleri, 2008). Örneğin, batı Oregon (ABD)'u kapsayan yaklaşık 20 yıllık devamlı Landsat TM / ETM + görüntü veri setleri (19 görüntü) ile algılama ve ormandaki süksesyonun ilk dönemdeki değişimlerini tespit etmek ve karakterize etmek için kullanılmıştır (Schroeder ve diğerleri, 2006). Landsat görüntü serisindeki spektral algılayıcıların (yani TM ve ETM +) farklı karakteristikleri nedeniyle, bu algılayıcılar tarafından elde edilen görüntüler arasındaki spektral kararlılığı düzeltmek gerekmektedir. Bu, özellikle Landsat TM ve ETM + görüntülerinin yeniden kullanıldığı, uzun süreli vejetasyon izleme araştırmalarında gerekli olmaktadır. Zheng ve diğerleri (2006), Minjiang Nehri Halisindeki (Çin) sulak alan peyzaj modellerinin ve bunların dinamik değişimlerinin nicel analizlerini yapmak için 1986 ile 2002 arasındaki Landsat TM görüntülerini kullanmışlardır.

Yerküre üzerindeki doğal kaynakları ve bu kaynaklar üzerinde insan faaliyetlerinin etkilerini gözlemlemek, izlemek ve yönetmek için görüntü sağlayan bir diğer uydu SPOT'dur. İlk 1986 yılından itibaren 5 SPOT uydusu (1, 2, 3, 4, 5) fırlatılmış olup bu uydular 1 km küresel ölçeğinden 2,5 m yerel ölçeğe kadar değişen çözünürlüğe sahip görüntüler sağlayabilmektedir (Xie ve diğerleri, 2008). SPOT 1, 2 ve 3'teki iki HRV görüntüleme cihazı ve SPOT 4'teki HRVIR ve SPOT 5'deki HRG'nin ilgili cihazları pankromatik ya da multispektral modlarda tarama yapmaktadır. Ayrıca, SPOT 4 ve 5, 1 km uzaysal çözünürlükte ve 1 günlük zamansal ölçekte veri toplayan SPOT-VGT cihazı olarak adlandırılan ikinci bir görüntüleme donanımına sahiptir. SPOT görüntüleri, özellikle SPOT-VGT, arazi yüzeylerinin gelişimini gözlemleyerek analiz etmek ve geniş alanlardaki arazi değişikliklerini anlamak için çok kullanışlıdır. Çoklu algılayıcı cihazları ve tekrarlanan görüntü alabilmesi nedeniyle SPOT uyduları, her gün herhangi bir bölgenin görüntüsünü elde edebilme ve vejetasyonun çeşitli ölçeklerde (bölgesel, ulusal, kıta veya küresel) haritalanması avantajına sahiptir (Xie ve diğerleri, 2008). Huang ve Siegert (2006), belirli bir sürede alınan SPOT-VGT görüntü serisini kullanarak çölleşme süreçlerini incelemiş ve Çin'in kuzeyindeki seyrek yapılı bitki örtüsünü

belirlemek amacıyla bir arazi örtüsü haritası hazırlamışlardır. Bu amaçla mevsimsel değişiklikler ve çok değişken doğal koşullarla ilgili sorunları çözmek için, farklı arazi örtüsü tiplerine ait bir sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Huang ve Siegert (2006)'ın belirttiği gibi, SPOT- VGT görüntüleri, görüntünün vejetasyon gelişimine hassas olması ve geniş tarama özelliğine sahip olmasından dolayı çevresel değişikliklerin büyük ölçekli dinamiklerini tespit etmek için çok kullanışlıdır. Kıtasal ölçekte, Cabral ve diğerleri (2006) yapmış oldukları çalışmada Afrika'nın arazi örtüsünü haritalamışlardır. Yaptıkları çalışmada günlük SPOT-VGT görüntülerinden oluşan aylık görüntülere ait bir veri tabanı oluşturulmuş ve Afrika'nın 1 km uzaysal çözünürlüğe sahip arazi örtüsü haritasını oluşturmak için uygun bir yöntem geliştirmişlerdir. Buna ilâveten, SPOT görüntüleri belirli bitkilerin dağılımını ve gelişmesini izlemeye de etkilidir. Örneğin, Millward ve diğerleri (2006), Çin'in Hainan Eyaletinde Sanya yakınlarındaki kıyı bölgesinin peyzaj değişikliklerini belirlemek için orta çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanmışlardır. Uygun uydu görüntüleri tespit edildikten sonra değişiklikleri etkin bir şekilde tanımlama yolunun, farklı algılayıcılardan gelen verileri (SPOT2 HRV görüntülerine ek olarak Landsat TM ve ETM+ görüntüleri) bütünleştirmek olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, SPOT görüntüleri biyokimyasal süreçleri modellemek için de kullanılabilmektedir (Xie ve diğerleri, 2008).

MODIS, Terra (EOS AM) ve Aqua (EOS PM) uydularının üzerindeki anahtar bir araçtır. Terra MODIS ve Aqua MODIS dünya yüzeyini 1-2 günde bir görme yeteneğine sahiptir. MODIS'ten elde edilen 250 ila 1 km arasında değişen uzaysal çözünürlüğe sahip 36 spektral bandı içeren görüntüler, vejetasyon dinamikleri ve süreçlerini büyük ölçekte haritalamak için kullanılmaktadır (Xie ve diğerleri, 2008). Mekânsal çözünürlüğün düşük olması nedeniyle, yerel ölçekte veya bölgesel vejetasyon haritalaması için önerilmemektedir. Bununla birlikte, birden fazla görüntü tipinin birleştirilmesi ise daha iyi haritalama sonuçlarına yol açabilir. Knight ve diğerleri (2013), MODIS-NDVI'e ait bileşik verileri (250 m çözünürlük ve 16 günlük) kullanarak, Albemarle-Pamlico nehir ağzı sistemine ait arazi örtüsündeki sınıflandırma potansiyelini bitki örtüsü fenolojisine dayanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar yüksek uzaysal çözünürlük verilerden üretilen çoklu zamansal gözlemlerle benzer sınıflandırmaların birleştirilme ve karşılaştırılması yoluyla MODIS görüntüsüne önemli bir değer katılabileceğini bildirmişlerdir.

AVHRR görüntü verilerinin iki uzaysal çözünürlüğü vardır: yerel alan örtüsü LAC için yaklaşık 1,1 km ve küresel alan katmanı GAC için 5 km'dir. Her ikisi de orman, tundra, otlak, tarım arazileri gibi ekosistemlerde vejetasyon koşullarını araştırmak ve izlemek, arazi örtüsü haritalama ve bu konularla ilgili büyük ölçekli haritaların üretilmesi için geniş ölçüde kullanılmaktadır. AVHRR'nin belirgin avantajlarından biri, düşük maliyetli olması ve arazi yüzeyinde bulutsuz bir görüş elde etme olasılığının yüksek olmasıdır. AVHRR uzun bir geçmişe dayanan bir görüntü arşivine sahip olduğu için (ilk AVHRR'nin başlatıldığı 1978'den beri), uzun süreli vejetasyon değişikliklerini incelemek için oldukça uygundur (Xie ve diğerleri, 2008). Son zamanlarda sürekli kuraklık olayları ve çevresel bozulma yaşanan Brezilya Kuzeydoğu Bölgesi'nin doğal ekosistemlerinin çalışmasında, Barbosa ve diğerleri (2006), yaklaşık 20 yıllık (1982-2001) AVHRR'den alınan NDVI görüntülerini kullanarak Brezilya Kuzeydoğu Bölgesi'nin mekânsal heterojenliği ve zamansal dinamiklerini incelemişlerdir. Literatürde AVHRR tarafından sağlanan veriye dayalı gerçekleştirildiği ifade edilen başka çalışmalar da (örn. Julien ve diğerleri, 2006; Gonzalez-Alonso ve diğerleri 2004) mevcuttur. Maselli ve Chiesi (2006), Akdeniz ormanı verimliliğini incelemek için AVHRR verilerini kullanmış olup araştırma NDVI üretimine dayanmaktadır.

Güneş ışığıyla senkronize yer gözlem uydusu IKONOS 1999 yılında uzaya gönderilmiştir ve herkesin ulaşabildiği 1 ve 4 m'lik yüksek çözünürlükte görüntü toplayan ilk uydudur. Multispektral ve pankromatik olmak üzere iki görüntü algılayıcısı vardır. Pankromatik algılayıcı görüntüyü 1 m'de alırken, multispektral bantlar (mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi dahil) 4 m'de uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Her iki algılayıcıda da 11 km band genişliği ve 3-5 günlük bir tekrarlar aralığı vardır. Xie ve diğerlerine (2008) göre, IKONOS görüntüleri tipik olarak ekolojik araştırmalar ve arazi örtüsü araştırmalarında gerçekleştirilen arazi ölçümlerine eşdeğer nitelikte bir mekânsal ölçeğe sahiptir. Sonuç olarak, IKONOS yerel bir ölçekte bitki örtüsünü haritalamak veya diğer uzaktan algılama görüntülerden sınıflandırılan bitki örtüsünü doğrulamak için kullanılabilir (Goward ve diğerleri, 2003).

QuickBird uydusu da IKONOS'ta olduğu gibi oldukça hassas ve de yüksek çözünürlüklü (pankromatik görüntülerde 60-70 cm, multispektral görüntülerde 2.4 ve 2.8 m) görüntü elde etmek için uygundur. QuickBird 2008 yılına kadar metrenin altında bir çözünürlükte görüntü sunabilen tek uzay aracıdır. Bu araçtan elde edilen görüntülere ait veriler arazi ve varlık yönetimi, ekolojik modellemeler (vejetasyon haritalama dahil) gibi pek çok uygulamayı büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Özellikle küçük alanlarda (yerel ölçekte) özel konuları araştırmak için QuickBird görüntüleri kullanılır. Geniş alanları kapsayan çalışmalarda QuickBird görüntülerinin çeşitli özellikleri nedeniyle (esnek olmayan teknik özellikleri ve yüksek maliyet gibi) tercih edilmesi uygun olmamaktadır (Xie ve diğerleri, 2008). Wolter ve diğerleri (2005), Great Lakes (ABD)'e ait üç bölgedeki yarı batık sucul vejetasyonun haritalamasında QuickBird görüntülerini kullanmış ve QuickBird algılayıcılarından sağlanan verilerinin SAV sınıflandırması için çok faydalı olduğunu kanıtlamışlardır. Ormancılık alanında da böceklerin sebep olduğu zararları tespit etmek için QuickBird çoklu spektral görüntülerinin haritalama ve izlemedeki uygulanabilirliği değerlendirilmiş, QuickBird görüntülerinin böcekler tarafından hasara uğratılan ağaçların belirlenmesinde önemli bir rol oynadığı ortaya konmuştur (Coops ve diğerleri, 2006).

Yukarıda bahsedilen algılayıcıların yanı sıra başka algılayıcılar da vardır. Örneğin, ASTER, Terra uydusu üzerinde bulunan bir görüntüleme aracıdır. ASTER habitat örnekleri çalışmasında ayrıntılı arazi yüzeyi, yansıma ve yükseklik haritalarını elde etmek için kullanılmıştır (Tuttle ve diğerleri, 2006).

Uydu algılayıcıları tarafından algılanan görüntünün rengi, dokusu, tonu, deseni ve birleşme bilgisi gibi yorumlama elemanlarına dayanarak uydu görüntülerinin değerlendirme işlemi, uzaktan algılama ile bitki örtüsünün mozağının ortaya konması işlemidir. Bu işlem çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bitki örtüsü haritalaması ile ilgili genel adımlar, görüntü ön işleme ve görüntü sınıflandırmadır. Bitki örtüsü görüntülerinin çıkarılmasından önce uydu görüntülerinin önceden işlenmesi görüntü kirliliğini gidermek ve verilerin yorumlanabilirliğini artırmak için gereklidir. Bu, özellikle belli bir zaman içinde bir dizi görüntü kullanıldığında veya bir alanın birçok görüntü tarafından kapsanması durumunda geçerlidir. Çünkü bu görüntüleri mekânsal ve spektral olarak uyumlu hale getirmek önemlidir (Xie ve diğerleri, 2008). Hall ve diğerleri

(1991), görüntü ön işleminin ideal olarak gerçekleşebilmesi için ön işlemeden sonraki tüm görüntülerin aynı algılayıcıdan alınmış gibi görünmesi gerektiğini belirtilmişlerdir. Botanikçi ve ekoloğlara göre ise görüntü ön işleme uygulamasının bitki örtüsünü ortaya koymak için ön şartı olmasına rağmen, bu işlem her zaman gerekli olmayabilir. Çünkü bu ön işleme süreçleri kısmen görüntü dağıtım ajansları tarafından yapılabilmektedir. Bu nedenle, görüntü sağlanmadan önce görüntü dağıtıcısına danışılması ve görüntülerin hangi seviyede (genellikle seviye 0, 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B dahil) olduğu bilinmesi önerilmektedir. Örneğin, çoğu algılayıcı için seviye 3A; görüntüler için radyometrik düzeltme, geometrik düzeltme ve orto düzeltme işleminin gerçekleştirildiği anlamına gelmektedir. Görüntü ön işleme genellikle kötü hat değiştirme, radyometrik düzeltme, geometrik düzeltme, görüntü geliştirme ve maskeleme (örneğin bulutlar, su gibi konu dışı özellikler için) dahil olmak üzere bir dizi işlem içermektedir (Xie ve diğerleri, 2008).

Görüntü sınıflandırma işlemi uydulardan elde edilen ham verilerden farklılaştırılmış sınıf veya temaları (örneğin arazi kullanım kategorileri, vejetasyon tipleri) ortaya koyma işlemidir. Önceden işlenmiş görüntülerden bitki örtüsünün çıkarılması için teknikler geleneksel ve geliştirilmiş yöntemler olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Uzaktan algılama teknolojisine dayanan veriler kullanılarak vejetasyona ait değişik özellikleri (bitki örtüsünü haritalandırma dahil) inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Geerken ve diğerleri, 2005; Xavier ve diğerleri, 2006). Bununla birlikte, uzaktan algılama teknolojisi vejetasyon haritalamasında geleneksel yöntemlere göre muazzam avantajlara sahip olsa da, bu yöntemin oluşturduğu yetersizlikleri konusunda da net bir anlayışa sahip olmalıyız. Rapp ve diğerleri (2005), tarafından belirtildiği gibi, vejetasyon haritalarının sonuçlarını uzaktan algılama görüntüsünden kullanırken üç soru sorulmalıdır. Bu sorular; seçilen sınıflandırma sisteminin gerçek bitki topluluk kompozisyonunu ne kadar iyi temsil ettiği, uzaktan algılamadan gelen görüntülerin sınıflandırma içindeki her bir harita biriminin ayırt edici özelliklerini ne kadar etkili yakaladığını ve bu haritalama birimlerinin foto-tercümanlar tarafından ne kadar iyi tanımlandığıdır. Başka bir deyişle, uygun vejetasyon sınıflandırma sistemi, gerçek topluluk kompozisyonlarını daha iyi temsil etmek için çalışmaların amacına göre dikkatlice tasarlanmalıdır. Daha özelleşmiş olarak, daha iyi sınıflandırma doğruluğu için doğru bir vejetasyon sınıflandırma sistemi seçerken aşağıdaki hususlar dikkate

alınmalıdır (Rapp ve diğerleri, 2005): (i) belirsizliği azaltmak için sınıf tanımlarını düzeltmek, (ii) yerel vejetasyon desenlerinin karmaşıklığını daha iyi tanımlamak için yeni sınıflar eklemek ve (iii) daha yüksek bir sınıflandırma seviyesi kullanmaktır.

Uydulardan elde edilen görüntüler uzaktan algılama disiplinin tek coğrafi veri kaynağı değildir. Buna ilaveten taranmış ve sayısallaştırılmış haritalar, GPS arazi çalışmaları ve orto-fotoğrafik (üç boyutlu) hava fotoğrafları da uzaktan algılama ve CBS'nin bir bütün olarak kullanıldığı çalışmalar için uygundur. Özellikle uçaklara yerleştirilen kameralar vasıtasıyla elde edilen hava fotoğrafları uzaktan algılama tekniğinin önemli bir veri kaynağıdır (Buiten, 1993). Tarihsel hava fotoğraflarından elde edilen veriler uydu görüntüleri ile karşılaştırıldığında peyzajın daha uzun geçmişine ait ve daha detaylı ekolojik veri ve kıyaslama olanağı sağlamaktadır (Okeke ve Karnieli, 2006).

“Coğrafi varlıklara ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi ve gösterimi fonksiyonlarını bütün olarak yerine getiren bir donanım, yazılım ve kullanıcılar bütünüdür” şeklinde tanımlanan CBS (Anonim, 1992) ilk kez Kanada’da 1960’ların ortalarında kurulmuş daha sonra New York ve Minnesota Bilgi Sistemlerinin kurulmasıyla gelişmeye başlamıştır (Marble, 1990). CBS’de coğrafi varlıklar nokta (*point*), çizgi (*line*) ve alan (*polygon*) olarak temsil edilmekte ve bunlar ayrı tabaka veya kapsamlar (*coverage*) halinde düşünülmektedir. Örneğin; dere ve yol gibi varlıklar çizgi kapsamı olarak, göller veya bitki topluluklarına ait sınırlar alan kapsamı olarak temsil edilir. Bu katmanlarda temsil edilen coğrafi varlıkların öznitelik (*attribute*) olarak adlandırılan kendilerine özgü özellikleri vardır. Bir patika yolun eni, asfalt veya stabilize oluşu, bir gölün derinliği, bir otlak alanı oluşturan türlerin sayısı ile listesi ve otlak alanın büyüklüğü gibi bilgiler CBS’de öznitelik verisi olarak kabul edilir. Coğrafi varlıklara ait geometrik veriler vektör veri veya raster (uydu görüntüsü) veri olmak üzere coğrafi bilgi sistemlerine aktarılır (Scott ve diğerleri, 1993) ve kullanılan veri tipi raster teknik ve vektör teknik kavramları ile ifade edilir. Buna ilaveten her iki veri kaynağı da kombine edilerek CBS’de kullanılabilir. Raster tekniğe dayanan CBS’de coğrafi veri uydulardaki algılayıcılardan elde edilen uzaktan algılama verisi olan uydu görüntülerinin işlenmesi ile oluşturulur.

2.2. Uzaktan Algılama ve CBS Tekniklerinin Doğal Alanların Korunması, İzlenmesi ve Yönetilmesinde Kullanım Örnekleri

Günümüz dünyasında alan kullanımı değişikliklerinin, alan bozulması ve erozyonun, su kaynaklarının düzensiz kullanımının, istilacı türler ve etkilerinin, dinlenme ve eğlenme amaçlı rekreatif aktivitelerin yarattığı insan kaynaklı çevresel sorunlar yaşanmaktadır. Bunların sonucunda insan-öğle su ve besin döngülerinde sorunlar, buna bağlı küresel iklim değişikliği ile ilişkili su kıtlığı, kuraklık, tarımsal üretimde ve beslenmede yetersizlik, barınma ve sık sık yaşanan sel, fırtına, anlık aşırı yağış gibi felaketlerle karşı karşıya kalmaktadır.

Ripple ve diğerleri (2017, 2021), üst üste yayınladıkları makalelerde insanlığı çevresel yıkımı azaltmaya çağırmışlar ve “insanın büyük sefaletinden kaçınılacaksa, dünya ve üzerindeki yaşamı yönetmemizde büyük bir değişiklik yapılması gerektiği” konusunda manifesto yayınlamışlardır. Manifestolarında, insanların doğal dünya ile bir çatışma yönünde ilerlediğini ozon tabakasının incilmesi, tatlı su mevcudiyeti, deniz yaşamının tükenmesi, okyanus ölü bölgeleri, orman kaybı, biyolojik çeşitliliğin yok edilmesi, iklim değişikliği ve devam eden insan nüfusu artışı ile ilişkili olarak gezegenimizde mevcut, yaklaşmakta olan veya potansiyel hasar hakkında endişelerini dile getirmişlerdir. Araştırmacılar, mevcut gıda sisteminin getireceği sonuçlardan kaçınmak için acilen köklü değişikliklere ihtiyaç olduğunu ilan etmişlerdir.

Lambin ve diğerlerine (2001) göre, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliğinin nedenlerine ilişkin yaygın anlayış, birçok çevre geliştirme politikasının temelini oluşturan basit yaklaşımlara dayanmaktadır. Araştırmacılar, arazi örtüsü değişimine yol açan itici güçler hakkında bazı önemli öngörülerini izleyerek vaka çalışması kanıtlarıyla daha iyi desteklenen alternatif değişim yollarını önermektedirler. Buna göre, incelenen vakalarda dünya çapında arazi örtüsü değişikliğinin yegane ve başlıca sebebinin nüfus artışı ve yoksulluğun olmadığını; bunun yerine, insanların kurumsal faktörlerin aracılık ettiği ekonomik fırsatlara tepkilerinin arazi örtüsü değişikliklerini yönlendirdiğini; yeni arazi kullanımları için fırsatlar ve kısıtlamaların, yerel ve ulusal pazarlar ve politikalar tarafından yaratıldığını ve küresel güçlerin, yerel faktörlerin taleplerini arttırmasının ya

da azaltmasının arazi kullanımı değişikliğinin ana belirleyicileri haline geldiğini bildirmişlerdir.

Liu ve diğerleri (2018), gelecekteki arazi kullanımı ve iklim değişikliklerinin ekosistem hizmetlerinden olan azot ve fosfor arıtma, su temini ve toprağı tutması hizmetleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılara göre sonuçlar (1) gelecekteki arazi kullanımı değişikliklerinin, diğer hizmetlere kıyasla fosfor arıtma hizmetini azaltırken, azot arıtma hizmetini önemli ölçüde iyileştireceğini; (2) iklim değişikliğinin su temini ve toprağın tutulması üzerinde önemli etkileri olacağını, ancak bu etkilerin gelecek üç dönem boyunca farklı temsili konsantrasyon yolları senaryolarına göre değişiklik göstereceğini; ve (3) her ikisinin sebep olduğu birleşik senaryoların açıkça tüm ekosistem hizmetlerini etkileyeceği ve diğer üç hizmetten farklı bir azot arıtma hizmetine yol açacağını göstermektedir.

Güney Afrika'nın Savan ekosistemleri içinde yer alan odunsu ve otsu türlerin zayıf bir birliktelikle farklı büyüme özelliklerine sahip olduğunu; tarımsal üretim, turizm ve doğal kullanım yoluyla insanoğlunun yüksek derecedeki bağımlılığının Savan vejetasyon dinamiklerinin anlaşılmasını gerekli kıldığını bildiren Bunting ve diğerleri (2016), savanaların dayanıklılığını analiz eden çalışmaların, düzensiz odunsu örtülü sürekli otlaklardan biyolojik olarak daha az verimli arazilere kadar bitki örtüsü yapısındaki potansiyel durum değişikliklerini ortaya koyduğunu, bu ekosistemlerin en büyük sorularından birinin iklim değişikliğinin etkisi olduğu üzerinde durmuşlardır. Araştırmacılar yaptıkları analizler sonucunda peyzaj esnekliğinin yalnızca iklimin değişiminin şiddetinden değil, aynı zamanda bu tür sistemleri yönetme derecesinden de etkilendiğini saptamışlardır.

İklim değişikliğinin ve insan faaliyetlerinin otlak dinamikleri üzerindeki etkilerine ilişkin anlayışımızı geliştirmek gerektiğini, iklim değişikliğinin ve insan faaliyetlerinin otlakların bozulmasına neden olabileceği beklentilerinin giderek arttığını belirten Liu ve diğerleri (2019), mera dinamiklerini yansıtacak bir gösterge olarak net birincil verimliliği seçmişlerdir. Araştırmacılar iklim değişikliğinin ve insan faaliyetlerinin Çin'deki otlakalanlardaki net birincil verimlilik değişiklikleri üzerindeki göreceli etkilerini 2000-

2013 yılları arasında değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda, iklimin etkili olduğu yıllık net birincil verimlilikteki artış ve insanın etkili olduğu yıllık net birincil verimlilikteki düşüşün esas olarak Çin'deki altı tür otlaktan düz otlak alanlarda, çöl otlak alanlarında ve nemli çayırlarda meydana geldiği; sub-alpin nemli çayır ve iklimin etkili olduğu alpin ve sub-alpine'deki otlak alanların yıllık net birincil verimliliği azalırken insanın egemen olduğu alanlarda yıllık net birincil verimliliğinde bir artış olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu değişimleri özellikle yağış artışına bağlamışlardır.

Xie ve diğerleri (2008), yaptıkları derleme çalışmasında bitki örtüsünü sınıflandırmak ve haritalandırmak için uzaktan algılama görüntülerinin nasıl kullanılacağına dair genel bir bakış sunmuşlardır. Çalışmada vejetasyon haritalama ile ilgili temel kavramlar, kullanılabilecek görüntü kaynakları ve uzaktan algılamaya ilişkin sınıflama teknikleri tanıtılmış, analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Welch ve diğerleri (2002), ABD Ulusal Park Servisi'nin kaynak yönetimi faaliyetlerini desteklemek için Great Smoky Dağları Ulusal Parkı'nın ayrıntılı bitki örtüsü veri tabanı ve ilgili haritaları hazırlamışlardır. Çalışılan milli parkın 2000 km²'den fazla engebeli, ormanlık bir alan olduğunu belirten araştırmacılar, ayrıntılı bitki örtüsü veri tabanları ve ilgili haritaların 1700 m'yi aşan bir arazi engebелiliğine ve parkın %95'inden fazlasının sürekli bir orman örtüsüne sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar sırasıyla 1:12 000 ve 1:40 000 ölçekli renkli kızılötesi hava fotoğraflarının üst ve alt bitki örtüsünün haritalanması için birincil veri kaynağı olarak kullanılması gerekliliğini, analog fotoğraf yorumunun hem dijital elektronik fotogrametri hem de CBS ile bütünleştirilmesini gerektirdiğini ortaya koymuşlar; bitki örtüsü veri tabanının ve ilgili büyük ölçekli harita uygulamalarının yönetim faaliyetleri ile ilgili bitki örtüsü modellerinin değerlendirmelerini ve orman yangın riski durumlarını kapsadığını bildirmişlerdir.

Díez-Garretas ve diğerleri (2019), Iber yarımadasının (İspanya) kıyı ekosistemlerindeki bitki örtüsünün mekânsal ve zamansal boyutundaki değişimleri RENPA'ya dahil 3 farklı alanda, 1956-57 yıllarına ait hava fotoğrafları ile 2013 yılına ait uydu görüntülerinden elde edilen veriler ve CBS tekniklerini kullanarak haritalar oluşturup karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, yaklaşık olarak 60 yılda meydana gelen değişikliklerin izlenmesi için bir

veritabanı oluşturmışlar ve ortaya çıkan değişiklik ve etkilerin bölgedeki antropojenik faaliyetler ile bağlantılı olduğunu vurgulamışlardır. Araştırma sonunda Marbella kumul ekosisteminin bu değişiklikten en çok etkilenmiş olsa da, Güney İspanya'daki korunan alanlar içerisinde *Juniperus macrocarpa* topluluklarının en iyi örneğini içerdiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, bitki örtüsünde meydana gelen alansal ve zamansal değişimlerin belirlenmesinde uydu görüntüleriyle belirlenen bitki örtüsü indeksinin de kullanıldığını. vejetasyon indeksi de denilen bitki örtüsü indeksinin, uydu algılayıcılarınca bitkiler tarafından emilen ve yansıtılan ışığın dalga boylarını ölçerek belirlendiğini bildirmişlerdir.

Nordberg ve Evertson (2005), 1984 ve 1994 yıllarına ait Landsat 5 TM® verileri ve 2000 yılına ait Landsat 7 ETM+® verilerini kullanarak İsveç dağlarının artan sömürsünden kaynaklanan bitki örtüsü azalmalarının gösterilebileceğini daha önce hiçbirinin bulunmadığı çıplak humus veya toprak parçalarını bir gösterge olarak kullanarak ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar çalışmada, uydu verilerinde kullanılan görüntü regresyonu ile birlikte normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksini kullanmışlardır. Çalışma sonunda, normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksininin, dağlık kurak fundalık topluluklarının kapladığı hassas bölgede yüksek dağ ekosistemlerinde bitki örtüsü azalması olmayan alanlardan bitki örtüsünün azaldığı alanları önemli ölçüde ayırabildiğini ortaya koymuşlardır.

Yang ve diğerleri (2020), kaynak odaklı bir koruma ile planlama yaklaşımı benimsediğinden, Çin'in milli parklarının, sürekli peyzaj parçalanması ve bozulmasının engellenemediğini, bunun yerine bütünlüğünü korumak için peyzajın karakterize edilmesi gerektiğini önermişlerdir. Araştırmacılar, bu amaçla Lushan Ulusal Parkı ve çevresindeki peyzaj karakterize eden tiplerin ve alanların hiyerarşik bir tanımlamasını yapmak için geniş ölçekte, peyzaj tiplerinin örtü, toprak, bitki örtüsü ve yükseklik; orta ölçekte, bakı, eğim, relief durumu, miras yoğunluğu, jeoloji ve arazi kullanımı şeklinde peyzaj tiplerini altı doğal ve kültürel özelliğine göre raster veri setleri ile belirlemişlerdir. Araştırma sonunda, ayrıntılı ölçekte, peyzaj tipleri ve kültürel özellikleri iki raster (bina yoğunluğu, görsel etki) ve bir vektör (zaman derinliği) veri seti ile sınırlandırıldığını; bu

çok ölçekli tanımlamanın, bölgenin hem mekânsal hem de idari boyutlarda bütünleştirilmesini kolaylaştıran iç içe geçmiş bir çerçeve sağlayacağını belirtmişlerdir.

Fava ve diğerleri (2016), tarafından yapılan bir çalışmada ise İtalya'nın Sardinya adalarında farklı yıllara ait veriler ile Akdeniz'de bozulmuş meralarda gerçekleştirilen farklı yönetim eylemleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada 1954, 1977 ve 2006 yıllarında alınan hava fotoğrafları ile Uzaktan Algılama verileri değerlendirilmiş ve vejetasyon haritaları hazırlanmıştır. Araştırmacılarca hazırlanan veri tabanı değerlendirildiğinde restorasyon çalışmalarının restorasyon çalışması yapılmayan alanlara göre odunsu bitki örtüsünün gelişimini arttırdığı gözlemlenmiştir; sonuç olarak bu yaklaşımın Akdeniz ekosistemlerinde peyzaj restorasyonunun planlanmasında coğrafi ve ekolojik anlamda daha geniş boyutta düşünülebileceği vurgulanmıştır.

Han ve diğerleri (2019), Güneybatı Çin'in subtropikal bölgesindeki potansiyel arazi bozulmasını değerlendirmek için Avrupa Birliği tarafından uygulanan MEDALUS yaklaşımını ve CBS tekniklerini kullanarak bir model geliştirmişlerdir. Bu model ile mevcut alandaki çevreye duyarlı bölgeleri tanımlayan araştırmacılar, bozulan alanları bölgesel ölçekte ortaya koymuşlar; CBS teknikleri ile katmanlar halinde girilen bitki örtüsü, toprak, iklim ve antropojenik faaliyetleri kapsayan 15 parametreyi içeren haritalar hazırlamışlardır. Çalışma sonunda, araştırmacılar bu çalışmada uygulanan değerlendirme modelinin etkili yönetim önlemlerinin belirlenmesinde ve arazi bozulmasının önlenmesine yönelik karar vermede temel bir kaynak olabileceği üzerinde durmuşlardır.

Jun ve diğerleri (2020), Kuzeybatı Çin'in iç kesiminde yer alan Shule Nehri Havzasına ait uzaktan algılama görüntü verilerini kullanarak alanın 1968 ve 2011 yılları arasındaki bitki örtüsü değişim haritalarını hazırlamışlardır. Araştırmacılar CBS tekniklerini kullanarak alandaki faktörler ile bitki örtüsündeki zamansal ve mekânsal özellikleri değerlendirmişlerdir. Shule Nehri Havzası'nın bitki örtüsü kapsama endeksinin yükselme eğilimi gösterdiği, buna karşın farklı zaman dilimlerinde ve farklı bölgelerde farklılıkların olduğu saptanmıştır; Shule Nehri Havzasında bitki örtüsü ile yağış ve yaz sıcaklığı arasında önemli bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Kanarya Adaları'nın kurak alanlarındaki plajların mevcut vejetasyonu daha önce yapılmış CBS'ye dayalı bir veritabanı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz ile insan işgalinin etkileri ve plaj kullanıcılarının peyzaj tercihleri ilişkilendirilmiştir. Bu çalışma sonuçlarının, sahillerde çevresel sürdürülebilirlik stratejileri oluşturulabilmesi için bir sonraki çalışmalara temel oluşturacağı ifade edilmiştir (Peña-Alonso ve diğerleri, 2019).

Pezzi ve diğerleri (2011), Kuzey Apennines (İtalya)'te eski kadastro haritaları (200 yıl önce hazırlanan) ve hava fotoğraflarını analiz ederek *Castanea sativa* (kestane) alanlarını incelemişlerdir. Çalışmada dikkate alınan alanın 1995 yılında NATURA 2000 ağının bir parçası ve 2004 yılında Biyocoğrafî Kıta Bölgesi'nde Özel Koruma Alanı olarak sınıflandırıldığını belirten araştırmacılar, alana ait 1807 ve 1924 yılı kadastro haritalarını ve 1954, 1971 ve 2005'deki hava fotoğrafları sayısallaştırılıp CBS teknikleri kullanılarak arazi kullanımı ve *Castanea sativa* türünün peyzaj değişim analizleri yapıldığını bildirmişlerdir. Kestane ağaçlarının varlığının geçmiş insan yerleşimleri ile büyük ölçüde bağlantılı olduğunu tespit eden araştırmacılar, bu türün biyolojik çeşitliliğe, kültürel mirasa ve eko-turizm potansiyeline sahip olduğuna vurgu yapmışlardır.

Roy ve diğerleri (2019), tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın Odisha sahili boyunca mangrove ormanları uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak haritalanmıştır. Çalışma kapsamında Landsat-5 TM (1990 ve 2009 yıllarına ait), Landsat-7 ETM+ (2000 yılı) ve Landsat-8 Operasyonel Arazi Görüntüleyici (2015 yılı) görüntüleri değerlendirilmiş olup NDVI, SAVI ve NDWI kullanılarak mangrov ormanlarının mekânsal ve zamansal değişimlerinin analizlerini içeren haritalar hazırlanmıştır. Araştırmacılar, uydu görüntü işleme ile hazırlanan bu haritaların Mangrove plantasyonlarının mevcut durumu ve gelecekteki korunması için zamanında kararlar alınmasına yardımcı olacağını ifade etmişlerdir.

Roşca ve diğerleri (2019), Romanya'daki Karpat Dağlarında Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri ile 1987-2018 yılları arasındaki 30 yıllık Landsat uydu görüntülerini kullanarak *Pinus mugo* örtüsünün haritasını mekânsal ve zamansal analize göre hazırlamışlardır. Araştırmacılar analiz edilen zaman periyodu içinde *Pinus mugo* örtüsünde antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan %27'lik bir azalma olduğunu; çalışma alanının NATURA

2000'in korunan alanlarından olduğu göz önünde bulundurulduğunda, alpin bölgelerinin ekolojik ve ekonomik işlevlerini değerlendirmek ve özel koruma önlemlerini belirlemek amacıyla yerel kamu kuruluşları tarafından elde edilen sonuçların dikkate alınması gerekliliğini vurgulamışlardır. Çalışma sonucunda mekânsal ve zamansal analiz modelinin yapılandırıldığı, girilen veri tabanlarının türü ve yapısı (vektör, raster, sayısal) sayesinde bu çalışmada sunulan modelin benzer çevresel bileşenlere sahip alanlarda başarılı bir şekilde tekrarlanabilir ve uygulanabilir olduğu belirtilmiştir.

Kayak merkezlerinin hem inşaat hem de işletme aşamasında ortaya çıkan önemli çevresel etkilerle karakterize edildiğini belirten Geneletti (2008), Trentino (Kuzey İtalya)'da bulunan tanınmış bir kayak merkezinde kış turizmi ile güçlü bir şekilde bağlantılı iki vadide (Fiemme ve Fassa Vadileri) kayak alanlarının etkilerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için bir araştırma yürütmüştür. Araştırma, ekosistem kaybı ve parçalanması, toprak erozyonu, jeomorfolojik tehlikeler, flora ve faunaya müdahale ile görünürlük gibi kritik etkileri tahmin etmek ve ölçmek için CBS tekniklerini kullanarak mekansal göstergelerin hesaplanması yöntemine dayanmaktadır. Araştırmacı bileşik endeksler oluşturmak ve kayak alanlarını genel uygunluklarına göre sıralamak için çok kriterli analizler uygulamış, duyarlılık analizleri ile sonuçların kararlılığını test etmiştir. Çalışma sonunda, önerilen kayak alanlarından ikisinin oldukça uygun olmayan çevrede yer aldığı ve ilgili plan hükümlerinin revize edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Tracz ve diğerleri (2019), tarafından Polonya'nın (Flysch) Karpat dağları bölgesindeki yaklaşık 13 000 hektarlık bir alanda arazi yüzeyindeki bozulma durumunu belirlemek için CBS tekniklerinden olan yüksek çözünürlüklü DEM ile haritalar hazırlanmıştır. DEM veri işleme yönteminin ağaç kesme sürecinde mikro habitat yönetimi ve ormanlık alanlardaki heyelan bölgeleri üzerinde biyolojik çeşitlilik oluşum süreçlerine ilişkin bilimsel araştırmalarda kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur.

Tomczyk (2011), korunan doğal alanlarda yürüyüş, günübirlik doğa yürüyüşü (hiking), ata binme, bisiklete binme gibi rekreasyonel etkinliklerin bitki örtüsünün çiğnenmesi ve toprak erozyonuna yol açtığını belirtmiştir. Araştırmacı, çevresel duyarlılığı değerlendirmek için Polonya'nın Gorce milli parkında bitki topluluklarının ayak altında

ezilmeye karşı hassasiyeti ile toprağın erozyon süreçlerine karşı hassasiyetini kullanarak CBS teknikleri ile mekânsal modelleme yapmıştır. Araştırma sonunda Gorce Milli Parkı alanının %50'sinin patika etkisine karşı potansiyel olarak orta veya düşük çevresel duyarlılığa sahip olmasına rağmen rekreasyon parkurlarının ve orman yollarının %36'sından fazlasının hassas alanlarda inşa edildiğini ve bu yolların oyuntu erozyonuna karşı oldukça hassas olduğunu bildirmiştir.

Meusburger ve diğerleri (2010), Alpin bölgelerdeki toprak erozyon oranlarının risk ve bozulmanın değerlendirilmesini zorlaştıran mekânsal çeşitliliğin yüksek oluşu ile ilişkili olduğunu; toprak erozyonu ile ilişkili uydu görüntülerinden tanımlanabilen önemli bir parametrenin FVC olduğunu belirterek NDVI, LSU ve MTMF indekslerinin uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar LSU indeksinden türetilen FVC indeksinin erozyon özelliklerini (örn. heyelanlar) ve toprak erozyonuna yatkın alanları başarıyla tanımladığını ve FVC'nin alpin otlaklarda toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi için önemli ancak sıklıkla ihmal edilen bir parametreyi temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Mohapatra ve diğerleri (2019), Himalaya'nın alpin ekosisteminde, habitat heterojenliği ile tür çeşitliliğini yöneten bazı önemli faktörleri öngörerek topluluk düzeyinde bilgi teorisine dayalı tür biyoçeşitliliği ve peyzaj düzeyinde habitat heterojenliğini incelemişlerdir. Araştırmacılar yükselti arttıkça tür zenginliğinin azaldığını; daha yüksek güneş almasına rağmen soğuğa ve birkaç türün baskınlığına yol açan yükselti artışının güney yönlerini daha yüksek kotlarda daha az çeşitli hale getirdiğini; hem yükseklik gradyanları hem de mikro iklim koşullarının Himalaya'nın biyolojik çeşitliliğini açıkladığını; biyoçeşitlilik değerlendirmesinde alan düzeyine yaklaşmak için daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip uydu verilerinin kullanılmasına ihtiyaç olduğunu; spektral varyasyon hipotezinin Himalaya'nın alpin ekosisteminde geçerli olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Resourcesat-2 görüntülerini kullanarak geniş bir alan üzerinde peyzaj çeşitlilik modellerinin haritalandırılmasının, koruma kararları için faydalı bilgiler sağlayabileceğini öne süren araştırmacılar, uydu verilerinin uzamsal çözünürlüğünün, gerçek uzamsal heterojenliğin bulunduğu alanda toplanan verilere karşılık

gelmeyebileceğini, ancak uzaktan algılama, farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde tür çeşitliliği haritaları sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Nepal ve Nepal (2004), Nepal'deki Sagarmatha (Everest Dağı) Ulusal Parkı'nda ziyaretçi kullanımının ve çevresel özelliklerin patika koşulları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar CBS tekniklerini mekânsal etki modellerini analiz etmek için kullanmışlar; sonuçta ziyaretçi kullanımı ile patika bozulması arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterdiğini, konumsal ve çevresel faktörlerin eşit derecede önemli değişkenler olduğunu vurgulamışlardır. Çalışma sonunda, insan kaynaklı patika hasarı ile doğal faktörlerin etkileri arasında net bir ayırım yapabilen daha sistematik ve deneysel çalışmalara ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Arazi kullanımının sel riskini çeşitli yollarla etkilediğini ifade eden Hohensinner ve diğerleri (2021) Avusturya havzalarındaki Ren, Salzach ve Drava nehirlerinin arazi örtüsü/kullanımları, 1826'dan 1859'a kadar olan tarihi kadastro haritalarına dayanarak, CBS teknikleri ile arazi parselleri düzeyinde yeniden oluşturmuşlardır. Araştırmacılar havza genelinde yaptıkları analiz sonucu yerleşim alanlarının altı kat arttığını, ekilebilir arazilerin %69 oranında azaldığını ve 2016 yılına kadar önceden buzulla kaplı alanların %73 oranında küçüldüğünü ortaya koymuşlar; arazi kullanımlarının yoğun biçimlerinin daha düşük rakımlarda yoğunlaşması, daha az yoğun kullanılan, doğala yakın arazi örtüsü biçimlerinin yukarı doğru kayması ile birleştiğinde, uzun vadede Alpin peyzaj özelliklerinin hem mekânsal hem de dikey olarak ayrılmasına yol açtığı ve ayrıca iklim değişikliğine bağlı olarak da daha yüksek sıcaklıkların alpin bitki örtüsünün yukarı doğru kaymasını desteklemesinin beklendiğini bildirmişlerdir.

Potůčková ve diğerleri (2021), dağ ekosistemlerinin küresel değişime ve insan kaynaklı bozulmaya duyarlı olduğunu düşünerek Çek Cumhuriyeti'ndeki Krkonoše Dağları'ndaki arktikalpin tundra bitki örtüsünün dinamiklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar son seksen yılda çalışma alanının %44'ünde arazi örtüsü sınıflarında değişiklik olduğunu; doğal ve dikilmiş *Pinus mugo*'nun 1936 dan 2018'e kadar kapladığı alanların genişlediğini otlak alanların ve buzul alanların kapladığı alanların önemli oranda düştüğünü; çalı istilasının geçmişte çamın yapay olarak dikilmesinin yanı sıra daha

önceki çiftçiliğin (biçme ve sığır otlatma) durdurulmasından ve büyük olasılıkla da küresel değişimden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda hem bodur çam meşcereleri hem de tundra otlaklarının yüksek koruma değerine sahip (Natura 2000 habitatları) olması nedeniyle, farklı doğa koruma amaçları arasında bir dengenin sağlanmasını öneren araştırmacılar uzaktan algılama analizlerinin ayrıntılı mekânsal-zamansal net çıktılarının ilgili yönetim planlarının hazırlamasında doğanın korunması için bir temel olarak hizmet edebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Batı Afrika'da yer alan Güney Gana bölgesinde yapılan bir çalışmada 1999 ve 2018 yılları arasında orman alanındaki değişimler ve bozulmalar CBS teknikleri kullanılarak tespit edilmiştir. Bu kapsamda, 19 yıllık veri serileri ile Landsat 7 ve Landsat 8 görüntüleri kullanarak haritalar hazırlanmıştır. Çalışma alanında SVVI adı verilen yeni bir bitki örtüsü indeksi bileşimi temel alınarak etkili ve verimli bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Çalışmada uygulanan haritalama yöntemlerinin arazi kullanım değişikliklerini izlemek için oldukça etkili bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (Tsai ve diğerleri, 2019).

Zorrilla-Miras ve diğerleri (2014), Avrupa'nın en büyük sulak alanlarından biri olan güneybatı İspanya'nın Doñana bataklığı ve halicinde 1918-2006 yılları arasında arazi kullanım dönüşümleri ile ekosistem hizmetlerindeki değişiklikleri değerlendirmişlerdir. Arazi kullanım değişikliği analizi için 1918-1954, 1955-1977, 1978-1997 ve 1998-2006 yılları arasındaki her bir çalışma dönemi için CBS teknikleri ile haritalar oluşturulmuştur. Doñana bataklıklarının %70'i tarımsal faaliyetlerle işgal edilirken, %29,5'i dönüştürülmemiş ya da Doñana Ulusal Parkı içinde restore edilmiş olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar ekosistem hizmetleri ve arazi kullanım değişikliklerinin etkilerini değerlendirmek için biyofiziksel ve sosyal yöntemleri bütünleştirmenin uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Knight ve diğerleri (2013), yıl boyunca gerçekleştirilebilecek 52.000 km²'lik Albemarle-Pamlico (North Carolina ve Virginia, ABD) nehir ağzı sistemi üzerinde bitki örtüsü fenolojisine dayalı arazi örtüsü sınıflandırması potansiyelini incelemişlerdir. Araştırmacılar, çok zamanlı görüntü analizi yaklaşımını desteklemek için 2001 takvim yılı boyunca MODIS-NDVI 250 m 16 günlük bileşik veriler kullanılarak geleneksel

hiperspektral görüntü sınıflandırma tekniklerini uygulamışlardır. Araştırmada, MODIS 250 m piksellerine karşılık gelen 31 322 örnekleme alanı için ayrıntılı karışık piksel örtü tipi verileri sağlayan arşiv hava fotoğrafçılığı kullanılarak bir referans veritabanı geliştirilmiştir. Sınıflandırma için doğruluk tahminleri, sınıflandırmanın genel doğruluğunun çok heterojen pikseller için %73 iken yalnızca homojen pikseller incelendiğinde %89'a yükseldiğini bildiren araştırmacılar, bu doğruluk oranlarının, çok daha yüksek uzaysal çözünürlük verileri kullanan benzer sınıflandırmalarla karşılaştırılabilir olduğunu ve sonuçların çok zamanlı gözlemlerin eklenmesine rağmen, nispeten kaba çözünürlüklü verilere önemli bir değer kattığını göstermişlerdir.

CBS'ye ve vejetasyon tetkiklerine dayanan bir mekânsal-jeoekolojik çerçeve ulusal parkların yaban hayatı habitat değerlendirmesi için geliştirilmiş ve Kore'deki Sorak Dağı Milli Parkı'nın temsili bir engebeli vadi alanına Hong ve diğerleri (2004) tarafından uygulanmıştır. Bir ekotop haritası orman bitki örtüsü tipi, topografik güneş radyasyonu, NDVI, yükseklik, akarsular ve yollar gibi antropojenik faktörler değişken olarak belirlenmiş; CBS değişken katmanları, saha araştırmaları, modelleme, uydu görüntüleri veya dijitalleştirme ile üretilmiştir. Engibeli vadi alanındaki bitki örtüsü türlerinin daha ince ölçekli dağılımını belirlemek için bitki örtüsü araştırmaları yapılmıştır. Ortaya çıkan ekotop haritası kullanılarak bir habitat değerlendirmesi alan çalışması yapılmıştır. Çalışma ile potansiyel goral (Himalaya keçisi) habitat ve bitki örtüsü özelliklerinin mekânsal dağılımı tahmin edilmiş ve restorasyon planlaması için insan izlerinin komşu bitki örtüsü üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Araştırmacılar, yaban hayatı habitat değerlendirmesi için geliştirilen CBS tabanlı çerçevenin, Kore'deki milli parklarda doğal kaynak yönetimi ve insan faaliyeti kontrolü için faydalı olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang ve diğerleri (2018), Çin'in Xinjiang Uygur Özerk Bölgesi'ne bağlı Jinghe ilçesinde son 25 yılda arazi kullanımı/örtü değişikliğinden kaynaklanan ekolojik riski ortaya koymak için peyzaj bozulma endeksini peyzaj parçalanmasıyla birleştirerek bir ekolojik risk endeksi geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, peyzaj ekolojisi kuramına dayalı olarak çalışma alanı için 116 ekolojik risk değerlendirme birimi oluşturarak, arazi kullanımı/örtü değişikliği verilerine dayalı olarak ekolojik riskleri değerlendirmek için zamansal ve

mekansal bir model geliştirmişlerdir. Araştırma sonuçları, arazi kullanımı/örtü değişikliğinin son 25 yılda önemli ekolojik ve çevresel risk oluşturduğunu göstermiştir.

Son yıllarda doğal alanlarda bozulma hızla artarken bu alanların geri kazanılmasında ekolojik restorasyon uygulamaları yapılmaktadır. Restorasyon uygulaması uzun soluklu ve belli sürede izlenmeyi gerektirmektedir. Ekolojik restorasyon talebi ve ölçeği küresel boyutta artarken etkinliğin izlenmesinin önemli bir zorluk olmaya devam ettiğini belirten Camarretta ve diğerleri (2020), pasif (örn. optik) ve aktif (örn. LİDAR) algılayıcılar ile ilgili kilit konumundaki kaynakçayı ve etkinliğin izlenmesiyle ilgili ağaç ve meşcere düzeyinde yapısal nitelikleri belirlemek için kullanılan mevcut platformları (insansız hava araçlarına kadar varan uzaktan algılama) derleyerek, ormancılık ve koruma ekolojisinde bu tür teknolojilerin uygulanmasına ilişkin örnekler olsa da arazi bozulmasını tersine çevirmede ekolojik restorasyon eylemlerinin etkinliğini izlemek için uzaktan algılamaya ilişkin çok az rapor bulunduğunu, uzaktan algılama kullanarak peyzaj düzeyinde restorasyon etkinliğini izlemek için benzeri görülmemiş bir fırsat bulunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Manier ve Laven (2002), tekrarlı fotoğrafları kullanarak, 20. yüzyılda (80-100 yıl) Colorado'daki Rocky dağlarının batı yamacındaki orman örtüsündeki değişikliklerin niteliksel ve niceliksel analizlerini ortaya koymuşlardır. Nicel analizde, eşleştirilmiş görüntüler uzaktan algılama ve CBS kullanılarak sınıflandırılmış; karşılaştırmalar toplam oransal örtü, ortalama nispi yama boyutu ve ana bitki örtüsü tipi başına yama sayısı olmak üzere üç peyzaj ölçeği kullanılarak yapılmıştır. Peyzaj deseninde ve ormanların yapısında birkaç önemli değişiklik kaydeden araştırmacılar; serpiştirilmiş, ormanlık olmayan meraların kapladığı nispi alanın önemli ölçüde azaldığı ve peyzajın genelinde toplam orman örtüsünün (hem titrek kavak, *Populus tremuloides* Michx. hem de iğne yapraklı türler, özellikle *Abies lasiocarpa* (Hook.), Nutt. ve *Picea engelmannii* Parry) önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Buna ek olarak yama sayısı ve yama boyutu dağılımı gibi diğer peyzaj özelliklerinde de önemli değişiklikler olduğu; bu verilere göre, birçok durumda, bu yerlerin çoğunda peyzaj yapılanmasında önemli, gözlemlenebilir bir değişiklik olduğu ve bunun sonucunda erken seral topluluklarının kapsamında bir azalmanın ve kapalı gölgelik orman topluluklarında bir artışın olduğu sonucuna varılmış;

araştırmanın yapıldığı zamanda, kavağın bölgedeki örtülülük derecesinde bir azalmanın olmadığı bildirilmiştir.

Crist ve diğerleri (2000), arazi kullanımı geliştirmeye dayalı habitat değişikliğinin, biyolojik çeşitlilik kaybının önde gelen nedeni olduğunu ve ABD'deki yasaların, yerel arazi kullanım planlaması ve düzenlemesinde biyolojik çeşitliliğin dikkate alınmasını gerektirse de, yerel yönetimlerin izin verilen arazi kullanımlarından kaynaklanan biyotik etkileri rutin olarak dikkate alacak veri, kaynak ve uzmanlığa sahip olmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle USGS kurumunun GAP'gan gelen verileri ile CBS ortamındaki diğer verileri kullanarak pilot biyoçeşitlilik uzman sistemi geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, GAP ve gelişmiş masaüstü CBS'nin varlığı böyle bir sistemi geniş uygulama için uygun hale getirirse de, böyle bir sistemin sonuçlarını bilimsel olarak sağlam, bilgilendirici ve düzenleyici süreci güvenilir kılmak için devam eden önemli araştırmaların gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonunda araştırmacılar, biyoçeşitlilik üzerinde etkinin değerlendirmesinde yerel yönetimin katılımına, biyoçeşitlilik karar destek sistemine duyulan ihtiyacın bir prototip sistemin geliştirilmesi ve sağlam ve güvenilir bir sistemin geniş çapta uygulanması için bilimsel verilere gereksinim olduğu sonucuna varmışlardır.

Štípková ve diğerleri (2017), CBS teknikleriyle birlikte kullanılan modellerin, örneğin orkideler gibi nadir türlerin ortaya çıkışlarını tahmin etmek için özellikle önemli ve değerli olduğunu belirterek Çek Cumhuriyeti'ndeki Jeseníky Dağları'ndan alınan orkide türlerinin ortaya çıkış verilerini analiz etmek için tür dağılım modellerini orkideler için kullanmışlardır. Araştırmacılar elde ettikleri verilerin tür dağılım haritaları üreten ve böylece henüz bilinmeyen yerlerde orkidelerin potansiyel varlığının tahmin edilmesini sağlayan MaxEnt programı kullanılarak analiz edildiğini; bu programın aynı zamanda tür dağılımını etkileyen çevresel faktörleri de belirlediğini ve bunun orkidelerin daha iyi korunması için önemli olabildiğini, çünkü bu faktörlerin bilinmesiyle yeni yerleşim yerleri bulunabileceğini veya orkide yerleşimlerinin bakımı için çok önemli olan yönetim planları geliştirilebileceğini belirtmişlerdir. Çalışma sonunda, bu yaklaşımın yeni orkide bölgelerinin bulunmasına ve nesli tükenmekte olan orkidelerin ortaya çıkışının hangi

çevresel faktörler tarafından etkilendiğinin anlaşılmasına yardımcı olabileceği ileri sürülmüştür.

Pandey ve diğerleri (2021), Hindistan'ın Uttarkand bölgesindeki Batı Himalayaların alpin otlakalanlarındaki bitki örtüsünü belirlemek için uzaktan algılama ve CBS'yi kullanmışlar ve toplam 4 949,25 km²'lik alanı kaplayan bölgede, farklı otlakalan örtü yüzdesinin olduğunu; 4000 m'nin altında *Danthonia* çayırlarının ve 4 000 m'nin üzerinde *Kobresia* saz çayırlarının egemen olduğunu; alpin kuşakta 1 056 km²'den fazla otlak alanın %10'dan daha az otlak örtüsüne sahip olduğunu ve bu durumun da daha yüksek oranda bozulmuş ve soğuk çöl alanlarını temsil ettiğini ve sadece 565,69 km²'lik alanın zengin biyolojik çeşitlilik ve otlatma için son derece elverişli olan %60'tan fazla çim örtüsüne sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu araştırmanın amacını, otlakalanların insanlar için karbon depolama, gıda üretimi, tarım ürünlerinin tozlaştırılması, bozulmanın dengelenmesi gibi çeşitli hizmetler sağlayan ve hayvancılık için önemli bir yem kaynağı olan dünyanın en kapsamlı karasal ekosistemleri olmasına rağmen, meraların günümüzde arazi kullanım değişikliği, yoğun tarım, arazi terki ve iklim değişikliği nedeniyle en çok tehlike altındaki ekosistemlerden biri olmasına dayandırmışlardır.

Günümüzde ekoturizmin hızla gelişmesine bağlı olarak özellikle korunmuş alanlara ziyaretçi sayısında önemli artışlar görülmektedir. Birçok korunan alandaki popüler aktiviteler arasında yürüyüş, kampçılık, dağ bisikleti ve doğal yaşamı izleme yer almaktadır. Özellikle ziyaretçilerin konakladığı ya da yürüdüğü alanlarda meydana gelen zararları en aza indirmek için hassas habitatları, su kaynaklarını ve biyolojik çeşitliliği korumak adına planlama ve denetim sağlamak için doğal veriler CBS teknikleri kullanılarak ortaya konulmaktadır.

Nahuelhual ve diğerleri (2013), Güney Şili'de yer alan ve Chiloé Archipelago bölgesinin Chiloé Adası ile Valdivian Ilıman Yağmur ormanı Ekobölgesini içeren Ancud şehrinde, belirli mekansal kriterlerle temsil edilen tekil doğal kaynaklar, doğal güzellik, erişilebilirlik, turizm çekicilik kapasitesi ve turizm kullanım yeteneğini dikkate alarak rekreasyon ve ekoturizm için haritalar hazırlamışlardır. Haritaların, turizm otoriteleri

tarafından rekreasyon gelişimi için kabul edilen alanların dağılımı ile oldukça tutarlı (yani, sembolik flora ve faunaya sahip alanlar ve kamu ve özel koruma alanlarının varlığı) olduğunu bildiren araştırmacılar, genel olarak arazi kullanım planlamasına ilişkin yerel karar verme sürecini bilgilendirmek için rekreasyon alanlarını belirlemede önemli bir potansiyel gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Barros ve diğerleri (2015), doğaya dayalı turizm ve rekreasyon faaliyetlerinin bir dizi çevresel etkisinin olduğu ve çoğu korunan alan yönetiminin bunları değerlendirme kapasitesinin sınırlı olması gerekçesiyle, nerede ve hangi etkilerin izleneceğini ve yönetileceğini öncelikli kılmak için, rekreasyon ekolojisi araştırmasını, dağcılık ve doğa yürüyüşü için kullanılan popüler bir koruma alanı olan Arjantin'in And dağlarındaki Aconcagua Eyaleti Parkı (2 400 - 6 962 m rakımlarda) için ziyaretçi kullanımı ve temel çevresel özellikler hakkındaki verileri birleştirerek CBS ile değerlendirmişlerdir. Araştırmada, olası ekolojik etkileri belirlemek için faaliyet türlerine, kullanım miktarına ve yükseklik bölgelerine göre bu verileri analiz edilmiş olup ziyaretçilerin parkın sadece %2'sini kullandığını, ancak kullanımın, dağ çayırıları ve buzul gölleri dahil olmak üzere yüksek koruma değeri olan alanlarda yoğunlaştığını belirten araştırmacılar, elde ettikleri sonuçların kilit konumdaki etkilerin yerinde değerlendirilmesi için öncelikli alanları belirlemede ziyaretçi verilerinin nasıl kullanılabileceğini ortaya konduğunu bildirmişlerdir.

Stolton ve Dudley, (2010)'e göre koruma alanları, artık sadece sahip olduğu ikonik manzaraları ve deniz manzaralarını korumak ve nesli tükenmekte olan vahşi yaşam için yaşam alanı sağlamağa yönelik değil, aynı zamanda yerel toplulukların geçim kaynaklarına katkıda bulunmak, turizm gelirleri yoluyla ulusal ekonomileri desteklemek, balıkçılığı yenilemek ve diğer birçok işlevlerinin yanı sıra iklim değişikliğinin hafifletilmesi ile iklim değişikliğine uyum sağlanmasında önemli bir rol oynamak için oluşturulmaktadır.

Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Hatila Vadisi Milli Parkı'nda orman yollarının yürüyüş rotası olarak uygunluğunu belirlemek amacıyla Turgut ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırmada değerlendirme kriteri olarak kullanılan göstergeler, Milli Parkın

doğal özellikleri ve peyzaj değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada ana parametreler olarak rota uzunluğu, eğim, yükseklik, bakı, yürüme süresi, peyzaj kalitesi ve temiz suya erişim ile çok kriterli bir karar analizi kullanılmış; parametreleri ve yürüyüş rotalarını haritalamak için CBS'den yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarının, uygunluğun değerlendirilmesinde eğimin en önemli parametre olduğunu bildiren araştırmacılar, orman yollarının doğaya zarar vermeden korunan alanlarda yürüyüş yapmak için kullanılabileceği ve çok kriterli bir karar analizi kullanılarak rotaların uygunluğunun belirlenebileceği sonucuna varmışlardır.

Gülyüz ve diğerleri (1998), tarafından yapılan çalışmada Uludağ Millî Parkında I. Turizm Gelişim Merkezi bölgesi ve çevresine ait peyzajın 1993 yılına ait hava fotoğrafları ve CBS tekniklerini kullanarak alanın mevcut durumu ortaya konmuş ve vejetasyon mozaïği haritası hazırlanmıştır. Bitki toplulukları ve vejetasyon tipleri temel alınarak yapılan haritalama çalışmasında aynı zamanda bitki topluluklarının ve vejetasyon tiplerinin alandaki örtülülüğe katkısı hem mutlak değer (ha) hem de yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. I. Turizm Gelişim Merkezi bölgesinde *Vaccinium myrtillus-Juniperus communis*, *Juniperus communis* ve *Astragalus angustifolius* bitki topluluklarının oluşturduğu bodur çalı bitki örtüsünün %53'lük örtü ile egemen olduğu, oteller çevresinde, yol kenarlarında ve özellikle yeni yapılmış kayak pistleri gibi bozulmuş alanlarda *Verbascum olympicum* tarafından temsil edilen ruderal formasyonun yayılış gösterdiği ifade edilmiştir.

Arslan ve diğerleri (1999), Uludağ II. Turizm Gelişim Merkezinin peyzaj yapısını 1993 yılına ait hava fotoğrafları ve CBS teknikleri kullanarak hazırlanmışlar ve bölgede bodur çalı formasyonunun (*Vaccinium myrtillus-Juniperus communis* ve *Juniperus communis*) vejetasyon mozaïğinin karakteristiğini oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Özsoy ve Aksoy (2015), Bursa'da yer alan Uluabat Gölünün alt havzasında yıllık toprak kaybının mekansal dağılımını ortaya koymuş ve toprak erozyonu riski olan alanları belirlemek için RUSLE ile CBS modelini birleştirerek haritalar oluşturmuşlardır. Çalışma alanında 25 yıllık süreçte, kentleşme %57,7 oranında arttığı ve en fazla alansal değişimin ise %80 oranında birinci sınıf arazilerde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak uzaktan

algılama ve CBS ile RUSLE modelinin toprak erozyonunu modellemek için yararlı araçlar olduğu vurgulanmıştır.

Tüm bu CBS uygulamaları yanında son yıllarda önemli ekolojik sorunlara yol açan istilacı türlerin saptanması ve izlenmesinde uzaktan algılama ve CBS tekniklerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Royimani ve diğerleri (2019), istilacı türlerin uzaktan algılama ile izlenmesi ve haritalanması ile ilgili hazırladıkları derlemede, uzaktan algılama teknikleri, özellikle mera ekosistemlerinde istilacı türlerin mekansal ve zamansal dağılımını tespit etme ve haritalama konusunda başarılı olduğunu, ayrıca yüksek çözünürlük ve hiperspektral uzaktan algılama algılayıcılarının geliştirilmesinin, optimum kaynak izlemenin yanı sıra dünya yüzeyi özelliğinin hassas karakterizasyonu için büyük bir atılım olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, özellikle mali açıdan kısıtlı ülkelerde istilacı türlerin uzun vadeli ve büyük ölçekli haritalanmasını teşvik etmek ve uydu sensör geliştirme teknolojisi ile ortaya çıkan kaçınılmaz zorlukların üstesinden gelmek için, gelişmiş uzamsal ve spektral çözünürlüklere sahip yeni nesil multispektral sensörler tarafından sağlanan verilerle güvenilir ve gelişmiş parametrik olmayan görüntü sınıflandırıcılarının kullanımının araştırılması gerekliliğine değinmişlerdir.

2.3. Kış Sporları Merkezlerinde Ortaya Çıkan Ekolojik Sorunlar ve Bozulan Alanların Onarılmasına Yönelik Uygulamalar

Yüksek rakımlı kuşakta (alpin-subalpin kuşak) kayak pistlerinde ağır makinelerle yapılan düzleştirmenin özellikle bitki-toprak ilişkileri açısından ekolojik sonuçların neler olduğuna dair pek çok araştırma yapılmıştır. Buna göre de makine ile düzleştirme sonucu ortaya çıkan bozulmanın giderilmesi için bozulan pistlerin tekrar bitki örtüsüne kazandırılması için ekolojik restorasyon (ya da restorasyon ekolojisi) uygulamaları ile ilgili çeşitli araştırma sonuçları ortaya konulmuştur.

Kayak merkezlerinde kayak pistlerinin genişletilmesi, makineyle düzleştirilmesi ve yapay kar kullanımının artırılmasının dağ ekosistemlerini giderek daha fazla etkilediğini bildiren Wipf ve diğerleri (2005), İsviçre'deki 12 kayak merkezinde, kayak pistleri içinde 38 örneklik alan ve pist dışında 38 komşu örneklik alandan oluşan ikili bir tasarım kullanarak kayak pisti yönetiminin bitki örtüsü yapısı ve kompozisyonu üzerindeki

etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, her türlü kayak pisti yönetiminin, alpin bitki örtüsünün doğal yapısı ve bileşiminde ve daha düşük bitki türü çeşitliliğine yol açarak standartlardan sapmalara neden olduğunu; makine ile düzeleştirme yapmanın, özellikle alpin bitki örtüsü üzerinde ne zamanla ne de yeniden bitkilendirme önlemleriyle şiddetinin hafifletildiğini ve kalıcı etkilere yol açtığını; yapay kar uygulamasının, kayak pistinin bitki örtüsüne etkilerinin ilk uygulandığı zamandan sonra geçen süre ile arttığını saptamışlardır. Araştırma sonunda özellikle besin ve su girişinin önemli olduğu alanlarda, kapsamlı makineli düzeltme ve yapay kar üretiminden kaçınılması gerektiğini ve alpin bitki örtüsünün yüksek koruma değerine sahip olduğu alanlarda kayak pistleri kurulmamasını önermişlerdir.

Claassen ve Zasoski (1998), doğal bitki örtüsüne sahip olan ile bitki örtüsü olmayan durumlar arasındaki farklılığı göstermek için doğal olarak bitki örtüsü olan topraklar ile bitki örtüsü kaldırılmış ayrılmış granitli çıplak alanları edafik koşullar açısından karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar ayrılmış granitli çıplaklaştırılmış yamaçların bitişik doğal toprakların kil içeriğinin, toprak organik maddesinin, su tutma kapasitesinin ve toplam ile alınabilir azotun (N) yaklaşık olarak dörtte biri ile yarısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına dayanarak çıplaklaştırılmış yamaçlarda nemli toprak organik maddesinin uzaklaştırılmasının, temel besinlerin birçoğunu düşürerek doğrudan bitki büyümesini azalttığı ve dolaylı olarak toprağın su tutma ve sızma kapasitesini düşürdüğü sonucuna varan araştırmacılar; toprak organik maddesinin kritik bir faktör olduğunu rapor etmişlerdir.

Bitki çeşitliliğinin, kök tiplerinin çeşitliliğini artırarak toprak kararlılığını artırdığını varsayan hipotezi test etmek için Pohl ve diğerleri (2009), (1) abiyotik toprak özelliklerini, (2) topraküstü bitki örtüsü özelliklerini ve (3) kök parametreleri ile ilişkili olarak toprağın bütünsel kararlılığını makine ile düzeleştirilmiş kayak pistlerinden ve kontrol olarak komşu bozulmamış bitki örtüsünden hacimsel toprak örnekleri olarak ölçmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre toprağın bütünsel kararlılığı ile bitki türlerinin sayısı, kök yoğunluğu ve kum içeriği en anlamlı korelasyon göstermiş, genel çeşitlilikle en anlamlı korelasyonu gösteren bitki türlerinin farklı işlevsel gruplara ait olduğu (çimler, otlar ve çalılar), bu durumun faydalı etkilerin yalnızca belirli bir işlevsel gruba

değil, birkaç grubun kombinasyonuna dayandırılabilceğı anlamına geldiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçların bitki çeşitliliğinin toplam kararlılık üzerindeki olumlu etkisini gösterdiğini, yüksek rakımda bozulmuş alanlarda yüksek bitki çeşitliliğinin toprağın kararlılığını artırmak için en ilgili faktörlerden biri olduğunu öne sürmüşlerdir.

Roux-Fouillet ve diğerleri (2011), Alp disiplini kayak yapılan yamaçların makineyle düzleştirilmesinin ve yapay kar kullanımının 8 yıl önce oluşturulan çalışma alanlarını yeniden örnekleyip farklı tipteki kayak pistlerindeki bitki örtüsü ile toprak özelliklerini komşu pist dışı kontrol arazileriyle karşılaştırmışlar ve zaman içindeki bitki örtüsü değişikliklerini analiz etmişlerdir. Çalışma sonunda makine ile düzleştirme uygulamasının toprak yoğunluğunu %50'den fazla artırarak, pH ile C/N oranını artırarak ve toplam azot konsantrasyonlarını azaltarak toprak özellikleri üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, genel olarak kayak pistlerinin makineyle düzleştirilmesinin Alp disiplini kayak yapılan yamaçlarda, bitki örtüsü ile kimyasal ve fiziksel toprak özellikleri üzerinde uzun süreli etkilere neden olduğu; yapay karın bitki örtüsünün nem durumunu değiştirebileceğini ve bu nedenle kuru ve besin yönünden fakir habitatlarda kullanıldığında dikkatli olunması gerektiğini; makine ile düzleştirilen pistlerdeki bitki örtüsünün 8 yıllık sürede bozulduğunu ve bu durumun, dağlık habitatlarda doğal iyileşmenin meydana gelmediğini gösterdiği sonucuna varmışlardır. Araştırma sonunda, alpin habitatlarda makine ile yeni pistlerin inşa edilmesinde makine ile düzleştirme yapılmasından kaçınılması gerektiği bildirilmiştir.

Titus ve Tsuyuzaki (1999), Hood (Oregon, ABD) dağında yer alan kayak pistlerinin bitki örtüsü, sürekli bir bozulma rejimi altında gelişen bitki örtüsü ile bitki örtüsünün yapılandırılmasında önemli olan çevresel faktörleri araştırmışlardır. Sıcaklık, yağış, kar örtüsünün derinliği ve kar erimesinin zamanlaması ile ilişkili olan yüksekliğin bitki örtüsünü yapılandıran en önemli değişkenler olmakla birlikte toprak dokusunun da önemli olduğunu bildiren araştırmacılar, çıplak alanların azlığının, kayak pistlerinin görece büyük yaşının (64 yaş) bir sonucu olabileceğini, ağaç çizgisinin üzerinde, muhtemelen yazın bitki örtüsünün yoğun şekilde çiğnenmesi nedeniyle, kayak pistinin içinde ve dışında bitkisel kompozisyonda kayda değer bir farkın olmadığını

saptamışlardır. Ayrıca araştırmacılar, muhtemelen kayak pistlerinde yaygın olan sert koşullar ve ağaç sınırının altındaki pistlerin daha az çıplak alan barındırmasından dolayı, yerli olmayan türlerin çok az istilasına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar yaya trafiğini azaltmak için ağaç sınırının üzerinde ziyaretçi kısıtlamalarının getirilmesini, gelecekte yerli olmayan türlerin istilasını önlemek için kayak pistlerindeki bitkilerin restorasyonda bir kaynak olarak kullanılmasını, yönetim çabalarının ağaçların altındaki kayak pistlerindeki çıplak alan miktarını azaltmaya yönelik olmasını önermişlerdir.

Pickering ve diğerleri (2003), Avustralya'daki en geniş kar ülkesi alanında turizmi ve çevresel etkilerini yönetmekten sorumlu korunan alan kurumlarının personelinin yargılarını incelemişlerdir. Araştırma sonunda, koruma altındaki alanların turizm yönetiminden büyük sorumluluğa sahip olduğu belirlenen personelin, turizmin önemli olumsuz çevresel etkileri olduğunu düşündüğü; kayak merkezlerinin komşu doğal alanlar üzerindeki etkilerinin genellikle kayak merkezlerinden uzaktaki daha genel turizm faaliyetlerinin etkilerinden daha etkili olduğu; en önemli çevresel etkilerin su kalitesi üzerinde ve yerli faunanın, yabani hayvan sayısında artışa ve habitatın azalması ile parçalanmasına neden olan turizm faaliyetleri nedeniyle olumsuz etkilendiği; turizmin bitki örtüsü üzerinde çok çeşitli olumsuz etkilerinin ortaya çıktığı; özellikle kayak merkezlerinin çevresindeki hava kalitesinin etkilense de su, fauna ve flora üzerindeki etkilerden daha az önemli olduğu tespit edilmiştir.

Meijer zu Schlochtern ve diğerleri (2014), kayak pistlerinde yönetim, kış iklimi ve bitki toprak arasındaki geribildirimler ile ilgili hazırladıkları derlemede kayak pistlerinin oluşturulması ve yönetiminin toprakta ve bitki örtüsünde fiziksel bozulmaya neden olduğunu, yapay kar takviyelerinin toprağın yapısını, kimyasını, nem ve sıcaklık rejimlerini ve ayrıca kar mevsimi ile büyüme mevsimi uzunluğundaki değişiklikleri etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, toprak ile bitki örtüsü arasındaki karşılıklı etkileşimlerin bir sonucu olarak sistemin toprak erozyonunun olası sonuçlarıyla birlikte etkilenebildiğini rapor etmişlerdir.

Uludağ kayak pistlerinin bulunduğu alanda yapılan araştırmalarda kayak pisti ile yol, inşaat yapımı gibi alan bozulmasının ekolojik sonuçları ortaya konulmuştur. Gülerüz ve diğerleri (2010a), Uludağ'ın subalpin kuşağındaki *Abies bornmuelleriana* orman topluluğu arasında farklı tarihlerde kurulan ve farklı bozulma seviyelerine sahip üç kayak pisti içinde bozulmuş ve hemen dışındaki bozulmamış alanlardan alınan toprak örneklerinin su tutma ve besin içeriklerinin durumunu karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, kayak pisti içindeki toprakların su tutma kapasitesi, toplam azot, organik karbon ile kalsiyum, magnezyum ve potasyum içeriklerinin en şiddetli bozulmanın olduğu pist içinde, bozulmamış bitişik alanlara göre daha düşük olduğunu saptamışlar ve ikincil bitki örtüsünün geliştiği bozulmuş alanlarda toprak parametrelerinin daha az etkilendiğini bildirmişlerdir.

Yine aynı alanlardan alınan toprak örneklerinde Gülerüz ve diğerleri (2011), *A. bornmuelleriana* orman topluluğunun bozulmaya karşı çok duyarlı olduğunu belirtmişler ve toprak azot mineralleşme oranlarını kontrollü koşullarda (%60 su tutma kapasitesi ve 20°C) ölçmüşlerdir. Nitrifikasyon ve azot mineralleşmesinin doğal iyileşmenin başladığı kayak pistinin iç kısımda dışına göre arttığını; şiddetli bozulmanın olduğu kayak pistinde ise su tutma kapasitesi, organik karbon ve toplam azot değerlerinin düştüğü ve bu değişimlere bağlı olarak mineralleşme ve nitrifikasyon oranlarının da azaldığı saptanmıştır.

Bölgede yapılan diğer çalışmada Gülerüz ve diğerleri (2008), Uludağ'da bozulmuş alanlar üzerine gelip yerleşen ve bölgede ruderal topluluk oluşturan kurak (*Verbascum olympicum* topluluğu) ve nemli (*Rumex olympicus* topluluğu) alan topluluklarının toprağında azot mineralleşmesi ve nitrifikasyon verimini 1 yıl süreyle arazi koşullarında ölçmüşlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri bulgulara göre azot mineralleşme oranının, bozuk alanlardaki ruderal toplulukların topraklarında yüksek olduğunu ve baskın türlere göre değiştiğini ve topluluklar arasındaki net N mineralleşmesi oranındaki farklılığın toprakların organik C, toplam N ve nem içeriğine atfedilebileceğini bildirmişlerdir.

Makine ile düzleştirilmiş kayak pistlerinde bozulmuş alanın tekrar geri kazandırılmasına yönelik ekolojik restorasyon araştırmalarına gereksinim duyulmaktadır. Bu alanda da dünya genelinde önemli araştırmalar sürdürülmektedir.

Urbanska (1997), tohum ya da diaspor (üretim) kaynağı olarak dikkate alınan ve “*güvenli adalar = safety islands*” olarak adlandırılan yöntemi İsviçre’de yaklaşık 2500 m rakımda bulunan kayak pistinde uygulamış ve sonuçlarını restore edilmemiş komşu alanlarla karşılaştırma yaparak incelemiştir. Araştırmacı çalışma sonunda, çalışma alanındaki makine ile düzleştirilmiş alpin kayak pistlerinin başarılı bir şekilde kolonileştirilmesinin, tohum yağmuru veya uzak diaspor kaynaklarındaki eksikliğin değil, güvenli alanların varlığı ile sınırlı olduğunu ve güvenli adalarla kolonileşme sürecinin oldukça başarılı olduğunu bildirmiştir.

Finlandiya’nın Lapland bölgesinde kayak pisti inşaatının, dağlık alanlarda ekosistem bozulmasından başlıca sorumlu olan antropojenik faktörlerden biri olduğunu bildiren Ruth-Balaganskaya ve Myllynen-Malinen (2000), makineyle tesviye edilen ve düzleştirilen kayak pistlerindeki çeşitli toprakların besin durumunu, yeniden bitkilendirme uygulamalarında ana materyal olarak potansiyel kullanımlarıyla ilişkili olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, kayak pistlerinin yeniden bitki örtüsüne kazandırılmasında, başlangıç toprağının üst katmanından oluşan ana materyalin kayak pistlerindeki inşaat çalışmaları sırasında veya benzer topraklara sahip alanlardaki şantiyelerde toplanarak kullanılmasını önermişlerdir.

Barni ve ark. (2007), Monterosa (Val d’Ayas, Aosta, İtalya) kayak merkezinde yer alan pistlerde; (1) yüksek rakımda (2 200-2 600 m) kayak pisti inşaatı ile bozulan alanların, bozulmamış alanlarla karşılaştırılarak bitki örtüsü ile toprak özelliklerinin nasıl etkilendiğini ve (2) sulu tohumlamadan (hydroseeding) sonra zamana bağlı olarak makine ile düzleştirilmiş kayak pistlerinde bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin nasıl değiştiğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, otsu örtü ve spesifik kompozisyon, kök yoğunluğu, fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile toprağın bütünsel kararlılığı, kontrol olarak bitişik bozulmamış alpin çayır alanlar dikkate alınarak sırasıyla 4, 6, 10 ve 12 yıl önce ağaç sınırının üzerinde inşa edilen ve sulu tohumlama uygulanan dört pistin vejetasyon ve

toprak dinamikleri araştırılmıştır. Araştırmacılar, tohumu ekilen türlerin 10 yıl sonra bile hızla yüksek bir örtü oluşturmalarına rağmen, örtü değerlerinin yabancı türler için her zaman son derece düşük olduğunu, bunun türlerin stratejileri ile değişen toprak özellikleri (daha yüksek pH, organik madde azlığı ve hem ince partiküllerin hem de bütünsel yapının kaybı) ile ilgili olabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, çalışmanın kendi kendini idame ettiren yerli bitki topluluğu oluşturmada belirleyici bir faktör olarak fiziko-kimyasal toprak özelliklerini korumak veya eski haline getirmek için daha fazlasının yapılması gerektiğini gösterdiğini bildiren araştırmacılar; kayak pistlerinin inşasının, mevcut bitki örtüsünün tamamen yok olmasına ve toprağın derin bir şekilde değişmesine neden olduğundan, dağ ekosistemleri üzerinde çok ağır bir etkiye sahip olduğunu, bu nedenle, derhal koruyucu bir bitki örtüsü geliştirmek ve uzun vadede işlevsel bir bitki-toprak sisteminin yeniden kurulmasını teşvik etmeye yönelik restorasyon çalışmalarının başlatılması gerektiği üzerinde durmuşlardır.

Hudek ve diğerleri (2020), KB İtalya’da Monterosa (Champoluc, Val d’Ayas, Aosta) kayak merkezinde gelecekteki kayak pisti inşaatlarında en iyi uygulamaları formüle etmeye katkıda bulunmak amacıyla, bitki-toprak özelliklerindeki değişiklikleri ve makine ile düzleştirilen ve ardından kayak pistlerinin restorasyonunun uzun vadeli etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma, sulu tohumlama uygulanmış kayak pistlerinde 30 yıl sonra kayak pistlerinde bitki örtüsünün değişmeden kaldığını, ancak bitki zenginliği ile çeşitliliğinin önemli ölçüde arttığını ve bozulmamış bitki örtüsüne benzer seviyelere ulaştığını; ancak kayak pistlerinde bozulmamış bölgelere göre toprak pH’nın hala daha yüksek ve organik C içeriğinin hala daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar uygulamanın ekosistemin otuz yıl içinde kısmen iyileşmesine izin verdiğini ve hatta bozulmamış bölgelere göre hala daha düşük bir kimyasal ve fiziksel özelliğe sahip olduğunu, bitki türü bileşiminin ise tatmin edici bir yeniden doğallaşma derecesine ulaştığı sonucuna varmışlardır.

Bayfield (1996) İskoçya’nın Cairn Gorm bölgesindeki düzleştirilmiş kayak pistlerinde çimsi türlerle tohumlamanın bitki türlerinin kolonileşmesinde uzun süreli etkisini araştırmıştır. Araştırmacı, düzleştirilmiş toprakta tohum ekme yalnızca hızlı bitki örtüsü sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda en az 25 yıl boyunca tohum ekilmiş toprağın yerli

türler tarafından tohum ekilmemiş alana göre daha yaygın bir şekilde kolonileşme sağladığını; ayrıca tohum ekilmiş alanların önemli ölçüde daha fazla bitki örtüsüne sahip olduğunu saptamıştır.

Lorite ve diğerleri (2010), bozulmuş alanların restorasyonunun başarısını değerlendirmek için basit bir model bulmanın yanı sıra göreceli geçerliliklerini oluşturmak amacıyla, örtü, zenginlik, çeşitlilik, büyüme ve niteliksel tür kompozisyonu gibi iyileştirme planlarını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan farklı konuları karşılaştırarak, 2002'den 2005'e kadar sulu tohumlamanın yapıldığı Sierra Nevada kayak istasyonunda (GD İspanya) Akdeniz yüksek dağındaki kayak pistlerindeki bitki örtüsünün restorasyonunda bulunan sonuçları değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri karşılaştırma sonuçlarına göre, büyüme, örtü, zenginlik veya çeşitlilik gibi ortak parametrelerin ayrı ayrı kullanıldıklarında yanlış yorumlara yol açabileceğini ve bu nedenle, ayırt edici analizi gibi alan kompozisyonu karşılaştırmaya yönelik ek yöntemlerin kullanılması gerekliliği üzerinde durmuşlardır.

Gros ve diğerleri (2004), kayak pisti inşaatından sonra otsu örtünün hızlı bir şekilde oluşturulmasında toprak erozyonunu sınırlandırmanın ve ekosistem işleyişini başlangıçtaki haline getirmenin önemli olduğunu bildiren araştırmacılar; kayak pisti inşasını takiben ve kronolojik dizi boyunca (1 ay ve 1, 4 ve 13 yıl) restore edilmiş alpin otlakalarının toprağının fiziko-kimyasal özellikleri ile mikrobiyal faaliyetler arasındaki ilişkilerin bozulması ile gelişimini araştırmışlardır. Çalışmada, bitki örtüsü (tür bileşimi, kök biyokütlesi), toprak (bütünsel kararlılık, parçacık boyutu dağılımı, toplam karbon ve azot içeriği, gözeneklilik) ve toprak mikrobiyal aktivitesi (heterotrofik mikrobiyal çeşitlilik ve işlevsel yapı, nitrojenaz aktivitesi) üzerinde çeşitli ölçümler yapılmıştır. Araştırma sonunda, daha önce restore edilmiş topraklardaki (4 ve 13 yaşındaki) yüksek katabolik çeşitliliğinin, toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin, özellikle heterojen C kaynağı girdisinin sürekli gelişimiyle de uyumlu olduğunu, mikrobiyal topluluğun kayak pisti restorasyonunun erken aşamasında (<13 yaş) çok kararsız kaldığı bildirilmiştir.

Tüm bu olumsuz ekolojik sonuçlar dünya genelinde pek çok kayak pistinde deneysel olarak ortaya konulmuştur. Bu konuda yapılan son araştırmada Moscovici (2022), Kuzey

Amerika'daki kayak merkezlerinin yarısından fazlası ilk aşırı bina yapılaşmasından bu yana iklimin ısınması ve yapay kar yapmak için su bulma baskılarıyla karşı karşıya kaldığından birçoğunun kapandığını bildirmiştir. Tüm tatil köylerini 1969-2019 yılları arasında araştıran ve belgeleyen araştırmacı, Kuzey Amerika'daki tüm tatil köylerinin %59'unun 1960'ların ve 70'lerin (Amerika Birleşik Devletleri'nde %65, Kanada'da %31'i) hızlı tesis patlamasından bu yana kapandığını, bu değişimin bazı eyaletler veya illerde yalnızca bir ya da hiç tatil yeri kalmamış durum gösterdiğini saptamıştır. Araştırmacı, iklimin değişmesi, su kıtlığı ve kar yapmak için daha fazla enerji ihtiyacından dolayı erken davranma azmiyle, dağların bütünsel olarak sürdürülebilirlik planlamasını önermiş; önümüzdeki on yıllarda uygulanabilir ve rekabetçi kalmak istiyorlarsa, kayak merkezlerinin olumlu çevre uygulamaları, sürdürülebilirlik planlaması ve iklim değişikliği uyarlamasına odaklanmaları gerekliliğini vurgulamıştır.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Araştırma alan

Uludağ, batı Pontik sıradağlarının en batı ucunda yaklaşık 40 km doğu-batı yönünde uzanmakta olup 40° Kuzey enlemiyle 29° Doğu boylamının kesiştiği noktada yer almaktadır. Bu dağ silsilesinin başlıca zirveleri Uludağ (2 543 m), Zirve (2 487 m), Kuşaklıkaya (2 240 m) ve Şahinkaya Tepeleri (2 120 m)'dir. Dağ ekosistemleri aşırı iklim koşullarına sahiptir. Uludağ'da iklim tabandan tepeye değişir ve Doğu Akdeniz iklim grubunun ilk familyasına dahildir (Akman, 1990). Alt kısımlar Akdeniz iklimini, yüksek rakımlarda ise yağışlı, mikro termik, buzla dolu kış iklimini yansıtır. Zirve Meteoroloji İstasyonu (1 877 m) verilerine göre Uludağ'ın yıllık ortalama sıcaklığı 4.6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 1 483 mm'dir. Uludağ zirvesinde yıllık ortalama kar gün sayısı 66,7, toplam karla kaplı gün sayısı 179,2 ve maksimum kar derinliği 430 cm'dir (Güleryüz 1992).

Dağ çok dik, kalkerli kayalardan oluşan güney yamaçları ve granitten oluşan güneybatı kısımları ile ilginç jeomorfolojik bir yapıya sahiptir. Masifin temel yapısı farklı derecelerde başkalaşım geçirmiş metamorfik seriler ile bunlar içersine sokulmuş granodiyorit plütonlardan oluşmuştur. Bunların üzerine kuzeyde Permien yaşlı kırıntılı sedimenterler ile fosilli kireç taşları; doğu ve güneyde ise genç Neojen örtüsü gelmiştir. Metamorfik seriler yüksek derecelerde değişikliğe uğramış; çekirdek durumundaki çeşitli gnays, amfibolit ve yassılaştırmış (şistleşmiş) mermerler ile (A-Serisi); düşük derecelerde başkalaşım geçirmiş kılıf durumundaki şist, fillit, yarı mermer ve kristalize kireç taşlarından (B-Serisi) meydana gelmiştir. Metamorfik A- ve B-serileri, masifin merkez bölgelerinde (Zirve tepenin kuzey yamaçları) granodiyorit bileşimli bir batolit ile kesilmiştir. Masifin metamorfik olmayan Permien yaşlı örtü oluşumları dağın kuzeydoğu eteğinde yüzeyi kaplamakta olup ufak taneli kalker breşi, alacalı kumtaşı şeyl ve marn gibi kırıntılı kayalarla bunların üzerine gelen fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Ketin, 1983).

Uludağ'ın tabandan zirveye doğru değişen iklimi ile beraber alt yamaçlarda görülen bitki örtüsü, zirveye doğru Akdeniz tipinden nemli Euro-Siberian ve alpin tipe doğru bir

kademeleşme göstermektedir. Bu kademeleşme, özellikle kuzeybatı yönünde çok iyi ayırt edilmektedir Batı yönünde Nilüfer vadisi ile doğu yönünde Mezit deresi (Bursa-Ankara karayolu) arasındaki dağlık kütlenin kuzey yamaçları boyunca Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusunda nemli ormanlar yer almaktadır. Dağın 350 m ye kadar olan rakımlarda *Laurus nobilis*, *Olea europea*, *Juniperus oxycedrus*, *Coryllus avellana* (findık), *Cistus* sp. (laden), *Erica arborea*, *Pinus brutia* gibi türlerden oluşan tipik Akdeniz vejetasyon tipi olan maki ve frigana (çalılık alanlar) yer alır. Yer yer tahrip edilmiş *Castanea sativa* türünün egemen olduğu 350-700 m arasındaki kuşakta *Phillyrea latifolia*, *Cercis siliquastrum*, *Arbutus unedo*, *O. europea*, *Spartium junceum*, *C. creticus*, *Quercus infectoria*, *Carpinus betulus*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Daphne pontica*, *Ulmus minor*, *Fagus orientalis*, *Populus tremula*, *P. nigra* gibi türler yayılış gösterir. Dağın, 700-1 500 m arasında kalan kuşakta kestane ormanı, yerini *F. orientalis* türünün egemen olduğu orman topluluğu ile ara ara *Q. petraea* (sapsız meşe) topluluğuna bırakır. Bu kuşakta, *C. sativa*, *P. nigra*, *P. tremula*, *C. mas*, *C. monogyna* gibi türler de yayılış gösterir. Dağın 1 500 ile 2 100 m arasında *Abies bornmuelleriana* türünün hakim olduğu ve; *Juniperus communis* subsp *nana*, *Vaccinium myrtillus*, *Salix caprea*, *P. nigra*, *F. orientalis*, *P. tremula*, *C. betulus*, *Daphne pontica* gibi türlerin yayılış gösterdiği orman kuşağı yer almaktadır. Uludağ'da 1 700 m den itibaren *J. communis* subsp *nana*, *V. myrtillus* ve *Astragalus angustifolius* subsp *angustifolius* türlerinin hakim olduğu bodur çalı toplulukları ile *Nardus stricta* türünün hakim olduğu nemli çayır topluluğu subalpin kuşakta yaklaşık 2 100 m'ye kadar hakim durumdadır. Bu kuşakta ve yer yer 1 900 m'ye kadar inen sert yastık formundaki *Festuca cyllenica*, *F. punctoria*, *Acantholimon ulucinum* türlerinin hakim olduğu tipik alpin kuşak yer alır. Subalpin ve alpin kuşakta *A. sibthorpium*, *A. hirsutus*, *Galium olympicum*, *Aubrieta olympica*, *Thymus bornmuelleri*, *Gypsophila olympica*, *Pedicularis olympica*, *Crepis aurea* subsp *olympica*, *Senecio olympica*, *Muscari bourgaei*, *Papaver pilosum* gibi çok sayıda endemik tür yayılış göstermektedir.

Dağın güneye bakan yamaçları kurak ormanların yayılış alanıdır. Kurak ormanlar, çoğunlukla göknar (*A. bornmuelleriana*), yer yer de kayın (*F. orientalis*) ile temsil edilen nemli orman kuşağının altında 1 400-1 500 m'den başlayarak batı ve güney yönüne doğru devam etmektedir. Kurak ormanlar, karaçam (*P. nigra* subsp *pallasiana*), kızılçam (*P.*

brutia), mazı meşesi (*Q. infectoria*) ve saçlı meşe (*Q. cerris*) türlerinin egemen olduğu topluluklardan oluşmaktadır. Ayrıca dağın zirveler bölgesindeki Ebirmelik tepenin (2 440 m) güney eteğinde dar bir alanda karaçam ormanı arasında sarıçam (*P. sylvestris*) topluluğu da yer almaktadır (Atalay, 1994; Rehder ve diğerleri, 1994).

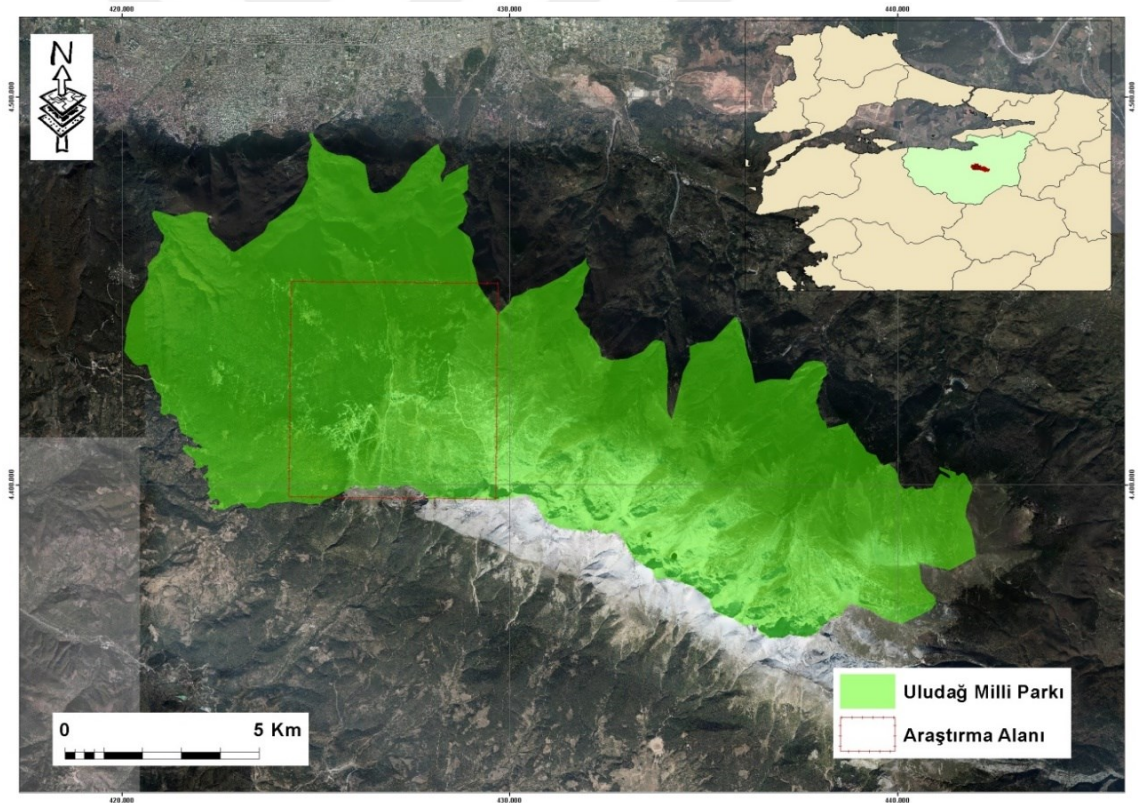
Rehder ve diğerleri (1994) tarafından yapılan ayrıntılı bitki sosyolojisi ile ilgili araştırmada, dağın son orman katında *A. bornmuelleriana* topluluğunun, subalpin kuşakta bodur çalı (*J. communis*, *J. communis-V. myrtillus* ve *A. angustifolius* topluluğu) ve çayır (*N. stricta*, *Plantago holostium*, *P. atrata*, *Agrostis canina* ve *Trifolium repens* topluluğu) topluluklarının hakim olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, daha üst kuşak olan alpin kuşakta sert yastık formasyonunun (*F. cyllenica*, *F. punctoria* ve *A. ulicinum* topluluğu) geniş yayılış gösterdiğini; özellikle Uludağ'ın subalpin kuşağındaki bozulmuş alanlarda *Verbascum olympicum* ve *Achillea multifida* ruderal topluluklarının yayılış gösterdiğini. *V. olympicum* topluluğunun, *V. olympicum* ve *Rumex olympicus* türleri ile karakterize edildiğini bildirmişlerdir.

Jeomorfolojik özellikleri ve kış sporlarına uygun yapısı nedeniyle Uludağ'da 11 338'lik alan 20 Eylül 1961 tarihinde Millî Park olarak ilan edilmiştir ve Türkiye'nin ilk milli parklarından biridir. Uludağ'ın peyzajı ve bitki örtüsü kış sporları ve rekreasyon amaçlı aktivitelerden dolayı antropojenik baskı altındadır (Güleryüz ve diğerleri, 2010a). Buna karşın, yüksekliği (2 543 m) ve çeşitli jeolojik koşulları nedeniyle, çok sayıda endemik ve nadir tür içeren zengin bir floraya sahiptir. Bu nedenle Uludağ, Türkiye'nin ÖBA'larından biri olarak sınıflandırılmaktadır (Güleryüz ve diğerleri, 2010b). Kış sporları etkinlikleri ilk olarak I. Turizm Gelişim Bölgesi olarak anılan Oteller Bölgesinde başlamış olup daha sonra, millî park sınırları içerisinde genişlemeyi sürdürmüştür. Diğer taraftan dağın yaklaşık 2 000 m yükseltisinde 1988 yılına kadar yaklaşık 20 yıl süreyle Wolfram Maden İşletmesi faaliyet göstermiştir. Turizm Bakanlığı tarafından 1986 yılında Wolfram Madeni Yolu ve Oteller-Bakacak yolunun kesiştiği bölge merkez olacak şekilde ayrı bir bölgeyi II. Turizm Gelişim Bölgesi olarak ilan etmiş ve otel ve diğer tesis kurulması için 1993 yılında ihale edilmiştir. Ayrıca, Uludağ Milli Parkının kapladığı alan 1998 yılında 12 000 hektara çıkarılmıştır (Arslan, 1999). Son olarak, "Uludağ Milli Parkı içinde yer alan 2 000 hektarlık kısım Milli Park statüsünden çıkarılması ile ilgili

18.01.2023 tarihli ve 7 432 numaralı “Uludağ Alanı Hakkında Kanun” 26 Ocak 2023 tarih ve 32 085 sayı ile resmi gazetede yayımlanmıştır.

3.2. Materyal

Çalışmada Uludağ Turizm Gelişim Bölgesi ve çevresinin bitki örtüsünde zamana bağlı gerçekleşen değişimi belirlemek hedeflendiği için daha önce Uludağ milli parkı içerisinde insan etkisinin en yoğun yaşandığı Oteller bölgesini içerecek şekilde seçilmiş ve vejetasyon yapısı belirlenmiş olan 424 250 m – 430 000 doğu boylamları ile 4 440 000 m-4 445 200 kuzey enlemleri (ED50 UTM 35 3° koordinat sistemi) arasında uzanan 2 958,70 hektarlık alan yeniden araştırma konusu olarak seçilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Araştırma alanının daha önce Arslan (1999) tarafından 1993 yılı vegetasyon yapısı ve coğrafi varlıklarına ait 1:10 000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak üretilen harita ve öznitelik veritabanı altlık olarak kullanılmıştır. Çalışmada 24 yıllık değişimin belirlenmesi amacıyla kullanılacak Bursa ili 2017 yılı ortofoto görüntüsünün Uludağ Milli Park ve araştırma alanı bölümü de çalışmada kullanılan diğer temel altlık sayısal veridir. Ayrıca 2017 yılı ortofoto görüntüsünden elde edilecek bilgilerin görsel analizlerini desteklemek üzere 2017 ve 2019 yılı Sentinel-2 sayısal uydu görüntülerinden de yararlanılmıştır.

Çalışmada ayrıca araştırma alanının doğal ve kültürel kapsamı (dere, yol, yerleşim alanları) ile eşyükselti eğrilerinin, coğrafi koordinatların belirlenmesi ve sayısallaştırılması aşamasında 1: 5 000 - 2 5000 ölçekli topoğrafik haritalar da temel kartografik materyal olarak kullanılmıştır.

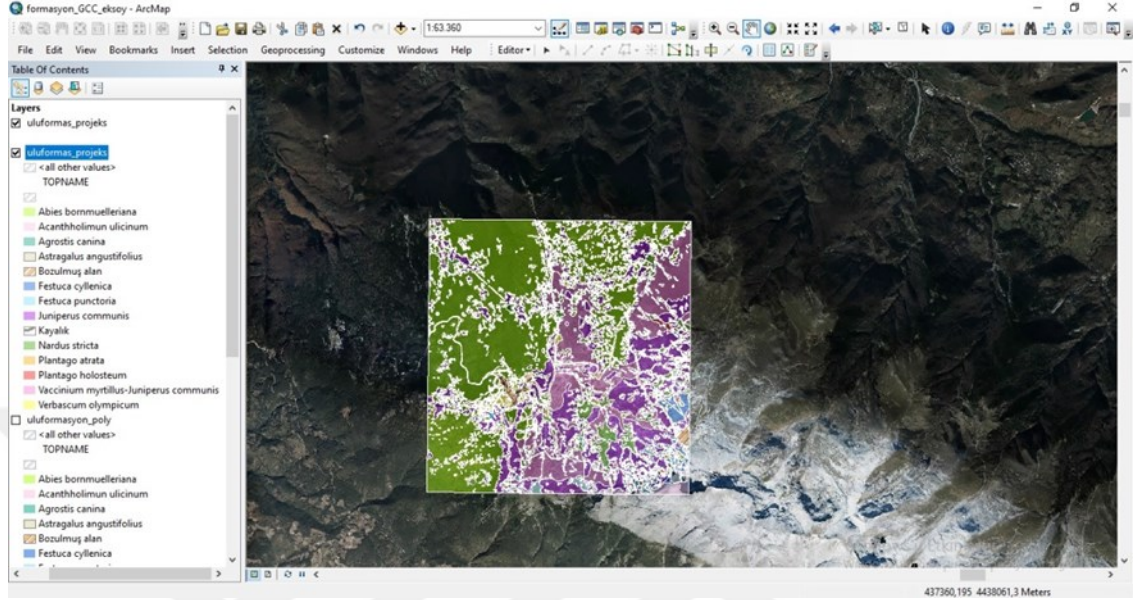
ArcGIS (ESRI) (Veri tabanı dizaynı, sayısallaştırma, haritalama ve diğer CBS analizleri), ERDAS Imagine (güncel arazi kullanım/örtü durumunun yorumlanması ve analizi) Magellan explorer 710 GPS (koordinatların tespiti ve inceleme rotası oluşturma) çalışmada kullanılan yazılımlar ve diğer yardımcı araçlardır.

3.3. Yöntem

Araştırmamızda, öncelikle araştırma alanının daha önce Arslan (1999) tarafından 1993 yılı vegetasyon yapısı ve coğrafi varlıklarına ait 1:10 000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak üretilen harita ve öznitelik verileri ArcGIS programı ve vektör veri girişi araçları kullanılarak ekrandan sayısallaştırma tekniği ile yeniden sayısallaştırılmış, düzenlenmiş ve araştırma alanının ArcGIS ortamında sayısal haritaları ve öznitelik verileri üretilmiştir (Şekil 3.2).

Daha sonra araştırma alanında elde edilebilen ve hava fotoğrafları kullanılarak üretilen verilerin detayına uygun olacak biçimde vejetasyon mozaigi yapısında (bitki örtüsü, yollar, dereler, binalar vs.) zamana bağlı değişiklikleri ortaya koymak için temel materyal olarak 2017 yılına ait sayısal orto-foto haritaları kullanılmıştır (Şekil 3.3). Ayrıca Peyzaj

yapısındaki özellikle bitki örtüsündeki kıyaslamaları ve genel dağılımları görebilmek amacıyla Sentinel-2 uydusunun 2017-2019 tarihli görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Araştırma alanının 1993 yılına ait vejetasyon yapısı ve coğrafi varlıkları (Arslan 1999)

Çalışma alanında 24 yılda meydana gelen değişimleri ortaya koyabilmek amacıyla 1:1 000 -5 000 ölçekli haritalamaya olanak sağlayan sayısal orto-foto haritası çalışma alanını içerecek biçimde kesilerek çalışma alanının 2017 yılına yüksek çözünürlüklü (0,30 m*0,30 m) uydu görüntüleri oluşturulmuştur.

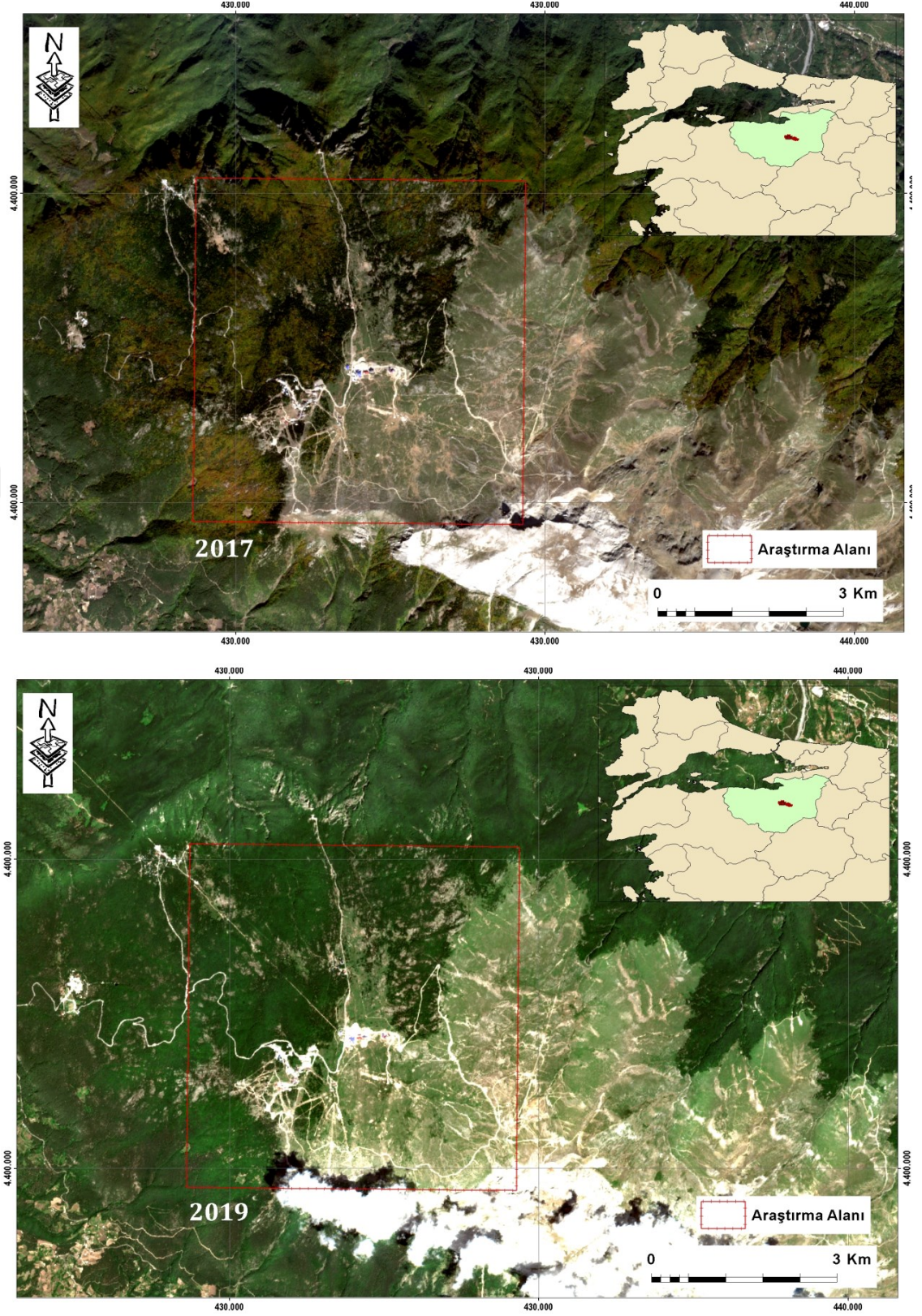
Oluşturulan 2017 yılı orto-foto alt görüntüsüne gözle yorumu ve ekrandan sayısallaştırma işlemini kolaylaştırmak amacıyla görüntü zenginleştirme işlemi uygulanmış böylece görüntü kalitesi yüksek ve daha keskin ve zıtlığı artırılmış bir görüntü elde edilmiştir (Lillesand ve Kiefer, 2000). Zenginleştirme işlemi uygulanmış uydu görüntüleri kullanılarak çalışma alanının vejetasyon yapısı (güncel arazi kullanımı/örtü haritaları) gözle yorumlanarak belirlenmiş, ekrandan sayısallaştırma tekniği ile de veri tabanına girilmiştir.

Daha önce 1993 yılı için 1:10 000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak elde edilmiş ve veri tabanına girilmiş vejetasyon yapısına ve coğrafi varlıklarına ait veriler 2017 yılı orto foto-haritaları kullanılarak elde edilen vejetasyon yapısı ve coğrafi varlıklarına ait

verilerle çakıştırılmış, değişim analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar kıyaslamalı olarak nedenleri ile tartışılmıştır.

Bitki toplulukları ve vejetasyon tipleri Rehder ve diğerlerinin (1994) sonuçları esas alınarak değerlendirilmiştir. Metin içinde geçen bitki isimleri Davis (1965-1985)'e göre verilmiştir.





Şekil 3.4. Araştırma alanının Sentinel-2 uydu görüntüsü (2017 ve 2019 yılı)

4. BULGULAR

Uydu görüntüsü ve CBS teknikleri kullanılarak yapılan bölgenin vejetasyonuna ait analiz sonuçları Çizelge 4.1-2 ve Şekil 4.1-2’de verilmiştir.

Araştırma bölgesinde ormanı oluşturan *A. bornmuelleriana* topluluğunun kapladığı alan 1993 yılında 1 281,33 hektar ve %43,31 (Arslan 1999) iken, mevcut çalışma sonuçlarına göre 1 277,05 hektar ve %43,16 bulunmuştur (Çizelge 4.1; Şekil 4.1-2). Orman topluluğundaki bozulma ile meydana gelen alan kayıp miktarı 1,02 hektar ve 25 yıllık sürede bu kayıp %0,08 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.1-2).

Ruderal vejetasyon tipini bölgede temsil eden *V. olympicum* topluluğunun kapladığı alan 1993 yılında 36,89 ha ve %1,25 olarak saptanmıştır (Arslan 1999). Günümüzde 35,97 hektar ve %1,22 olarak bulunmuş (Çizelge 4.1; Şekil 4.1-2), alan kaybı 0,92 hektar olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2; Şekil 4.1-2).

Araştırma bölgesinde nemli çayır ve keçemsi vejetasyon tipi *N. stricta*, *A. canina*, *T. repens*, *P. atrata*, *P. holostium* topluluklarından oluşmaktadır. *N. stricta* topluluğunun kapladığı alan 1993 yılında 159,95 hektar ve %5,41 olarak bildirilmiş (Arslan 1999), mevcut araştırmada 151,05 hektar ve %5,10’e düştüğü saptanmıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). Bozulmadan dolayı kayıp alan miktarı 8,90 hektar ve oranı %5,56 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). *A. canina* topluluğu için söz konusu değerler 1993 yılında 0,43 hektar ve % 0,01 olarak bildirilmişken, günümüzde 0,13 hektar ve %0,004 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). *A. canina* topluluğundaki kayıp 0,30 hektar olup, kayıp oranı %69,77’e ulaşmıştır (Çizelge 4.2). Benzer olarak daha önce yapılan araştırma sonuçlarına göre dar bir alan kaplayan *T. repens* topluluğunun kapladığı toplam alanı 1,64 hektar ve %0,06 iken (Arslan, 1999), günümüzde 0,92 hektara ve %0,03 oranına düşmüştür (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). Toplulukta meydana gelen kayıp miktarı ve oranı 0,72 hektar ve %43,90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Tipik keçemsi kompozisyona sahip *P. atrata* ve *P. holostium* topluluklarında kayıp sadece *P. holostium* topluluğunda meydana gelmiştir (Çizelge 4.1-2). Adı geçen keçemsi topluluk, 1993 yılında araştırma bölgesinin mozağinin 35,12 hektar ve %1,19’luk oranını oluştururken (Arslan, 1999), 2017 uydu

görüntüsünün değerlendirilmesiyle 30,90 hektar ve %1,04 oranına düşmüştür (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). *P. hosteum* topluluğunun kapladığı alanda meydana gelen kayıp 4,22 hektar ve %12,02 oranına ulaşmıştır (Çizelge 4.2). *P. atrata* topluluğunda 1993 yılı için Arslan (1999) tarafından belirlenmiş olan 3,42 hektar ve %0,12'lik oranda değişim olmamıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

Nemli çayır ve keçemsi vejetasyon tipinin mozağında meydana gelen toplam değişim miktarı ve oranı 14,14 hektar ve %7,20 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Bu vejetasyon tipinin kapladığı alan 1993 yılında toplam 200,56 hektar ve %6,78 iken (Arslan, 1999), günümüzde 186,42 hektar ve %6,30 oranına düşmüştür (Çizelge 4.2; Şekil 4.2).

Kış turizminin yoğun olduğu araştırma alanının vejetasyon mozağini oluşturan bodur çalı formasyonu *V. myrtillus* - *J. communis*, *J. communis* ve *A. angustifolius* topluluklarından oluşmaktadır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2). Daha nemli habitatlar üzerinde yayılım gösteren *V. myrtillus* - *J. communis* topluluğunun kapladığı alan mevcut araştırmada 475,33 hektar ve %16,07 oranında saptanmıştır (Çizelge 4.1). Oysa Arslan (1999) 1993 yılı için alan miktarını 525,63 hektar ve % 17,77 olarak bildirmiştir. Buna göre, toplulukta bozulma nedeniyle meydana gelen kayıp miktarı ve oranı 50,30 hektar ve %9,57 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). *J. communis* topluluğundaki kayıp ise 10,99 hektar ve %1,67 olarak saptanmıştır. Zira, bu topluluk için daha önce 1993 yılına ait verilen 659,96 hektar ve %22,31 değerler (Arslan, 1999), mevcut çalışma sonunda 2017 uydu görüntüsünün değerlendirilmesiyle 648,97 hektar ve %21,93 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1). Bir diğer bodur çalı topluluğu olan *A. angustifolius* topluluğunun kapladığı alan 1993 yılında araştırma bölgesinin mozağının 1,41 hektar ve %0,05'lik kısmını oluştururken (Arslan, 1999), günümüzde bu değerler 0,28 hektar ve %0,01'e düşmüştür (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). Bu topluluktaki 24 yıllık boyunca meydana gelen kayıp miktarı ve oranı 1,13 hektar ve %80,14'e ulaşmıştır (Çizelge 4.2).

Bodur çalı vejetasyon tipinin kapladığı alanda 24 yıllık bozulma nedeniyle meydana gelmiş olan kayıp miktarı toplam 62,42 hektar ve %5,26 oranında hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Bodur çalı vejetasyonunun kapladığı alan 1993 yılında 1 187,00 hektar ve %40,12

iken (Arslan, 1999), günümüzde 1 124,58 hektar ve %38,01 oranına gerilemiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.2).

Daha ziyade Uludağ'ın yüksek rakımlarında geniş yayılış gösteren sert yastık vejetasyon tipi *F. cyllenica*, *F. punctoria* ve *A. ulicinum* topluluklarını içermektedir (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2). Bu vejetasyon tipinde bozulma sadece *F. cyllenica* topluluğunda meydana gelmiştir. Topluluğun kapladığı alan Arslan (1999)'a göre 1993 yılında 62,95 hektar ve %2,13 iken, günümüzde 57,95 hektar ve %1,95'e gerilediği bulunmuştur (Çizelge 4.1; Şekil 4.1). Toplulukta bozulma nedeniyle meydana gelen kayıp 5,00 hektar ve % 7,94 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Turizm etki alanının dışında ve daha yüksek rakımlarda yayılış gösteren *F. punctoria* ve *A. ulicinum* topluluklarında 1993 yılında bulunmuş olan değerler aynen saptanmıştır. Bozulmanın olmadığı saptanan bu topluluğun kapladığı alanlar *F. punctoria* topluluğu için 58,68 hektar ve %1,98 ve *A. ulicinum* topluluğu için %0,92'lik oran ile 27,33 hektardır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1)

Sert yastık vejetasyon tipinde bozulma nedeniyle meydana gelen kayıp 5,00 hektar ve %7,94 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2; Şekil 4.2). Bu vejetasyon tipinin 1993 yılında 148,96 hektar ve %5,03 oranında alanı kapladığı bildirilmiştir (Arslan, 1999). Günümüzde ise bu değerler 143,96 ve %4,87'e düşmüştür (Çizelge 4.1)

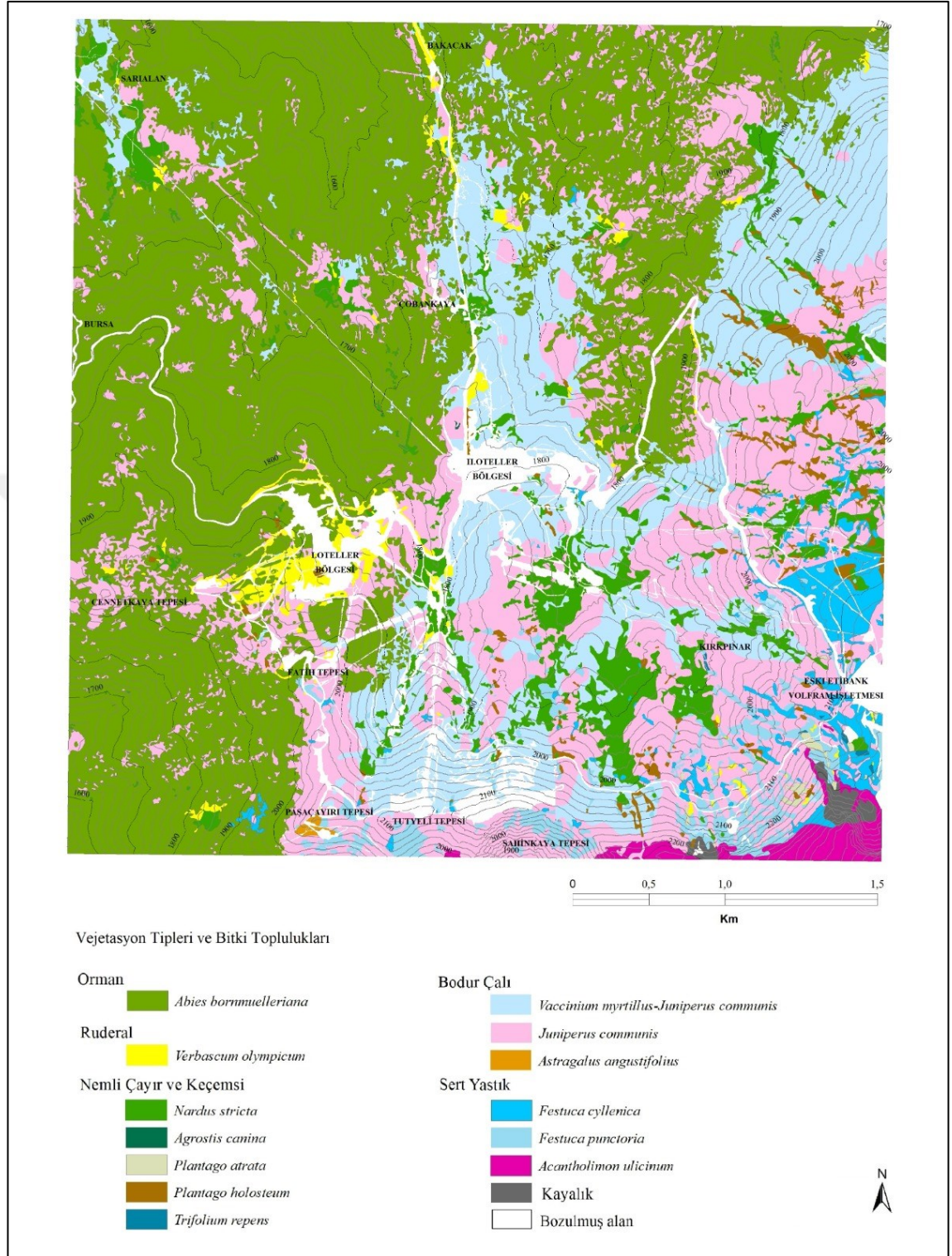
Araştırmada, tüm alanda meydana 24 yıl boyunca turizm etkenlikleri nedeniyle meydana gelen kayıp 86,78 hektar olup 1993 yılına göre %91,11'lik bir artışı göstermektedir. (Çizelge 4.2.). Zira 1993 yılında bozulmuş alan miktarı 95,25 hektar ve tüm araştırma alanının %3,22'sini oluştururken (Arslan, 1999), günümüzde ise bozulmuş alan miktarının 182,03 hektara ulaştığı ve tüm araştırma alanının %6,15'ini oluşturduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. CBS teknikleri kullanılarak yapılan uydu görüntüsü analizlerine göre 1993-2017 yılları arasında araştırma alanındaki bitki toplulukları ve ait oldukları vejetasyon tiplerinin kapladığı alanların hektar (ha) ve oransal olarak dağılımları.

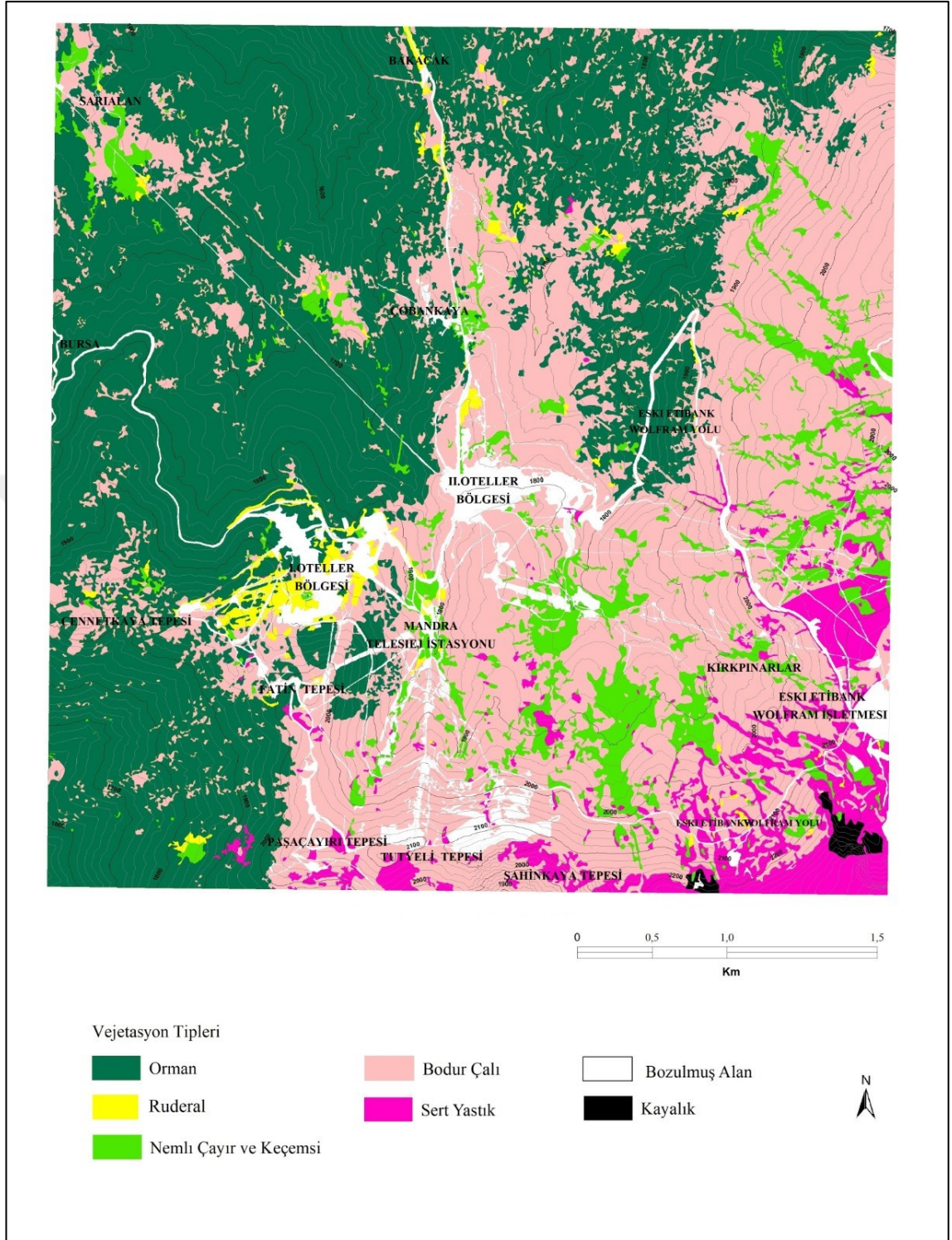
Vejetasyon tipi	Topluluk	Arslan (1999)		Mevcut çalışma	
		Alan ha	%	Alan ha	%
Orman					
	<i>Abies bornmulleriana</i>	1 281,33	43,31	1 277,05	43,16
	Vejetason tipi toplamı	1 281,33	43,31	1 277,05	43,16
Ruderal					
	<i>Verbascum olympicum</i>	36,89	1,25	35,97	1,22
	Vejetason tipi toplamı	36,89	1,25	35,97	1,22
Nemli çayır ve Kecemsi					
	<i>Nardus stricta</i>	159,95	5,41	151,05	5,10
	<i>Agrostis canina</i>	0,43	0,01	0,13	0,004
	<i>Trifolium repens</i>	1,64	0,06	0,92	0,03
	<i>Plantago atrata</i>	3,42	0,12	3,42	0,12
	<i>Plantago holosteum</i>	35,12	1,19	30,90	1,04
	Vejetason tipi toplamı	200,56	6,78	186,42	6,30
Bodur Çalı					
	<i>Vaccinium myrtillus-</i>	525,63	17,77	475,33	16,07
	<i>Juniperus communis</i>	659,96	22,31	648,97	21,93
	<i>Juniperus communis</i>	659,96	22,31	648,97	21,93
	<i>Astragalus angustifolius</i>	1,41	0,05	0,28	0,01
	Vejetason tipi toplamı	1 187,00	40,12	1 124,58	38,01
Sert yastık					
	<i>Festuca cyllenica</i>	62,95	2,13	57,95	1,95
	<i>Festuca punctoria</i>	58,68	1,98	58,68	1,98
	<i>Acantholimon ulicinum</i>	27,33	0,92	27,33	0,92
	Vejetason tipi toplamı	148,96	5,03	143,96	4,87
Taşlık Alan		8,69	0,29	8,69	0,29
Bozulmuş Alan		95,25	3,22	182,03	6,15
Toplam alan		2 958,70	100,11	2 958,70	100,00

Çizelge 4.2. Araştırma alanında 1993-2017 yılları arasında bitki toplulukları ve ait oldukları vejetasyon tiplerinde bozulma nedeniyle kaybedilen alan miktarları (ha) ve kayıp artış oranları.

Vejetasyon tipi	Topluluk	1993-2017 arasında kaybedilen alan miktarı ve kayıp artış oranı	
		ha	%
Orman			
	<i>Abies bornmulleriana</i>	1,02	0,08
Orman vejetasyon tipindeki toplam kayıp		1,02	0,08
Ruderal			
	<i>Verbascum olympicum</i>	0,92	2,49
Ruderal vejetasyon tipindeki toplam kayıp		0,92	2,49
Nemli çayır ve Kecemsi			
	<i>Nardus stricta</i>	8,90	5,56
	<i>Agrostis canina</i>	0,30	69,77
	<i>Trifolium repens</i>	0,72	43,90
	<i>Plantago atrata</i>	0,00	0,00
	<i>Plantago holosteum</i>	4,22	12,02
Nemli çayır ve keçe vejetasyon tipindeki toplam kayıp		14,14	7,20
Bodur Çalı			
	<i>Vaccinium myrtillus-Juniperus communis</i>	50,30	9,57
	<i>Juniperus communis</i>	10,99	1,67
	<i>Astragalus angustifolius</i>	1,13	80,14
Bodur çalı vejetasyon tipindeki toplam kayıp		62,42	7,20
Sert yastık			
	<i>Festuca cyllenica</i>	5,00	7,94
	<i>Festuca punctoria</i>	0,00	0,00
	<i>Acanthholimon ulicinum</i>	0,00	0,00
Sert yastık vejetasyon tipindeki toplam kayıp		5,00	7,94
Toplam bozulmuş alan ve artış oranı		86,78	91,11



Şekil 4.1. Araştırma alanın 2017 yıllı uydu görüntüsü verilerine göre hazırlanan bitki toplulukları mozaïği haritası.



şekil 4.2. Araştırma alanının 2017 yıllı uydu görüntüsü verilerine göre hazırlanan vejetasyon tipleri mozaig haritası.

Alan gözlemler sırasında yapılaşmaların hızla arttığı gözlenmiştir. Örneğin, Çobankaya mevkiinde daha önce *N. stricta* nemli çayır topluluğunun bulunduğu alanda cami yapılırken hemen yanında da araç park alanı oluşturulmuştur (şekil 4.3). Yine Çobankaya kamp alanında daha önce *N. stricta* nemli çayır topluluğunun bulunduğu alanda çocuk parkı ve çeşitli yapılar ile yol inşa edilmiştir (şekil 4.4).

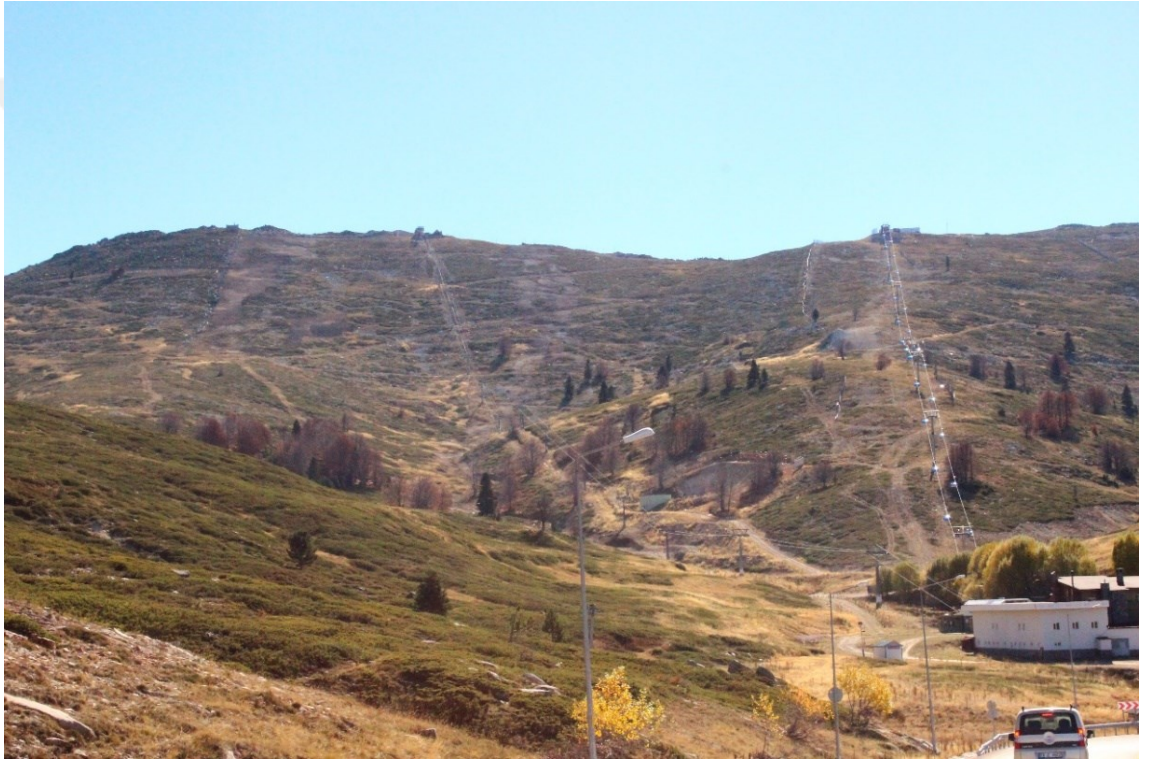


şekil 4.3. Çobankaya kamp alanının girişinde yer alan cami ve araç parkı.



şekil 4.4. Çobankaya kamp alanında inşa edilen çocuk parkı ve çeşitli yapılar ile yol.

Mandra telesiej istasyonu ve ikinci turizm gelişim bölgesi ile Şahinkaya ve Tutuyeli tepeleri arasında yer alan kayak pistlerinde önemli alan bozulmalarının meydana geldiği saptanmıştır (Şekil 4.1,2,5-7). Özellikle eski Wolfram maden yolu ile Şahinkaya tepesi arasında yer alan ve *J. communis* ve *V. myrtilus* - *J. communis* bodur çalı topluluklarının geniş olarak yayılış gösterdiği bölgede granit kayalar makineler ile kırılarak önemli bozulmalara sebep olunmuştur (Şekil 4.5-7). Pistin düzleştirilmesi amacıyla granit kayaların kırılması sonrasında rüzgarın yağın karı sürüklemesini engellemek için tahtadan rüzgar kırıcılar yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.5. Mandra telesiej istasyonu ve ikinci turizm gelişim bölgesi ile Şahinkaya ve Tutuyeli tepeleri arasında yer alan kayak pistleri.



Şekil 4.6. Şahinkaya tepesinde kayak pistini düzleştirmek için makinalarla kırılmış kayalar.



Şekil 4.7. Şahinkaya tepesinde kayak pistini düzleştirmek için makinalarla kırılmış kayaların yakından görünüşü.



Şekil 4.8. Şahinkaya tepesinde yağın karın sürüklemesini engellemek için tahtadan yapılan rüzgar kırıcılar.



Şekil 4.9. İşletmeye 1990 yılından beri kapatılmış olan Etibank Wolfram maden işletmesi mevkiisi ile İkinci Turizm gelişim bölgesi arasında inşa edilen yeni kayak pisti.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Son yıllarda, Uludağ kayak merkezleri bölgesinde artan yeni otel binası, otopark, yol ve özellikle de makinelerle kayak pisti yapımı için granit kayalarının parçalanması nedeniyle çevre sorunları artmaktadır. Makine ile düzleştirme, kayakçılar için düz bir yüzey elde etmek amacıyla kayak pistleri oluşturmak için en yaygın kullanılan tekniktir. Bu teknik, tüm bitki örtüsünün ve toprak yüzeyinin, tohum bankası ve toprak biyotası ile birlikte kaldırılmasını ve kayaların yer değiştirmesine yol açmaktadır. İnşaattan sonra toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri önemli değişikliklere uğrarken (Meijer zu Schlochtern ve diğerleri, 2014; Gros ve diğerleri, 2004) aynı zamanda toprak sıkışmasının artmasının yanında (Barni ve diğerleri, 2007; Pohl ve diğerleri, 2009) fosfor, bazik kationlar daha yüksek konsantrasyonlara çıkmakta ve toprak pH'ı daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Meijer zu Schlochtern ve diğerleri, 2014). Orman kuşağı üzerinde yer alan alpin bölgede makinelerle yapılan düzleştirmenin önemli erozyon olaylarına yol açacağı; bu alanlarda yeniden bitki örtüsünün yerleşmesinin çok uzun zaman alacağı hatta imkansız olduğu bildirilmiştir (Urbanska ve Fattorini, 2000). Yüzey erozyonu, azotça zengin döküntünün kaybolmasına, toprak azot havuzlarının doğal olarak yeniden kendini tamir etmesini engellenmesine, azotça yetersiz koşullara sebep olur (Claassen ve Zasoski 1998). Kayak sporu ve makinelerle hazırlanan kayak pisti vejetasyonda ve toprakta mekanik zarara neden olabilmektedir (Wipf ve diğerleri, 2005). Özellikle, var olan toprak yüzeyi ve bitki örtüsü mekanik olarak taşındıktan sonra parçalanmış granit yamaçlarda vejetasyonun yeniden canlanması genellikle zordur. Bunun nedeni, granitik ana materyallerin tipik olarak zayıf bir besin tutma kapasitesine, düşük süzülme oranlarına ve kurduğu zaman sert yapı oluşumuna eğilimli bir alt tabaka yaratmasına dayandırılmaktadır. Bu durum da düşük süzülme oranları, daha hızlı toprak üstü akışları ile yüzey erozyonunu arttırırken, toprağın yağış anında daha az nem tutmasına ve çok hızlı kurmasına sebep olur. Bu karakterlerin hepsi kök büyümesini sınırlandırır ve vejetasyon büyümesini yavaşlatır (Claassen ve Zasoski 1998). Watson (1985)'a göre dünyada genel olarak kayak pistlerinin ağaç orman sınırının üst kısmında kurulmasının alpin otlak ekosistemlerindeki antropojenik bozulmaların ana nedenini oluşturmaktadır. Yerel otlakların daimi vejetasyonunu ve toprak yüzeyini yerinden oynatarak gerçekleştirilen kayak pisti yapımı, taşları parçalayarak topografyayı şekillendirilen

tümsek ve engebelerden geriye kalan fazla materyallerle yerle bir edilmektedir (Şekil 4.5-7). Bu durum, özellikle toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin ve vejetasyon dinamiklerine bağlı ekosistem işlevinin şiddetli bozulmasını sonuçlandırmaktadır (Gros ve diğerleri, 2004). Topraktaki besin durumu, bitkilerin tekrar kolonileşmesi ile bitki türlerinin kompozisyonu ve bitki biyoması kayak pisti yapımından dolayı önemli ölçüde değişime uğramaktadır (Ruth-Balaganskaya ve Myllynen-Malinen 2000; Hudek ve diğerleri 2020).

Güleryüz ve diğerleri (2010a) Uludağ birinci turizm gelişim bölgesinde yer alan kayak pistlerinin içinden ve dışından aldıkları toprak örneklerini besin elementleri açısından karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, yaptıkları karşılaştırmalı çalışma sonunda, kayak pistlerinde bozulmaya bağlı olarak toprakların su tutma kapasitesi (%), toplam azot (N), organik karbon (C) ve kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}) ile potasyum (K^{+}) içerikleri en yüksek bozulma düzeyine sahip olan alanlarda, bozulmamış bitişik alanlara göre daha düşük olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, bozulmuş alanlarda ikincil bitki örtüsünün gelişmeye başlamasıyla toprak parametrelerinde düzelme eğilimi olduğunu bildirmişlerdir. Aynı kayak pistlerinde, kontrollü koşullarda (%60 su tutma kapasitesi ve 20 °C) toprakların azot mineralleşme oranları üzerinde yapılan başka bir çalışma sonuçları; kayak pistlerinin bozulmuş iç kısımlarında su tutma kapasitesi, organik karbon ve toplam azotun azalmasına bağlı olarak azot mineralleşme ve nitrifikasyon oranlarının düşüş gösterdiğini; buna karşın doğal olarak iyileşmenin başladığı kayak pistinde, kayak pistlerinin dışına göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Güleryüz ve diğerleri, 2011). Liu ve diğerleri (2018), gelecekteki arazi kullanımı ve iklim değişikliklerinin ekosistem hizmetlerinden olan azot ve fosfor arıtma, su sağlama ve toprağı tutma hizmetleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılara göre sonuçlar (1) gelecekteki arazi kullanımı değişikliklerinin, diğer hizmetlere kıyasla fosfor arıtma hizmetini azaltırken, azot arıtma hizmetini önemli ölçüde iyileştireceğini; (2) iklim değişikliğinin su sağlanması ve toprağın tutulması üzerinde önemli etkileri olacağını ve (3) her ikisinin sebep olduğu birleşik senaryoların açıkça tüm ekosistem hizmetlerini etkileyeceği ve diğer üç hizmetten farklı bir azot arıtma hizmetine yol açacağını göstermektedir.

Araştırmanın konusunu oluşturan bölgede, 24 yıllık sürede en düşük alan kaybının *A. bornmuelleriana* orman topluluğunda meydana geldiği saptanmıştır. Kayba uğrayan alan Sarıalan ile II. Turizm Gelişim bölgesi arasında yeni inşaa edilen teleferik hattı nedeniyle ince bir hat boyunca meydana gelmiştir (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2). Söz konusu alanın eğimi oldukça düşük olup erozyon riski çok azdır. Bu nedenle de bozulmuş alanlar orman altındaki çalı ve ot türlerince kısa sürede örtülebilecektir.

Belirgin olarak besince zengin alanlarda, özellikle sık çöküntülerde otlayan hayvanların daha uzun süre oyalandığı bodur fundalıklara ve hasır çimenliklere dağılmış halde bulunan *V. olympicum* ruderal topluluğunun otel yerleşiminin yakınında güçlü bir şekilde temsil edildiği bildirilmiştir (Arslan, 1999). *V. olympicum* türünün Uludağ subalpin kuşakta yer alan turizm gelişim bölgelerinin çevresinde bozulma sonucu ortaya çıkan alanlara gelip yerleşerek egemen olmaktadır. Ayrıca bu toplulukta *R. alpinus* ve *Urtica dioica* yanında iki büyük yapraklı endemik *V. olympicum* ve *R. olympicus* da karakteristik bitki türleridir (Rehder ve diğerleri, 1994). Yaptığımız çalışmada, bölgede bozulmuş alanların doğal süksesyonel süreçle geri kazanılmasında önemli role sahip *V. olympicum* ruderal topluluğunda bile alan bozulmasından dolayı 0,92 hektarlık kayıp olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2). Özellikle Uludağ kış turizm merkezinde bozulmuş alanların geri kazanılmasında önemli bir ekolojik işleve sahip olan (Güleryüz ve diğerleri, 2008) bu toplulukta da alan kayıplarının olması durumu bozulmanın şiddetini göstermesi açısından ilginçtir. Dünyada yapılan araştırma sonuçlarına göre, bozulmuş alanlar üzerinde öncü türlerin hızla yerleşmesinin ortamdan besin kayıplarının azalmasına (Marks ve Bormann, 1975), oluşturacakları gölge ile toprak sıcaklığını düşürerek organik maddenin daha az parçalanmasına ve nitrifikasyon oranlarının düşmesine (Foster ve diğerleri, 1980), ayrıca ortamdaki besinleri yapılarındaki bileşiklere katarak besin kayıplarının azaltılmasına (Vitousek ve Reiners, 1975) katkı yaptıkları gösterilmiştir.

Çalışmamızın kapladığı alan içinde yer alan ikinci gelişim bölgesinin faaliyete geçmesiyle bozulma oldukça artmıştır. Son yapılan bir çalışmada, 1981’de tek bir yetersiz herbarium örneğine göre tanımlanmış olan ve günümüze kadar holotip kaydı dışında kayıt alınamayan nadir ve endemik *F. decolorata* Markgr.-Dann. türünün maksimum dağılım alanının 6.15 km² olduğu ve sadece ikinci turizm gelişim bölgesinin

bulunduğu alanda saptandığı bildirilirken; türün ciddi bir yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu ve korunması için acil önlemlere ihtiyaç duyulduğu rapor edilmiştir (Erdal ve diğerleri, 2022). İkinci turizm gelişi bölgesi faaliyete geçtikten sonra otellerin kurulduğu ve hemen önünde inşaat atıklarının yığıldığı alanda *Nardus stricta* nemli çayır topluluğu geniş olarak yayılış gösterdiği daha önceki araştırmalarda ortaya konulmuştur (Arslan 1999; Arslan ve diğerleri, 1999). Rehder ve diğerleri (1994), *N. stricta* nemli çayır topluluğunun belirli temsilcilerinin, *Deschampsia caespitosa*, *F. rubra* veya *Carex nigra*, gibi çimlerin yanı sıra *Ranunculus constantinopolitanus*, *P. gentianoides* ve *Crepis alpestris* gibi küçük, etli, higromorfik, rozet benzeri bitkilerin de sıklıkla göze çarptığını, *Carex nigra*, *C. spicata*, *Juncus anatolicus*, Uludağ endemiği *P. olympica* ve bir böcek kapan türü olan *Pinguicula balcanica* gibi bataklık karakteri gösteren ve ortalama olarak bölgedeki en nemli alanları temsil ettiğini bildirmişlerdir. Özellikle Uludağ endemiği olan nadir *P. olympica* türünün yayılış gösterdiği bu bataklık formasyonunda, bu türün varlığı bulunduğu alanda ya da yakınında mutlaka bir “pınar” varlığına da işaret etmektedir (Kırmızı ve diğerleri, 2010). Araştırmacılar *N. stricta* nemli çayır topluluğuyla ilişkili olarak yine nemli ortamlarda *A. canina*, *T. repens*, daha üst rakımlarda *P. atrata* ve *P. holostium* topluluklarının da bölgede dağılım gösterdiğini rapor etmişlerdir. Özellikle ikinci gelişim bölgesi ve yakın çevresinde bu nemli çayır topluluklarında kayıplar olmuştur (Çizelge 4.1-2, Şekil 4.1-2). Bozulma nedeniyle 8,90 hektarlık alanın bozulma nedeniyle kaybedilen *N. stricta* nemli çayır topluluğu yüksek örtülülük derecesi ve güçlü saçak kök sistemlerine sahip olmasıyla erozyonu önlemenin yanında suyun süzülerek yeraltı sularının beslenmesine de önemli katkıda bulunmaktadır. Bu ekolojik işlevinin yanında azot döngüsünün dengeli şekilde gerçekleşmesi açısından da önemlidir. Araştırmamızın gerçekleştirildiği Uludağ subalpin ve alpin kuşağında, Güleriyüz ve Gökçeoğlu (1994) tarafından yapılan azot döngüsü çalışmasında yıllık net mineral azot veriminin *Festuca* topluluğunda 25,61 kg/ha/yıl ve *Juniperus* topluluğunda 25.09 kg/ha/yıl iken *N. stricta* nemli çayır topluluğunda 12,91 kg/ha/yıl olarak oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca araştırmacılar nitrifikasyon oranının ($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$) da diğer topluluklara göre oldukça düşük olduğunu bildirmişlerdir. Söz konusu ikinci gelişim bölgesinde ve subalpin kuşağın genelinde bozulma sonucu *V. olympicum* bu alanlara ilk gelip yerleşerek “ruderal topluluğu”nu oluşturmuştur. Güleriyüz ve diğerleri (2008), bozulmuş alanlar üzerinde gelişen *V. olympicum* topluluğunu temsilen ikinci turizm

gelişim bölgesi yakınında belirlenen alanda bir yıl boyunca toprak örnekleme yapılarak yıllık net azot verimliliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar yıllık net mineral azot veriminin bu ruderal toplulukta 96 kg N/ha/yıl olarak bulmuşlar, nitrifikasyon oranının da %84'e ulaştığını hesaplamışlardır. Aynı çalışmada nemli yerlerde bozulma sonucu öncü olarak gelip yerleşen ve egemen olan *R. olympicus* topluluğunda ise yıllık net mineral azot verimi 188 kg N/ha/yıl ve nitrifikasyon oranı da %93 olarak hesaplamışlardır. Bu rakamlar bölgede alan bozulmasıyla özellikle nitrat üretiminin arttığını göstermektedir. Eğer üretilen nitrat bitkilerce tekrar bağlanmaz ise denitrifikasyon süreciyle azotun alandan atmosfere gaz formunda kaybedilmesine (atmosferin sera gazı miktarının artışına) ve yer üstü ile yer altı sulara nitrat kirliliğine yol açabilecektir (Vitousek ve diğerleri, 1979). Dünyada yapılan çeşitli araştırmalarda alan kullanım değişimi ya da bozulmasının azot döngüsünde ve karbon döngüsünde önemli sorunlara yol açtığı ortaya konulmuştur (örn. Hackl ve diğerleri, 2000; Parfitt ve diğerleri, 2003; Vitousek ve Matson, 1985).

A. canina topluluğu yayılım alanları keçemsi çayırlik alanlarda ve bunlara aracılık eden bodur fundalıkların nemli kısımlarında bulunmaktadır. Ağaç sınırının altında sadece iki alanda (Çobankaya ve Çobankaya-Sarıalan arasındaki ormanlık alanların açıklık bölgelerinde) kaydedilen bu tür nadir durumlarda baskın hale geldiğini bildiren Rehder ve diğerleri (1994), *Nardus* topluluğu *A. canina* topluluğunun yanında geri çekildiğini, *V. olympicum*, *R. acetosella*, *Scleranthus perennis* ve *Spergularia rubra* türlerinin seyrek bir dağılım gösterdiğini rapor etmişlerdi. Araştırmacılar bu toplulukta, *C. nigra*, *C. spicata*, *J. anatolicus*, *P. olympica* ve *P. balcanica* gibi bataklık bitkilerinin yokluğu ile etli *Sedum pallidum*'un ortaya çıkışının *Nardus* nemli çayır alanına göre daha düşük bir ortalama nem içeriğine sahip olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırma alanında Arslan (1999)'a göre *A. canina* topluluğunun 0,43 hektarlık alanı kaplarken günümüzde kapladığı alan 0,30 hektara düşmüştür. Bu da kayıp oranının %69,77'e ulaştığını göstermektedir (Çizelge 4.2).

Rehder ve diğerlerine (1994) göre, *T. repens*, Uludağ'ın her yerinde küçük yapraklı, pembe ila kırmızı çiçekli bir varyete olan *T. repens* var. *orphanideum* ile temsil edilmektedir. Araştırmacılar, bu varyetenin keçemsi çayırlarda diğer türler ile birlikte ile

yaygın olarak bulunduğunu, ancak yalnızca alpin seviyesinde uzun süre nemli, karla kaplı çöküntülerinde bulunan özel bir kompozisyon ile baskın hale geldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Uludağ'a endemiği ve daha önce orman kuşağında yalnızca ara sıra ortaya çıkan çok yıllık bir papatyası türü olan *Tripleurospermum pichleri*, şaşırtıcı bir şekilde burada net dağılım durumu gösterdiği de vurgulanmıştır. *A. multifida*, *F. rubra* subsp *pseudorivularis*, *Carduus olympicus* subsp *olympicus* endemiklerin bulunması ve bu topluluğun daha sıklıkla etkilenmiş alanlar üzerinde ortaya çıkışı ruderal özellik göstermesinin yanında *N. stricta*, *D. caespitosa* ve *P. gentianoides* bireylerinin varlığı ise nemli çayır karakterini öne çıkarmaktadır. Arslan (1999) tarafından bu topluluğun araştırılan alanda vejetasyon mozaığının 1,64 hektarlık (%0,06) dar bir alanı kapladığı bildirilmişken, çalışmamızda alan bozulması nedeniyle bu topluluğun kapladığı alan 0,92 hektara (%0,03) kadar daralmıştır (Çizelge 4.1-2). Bu topluluğa ait alan bozulması nedeniyle yaklaşık yirmibeş yıllık kayıp oranı %43,9 olmuştur (Çizelge 4.2). Bu daralmalar, bölgede yayılış gösteren Uludağ endemiği bitki çeşitlerinin de habitatlarının kaybolması anlamına gelmekte olup, nadir ve endemik türlerin de yok olma riskini arttırmıştır.

Nemli çayır ve keçemsi vejetasyon tipine ait olan *P. atrata* ve *P. holostium* toplulukları, Rehder ve diğerlerine (1994) göre, fizyonomik bakımdan küçük keçemsi türlerinin egemen olduğu ve genellikle de yere basık rozetsi keçemsi toplulukları oluşturmaları bakımından *Trifolium* topluluğuna benzemektedir. Araştırmacılar, *P. atrata* topluluğunun *Trifolium* topluluğuna en yakın olan topluluk olmakla birlikte büyük ölçüde çöküntülerin dışında, özellikle alpin kuşakta ve kuzey yönündeki yamaçlarda kireçtaşı ve silikat zeminlerde yayılış gösterdiğini bildirmişlerdir. *P. atrata* topluluğunun yayılış alanlarında bozulma meydana gelmediği saptanmıştır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1). Bunun nedeni, topluluğun yayılış alanları turizm etkenliğinin ulaşmadığı daha dik alpin kuşakta bulunmasından kaynaklanmaktadır.

P. holostium türü çalışma alanında diğer türlere göre çok daha geniş bir dağılıma sahiptir ve bodur ardıç toplulukları arsında yaygın olarak bulunurken; *P. holostium* topluluğunun kapladığı alanların örtüsünün genellikle yamalı, bazen seyrek olarak tamamı subalpin ve alpin kuşakta silikat ana materyal üzerinde yayılış göstermektedir

(Rehder ve diğ erleri, 1994). Adı geçen topluluk özellikle İkinci Turizm bölgesi ve wolfram maden işletmesi yolu arasında geniş yayılı  göstermektedir. Bu nedenle *P. holosteum* topluluğunun kapladığı alanlarda önemli miktarda bozulma meydana gelmiştir ( izelge 4.1-2;  ekil 4.1-2). *P. holosteum* topluluğunun kapladığı alan 1993 yılında 35,12 hektar olarak belirlenmi ken (Arslan, 1999) iken günümüzde bu değ r 4,22 hektar kayıpla 30,90 hektar olarak bulunmuştur. Bozulma nedeniyle 24 yıllık alan kaybının oranı %12 olmuştur ( izelge 4.2).

Araştırmaya konu olan bölgede *N. stricta*, *A. canina*, *T. repens*, *P. atrata* ve *P. holosteum* toplulukları ile temsil edilen nemli  ayır ve keçemsi vejetasyon tipinde 24 yıl boyunca alan bozulması nedeniyle meydana gelen toplam kayıp 14,14 hektar olarak bulunmuştur ( izelge 4.2;  ekil 4.1-2). Bu da ilgili zaman aralığında %7,20 oranında bir alan bozulmasını göstermektedir.

Uludağ kayak merkezleri bölgesinde son yıllarda bozulmanın en yoğ n yaşandığı pistler granit ana kaya üzerinde yer almakta olup ( ekil 4.5-7) bu bölgede kayalar arasında genel olarak *V. myrtillus* – *J. communis* ile *J. communis* bodur çalı toplulukları egemendir. Kayaların sağıladığı koruma ile bodur çalı toplulukları bu alanda yayılabilme imk nı bulmuştur. Hem kayalar hem de bodur ardı  toplulukları yağan karın dağılmasını engelleyerek kar birikimine ve karın erimesiyle su kaynaklarının beslenmesine dengeli bir şekilde katkı yapar. Kayak pistleri oluşturmak için kayaların kırılmasıyla yapılan düzleştirme, r zg rın etkisiyle yağan karın savrulmasına yol a tığından bu bölgelerde karın savrulmasını engellemek için pistler boyunca tahtadan r zg r kırıcılar yapılmıştır ( ekil 4.8). Rehder ve diğ erleri (1994) tarafından yapılan vejetasyon çalışmasında ardı ın yoğ n bir şekilde gelişim gösterdiği alanları, "bodur çalı fundalıkları" olarak tanımlamı lar, fakat bunların genellikle alt rakımlardaki temsilcilerinin bir metreden fazla büyüdüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar  oğ  durumda, g r n  lerinin yanıltıcı olduğ nu ve daha yakından incelendiğinde, gölgelemeye rağ men, ancak otlatmadan korunan yerde *Genista lydia* gibi sarı renkli  i ekli bir başka bodur çalı, yine sarı renkli  i ekli *Crepis smyrnaea* ve endemik *Senecio olympicus*'un yanı sıra zarif *Campanula olympica* ve *Galium album* ssp. *prusense* gibi çok sayıda refakatçi bitki çeşidinin dağılım gösterdiğine dikkat çekmişlerdir. Daha alt kademelerde  rneğ n Kırkpınarlar çevresinde

nemli, daha uzun süre karla kaplı kalan yerlerde, esas olarak subalpin seviyesinde, ama aynı zamanda yer yer daha yüksek yerlerde, ardıc çalılıkları yaban mersini (*V. myrtillus*) ile daha düşük bir bodur çalı ve daha nadir görülen bataklık yabanmersini (*V. uliginosum*) ile beraber bulunmaktadır. Ericaceae'nin başka bir temsilcisi olarak iğne şeklindeki kıvrımlı yapraklarıyla tanınan *Bruckenthalia spiculifolia* genellikle onlara katılır. Bu üç türün karakterize ettiği bitki topluluğu daha nemli olan yerlere eğilim göstermektedir. Daha nemli alanlarda yayılış gösteren *V. myrtillus* - *J. communis* topluluğu 1993 yılında 525,63 hektar ve %17,77'lik alanı kaplarken (Arslan, 1999), günümüzde bu alan 475,33 hektara ve %16,07'lik orana düşmüştür (Çizelge 4.1). Topluluğun kapladığı alanda yaklaşık 25 yıllık sürede 50,30 hektarlık kayıp meydana gelmiş olup adı geçen sürede alan kayıp oranı %9,57 olmuştur (Çizelge 4.2). Daha kurak alanlarda yayılış gösteren *J. communis* topluluğunda ise kayıp 10,99 hektar ve %1,67 oranında saptanmıştır (Çizelge 4.2). Bölgede bodur çalı vejetasyon tipini temsil eden *A. angustifolius* topluluğu Rehder ve diğerleri (1994), sosyolojik olarak benzer tür kombinasyonları nedeniyle bodur çalı vejetasyon tipine yerleştirildiğini, ancak fizyonomik olarak sert yastık topluluklarıyla daha uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, özellikle endemik *F. paphlagonica* türünün hemen hemen tüm bodur çalı ve sert yastık vejetasyon tiplerinde iyi temsil edildiğini vurgulamışlardır. Arslan (1999) sonuçlarına göre *A. angustifolius* topluluğu Paşacayırı ve hemen güney yamacında 1,41 hektarlık dar bir alanda bölgenin vejetasyon mozağına katkı yapmaktadır. Bu çalışma sonuçlarına göre bu toplulukta da bozulma nedeniyle 1,13 hektarlık kısmı kaybedilmiştir (Çizelge 4.1-2). Buna göre, 24 yıllık süre boyunca toplulukta meydana gelen kayıp oranı %80,14 gibi oldukça yüksek bir değere ulaşmıştır.

Genel olarak bodur çalı vejetasyon tipinde 62,42 hektarlık alan bu sürede kayak pisti yapmak için makine ile taşların kırılıp düzleştirilmesi nedeniyle doğal yapısını ve dengesini yitirmiştir (Çizelge 4. 2; Şekil 4.5-9).

Uludağ'da yayılış gösteren sert yastık vejetasyon tipi *F. cyllenica*, *F. punctoria* ve *A. ulicinum* topluluklarını içermektedir (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2). Bu vejetasyon tipinde bozulma sadece *F. cyllenica* topluluğunda meydana gelmiş olup alan kaybı 24 yılda 5,00 hektar ve %7,94 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.1). Tür kombinasyonu

ilgili olarak, bu topluluğun da büyük ölçüde *Juniperus* topluluğuyla benzerlik gösterdiği, *J. communis* türünün baskınlığının ortadan kalkmasıyla sert yastık *F. cyllenica* türünün baskın hale geldiği bildirimiştir (Rehder ve diğerleri 1994). Bu topluluk içinde egemen olan *F. cyllenica* Türkiye için endemiktir. Bu topluluk içinde Uludağ için endemik olan *F. punctria* türü de sıklıkla bulunmakla beraber örtülülüğü miktarca daha azdır. Topluluk çoğunlukla gevşek, bazen de yoğun bir şekilde örtülüğe sahiptir. *F. punctoria* topluluğunda egemen olan *F. punctoria* türünün yapraklarının mavimsi tonu nedeniyle diğer otlak topluluklarından açıkça ayrılmaktadır. Bu topluluk, 1 850 ile 2 450 m arasında daha çok silikat alanında, aynı zamanda bazen kireçtaşı ana materyali üzerinde yayılış göstermektedir. Hem mor hem de açık sarı renkli çiçeklere sahip *Viola altaica*, genellikle *F. punctoria* sert yastıkları veya halkalarının ortasında kök salarken aynı şekilde Menekşe renkli *Acinos alpinus* da aynı şekilde topluluğa renk katarlar. Sert yastık vejetasyon tipini içeren topluluklardan özellikle daha yüksek rakımlarda geniş yayılış gösteren *F. punctoria* ve *A. ulcinum* toplulukları (Şekil 4.1-2) alanda yayılış gösteren narin ve pek çok endemik türe oluşturdıkları yert yastık formuyla sert iklim koşullarına karşı onları koruyarak “bakıcı tür = nurse species” işlevini yerine getirmektedir. Ayrıca saçak kökleri sayesinde dik ve iklim koşullarından dolayı zayıf gelişen toprağı tutma işlevi de görmektedirler. Özellikle dağın 2100 m üstünde geniş yayılışı olan *A. ulcinum* topluluğu *Alopecurus vaginatus*, *Scorzonera pygmaea*, *Erodium sibthorpiatum*, *Linum olympicum*, *Veronica caespitosa*, *Thlaspi lilacinum*, *A. olympica* gibi endemik ve *Androsacea villosa*, *Draba brunifolia*, *Iberis spruneri*, *Saxifraga sempervivum* gibi habitatı renklendiren nadir türleri çokça barındırmaktadır (Rehder ve diğerleri 1994). Araştırma sonuçlarımıza göre, turizm etki alanından uzakta ve daha yüksek rakımlarda yayılış gösterdiğinden dolayı *F. punctoria* ve *A. ulcinum* topluluklarında 1993 yılındaki değerler aynen saptanmış olup, alan bozulması saptanmamıştır (Çizelge 4.1-2; Şekil 4.1-2).

Lambin ve diğerlerine (2001) göre, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliğinin nedenlerine ilişkin yaygın anlayışın, birçok çevre geliştirme politikasının temelini oluşturan basit yaklaşımlara dayandığını; incelenen vakalarda dünya çapında arazi örtüsü değişikliğinin yegane ve başlıca sebebinin nüfus artışı ve yoksulluğun olmadığını; bunun yerine, insanların kurumsal faktörlerin aracılık ettiği ekonomik fırsatlara tepkilerinin

arazi örtüsü değişikliklerini yönlendirdiğini; yeni arazi kullanımları için fırsatlar ve kısıtlamaların, yerel ve ulusal pazarlar ile politikalar tarafından yaratıldığını ve küresel güçlerin, yerel faktörlerin taleplerini artırmada ya da azaltmada arazi kullanım değişikliğinin ana belirleyicileri haline geldiğini bildirmişlerdir. Kayak merkezlerinin hem inşaat hem de işletme aşamasında ortaya çıkan önemli çevresel etkilerle karakterize edildiğini belirten Geneletti (2008), Trentino (Kuzey İtalya)'da önerilen kayak alanlarından ikisinin oldukça uygun olmayan çevrede yer aldığını ve ilgili plan hükümlerinin revize edilmesi gerektiği önermiştir. Son yıllarda kayak pistleri ve buna bağlı otel inşaatlarının yapılmasının çevresel sonuçlarının yanı sıra, gelen ziyaretçilerin özellikle koruma altındaki alanlardaki çeşitli rekreasyonel etkinlikleri (kamp yapma, günübirlik doğa yürüyüşü, ata binme, bisiklete binme gibi) sırasında önemli çevresel bozulmalara yol açtığı çeşitli araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Tomczyk, 2011; Barros ve diğerleri, 2015; Nahuelhual ve diğerleri, 2013; Nepal ve Nepal, 2004). Ayrıca, Moscovici (2022), Kuzey Amerika'daki kayak merkezlerinin yarısından fazlası ilk aşırı bina yapılaşmasından bu yana iklimin ısınması ve yapay kar yapmak için su bulma baskılarıyla karşı karşıya kaldığından birçoğunun kapandığını bildirmiştir. Chardon ve diğerleri (2018) aşırı bozulmanın tür zenginliğini, çeşitliliğini ve ayrıca örtü yüzdesini azalttığını ve yastık formundaki türleri olumsuz etkilediğini ve bitki-bitki etkileşimleriyle bu etkilerin bitki tarafından önemli ölçüde azaltılmadığını ortaya koymuşlar; buna bağlı olarak da ağır şekilde bozulmuş dağ sistemlerinin ısınan bir dünyada daha alçak rakımlı türlerin yukarı doğru yayılması için daha büyük risk altına sokabileceği sonucuna varmışlardır.

Günümüzde iklim değişikliği ile ilgi yapılan varsayımlar ve araştırmalarda özellikle yüksek dağ bölgelerinin tür çeşitliliğinin korunması açısından önemine dikkat çekilmektedir (Giménez-Benavides ve diğerleri 2018; Stanisci ve diğerleri, 2005). Özellikle Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü bölgelerde bulunan dağ ekosistemlerinin genellikle kayda değer düzeyde taksonomik çeşitlilik barındırdığı ve bu çeşitliliğin kendine özgün olduğu bildirilmektedir (Pauli ve diğerleri, 2003; Stanisci ve diğerleri, 2016). Akdeniz dağlarının olağanüstü derecede çeşitlilik ve yüksek oranda endemik bitkiler içermesi yanında iklim değişikliğine karşı ise özellikle hassas olduğuna da dikkat çekilmektedir (Giménez-Benavides ve diğerleri 2018).

Akdeniz biyocoğrafya kuşağında yer alan Uludağ da, barındırdığı bitki çeşitliliği ile bitki topluluğu içermesi ve jeomorfolojik özellikleri ile dikkat çekmektedir ve bu özellikleri ile ülkemizde ilan edilen ilk milli parklardandır. Yaklaşık son 30 yıldır araştırmamıza konu olan bölgede yapılaşma ve bozulma oldukça yoğun bir şekilde artış göstermektedir. Oysa Arslan (1999), tarafında hazırlanmış olan vejetasyon mozağine ait veri tabanları dikkate alınarak bir planlama yapılabilir ve uygulanabilirdi. Nitekim dağ ekosistemlerinin küresel değişime ve insan kaynaklı bozulmaya duyarlı olduğuna dikkat çeken Potůčková ve diğerleri (2021), farklı doğa koruma amaçları arasında bir dengenin sağlanmasını önererek uzaktan algılama analizlerinin ayrıntılı mekânsal-zamansal net çıktılarının ilgili yönetim planlarının hazırlamasında doğanın korunması için bir temel olarak hizmet edebileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, Stolton ve Dudley, (2010)'e göre koruma alanları birçok işlevlerinin yanı sıra iklim değişikliğinin hafifletilmesi ile iklim değişikliğine uyum sağlanmasında önemli bir rol oynamak için oluşturulmaktadır. Ayrıca, alpin habitatlarda makine ile yeni pistlerin inşa edilmesinde makine ile düzleştirme yapılmasından kaçınılması gerektiği (Roux-Fouillet ve diğerleri 2011) ve alpin bitki örtüsünün yüksek koruma değerine sahip olduğu alanlarda kayak pistleri kurulmaması önerilmektedir (Wipf ve diğerleri 2005; Roux-Fouillet ve diğerleri 2011).

Uludağ kış turizm merkezinde meydana gelen alan bozulmaları dikkate alındığında, 1986 yılında özel turizm alanı olarak ilan edilen ikinci turizm gelişim merkezinde doğaya müdahalenin daha kontrolsüz ve anlık taleplere göre gerçekleştirildiği görülmektedir. Koruma alanları için sağladığı ekonomik ve uzun soluklu yararları olmasına rağmen Uludağ Milli Parkında 1993 yılından 2017 yılına kadar meydana gelen bozulma hızı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Sonuçlarımız 24 yıl süresince bölgede alan bozulması %91,11 oranında arttığını göstermektedir (Çielge 4.2). Bu bozulma oranı özellikle nemli çayır ve keçemsi vejetasyon tipi (14,14 hektar ve %7,20) ile bodur çalı vejetasyon tipinde (62,42 hektar %5,26) daha yüksek olmuştur. Oysa sadece rekreasyonel amaçlar için yapılan bu kötü müdahaleler sonucu nadir ve endemik bitki açısından zengin, aynı zamanda günümüzde dünya ölçeğinde su krizi gündemde olmasına rağmen, önemli su kaynaklarının bulunduğu alanda önemli ölçüde habitat kayıpları gerçekleşmiştir. En azından, temel gereksinim olan su kaynaklarımızın devamlılığında temel rollere sahip

börtü-böceği ve habitatını korumak zorunda olduğumuzu aklımızdan çıkarmamalıyız. Her ne kadar yapılan planlama ve geliştirilen bu sosyoekonomik planlara göre yapılaşmaya gidildiği öne sürülse de, örneğin gerekli olup olmadığı, hatta hazırlanan planda yer aldığı iddia edilse bile ilk bakışta çok gerekli görülmeyen pek çok yolun varlığını görebiliyoruz (Şekil 4.3-9). Ayrıca kayak merkezinin yerinin uygunluğu iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Tüm bunlara ek olarak yıllardır milli park sınırlarının değiştirilmesi ile ilgili kararlar alınmış, ancak 18.01.2023 tarihli ve 7432 numaralı **“Uludağ Alanı Hakkında Kanun”** 26 Ocak 2023 tarih ve 32085 sayı ile resmi gazetede yayımlanarak **“Uludağ Milli Parkı”** da turizm etkenliğinin yoğun olduğu bölgeyi kapsayan 2 000 hektarlık alan Milli Park statüsünden çıkarılmıştır. Bu sözkonusu alan araştırma alanımızın kapladığı 2 958,70 hektarlık alan içinde yer almaktadır. Bu son karar turizm amaçlı yapılaşmanın gelecekte daha da artacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akman, Y. (1990). İklim ve Biyoiklim Tipleri (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Palme Yayın Dağıtım, Ankara
- Anonim. (1992). *Understanding GIS, The Arc/Info Method*. Environmental Systems Research Institute Inc. Redland, California, USA
- Arslan, H. (1999). Hava fotoğrafları ve coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile Uludağ'ın Sarialan ve Zirve Arasındaki Bölgesinin Vejetasyon Haritasının Çıkarılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa
- Arslan, H., Güleriyüz, G., Gökçeoğlu, M., Rehder, H. (1999). Vegetation mosaic around the second center of tourism development in the Uludağ Mountain, Bursa, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 23(4): 233-239. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol23/iss4/2>
- Asrar, G., Fuch, M., Kanemasu, E.T. & Hatfield, L. (1984). Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal*, 76(2), 300-306. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600020029x>
- Atalay, İ. (1994). Türkiye Vejetasyon Coğrafyası. E.Ü.Basımevi Bornova, İzmir
- Barros, A., Pickering, C. & Gudes, O. (2015). Desktop analysis of potential impacts of visitor use: A case study for the highest park in the Southern Hemisphere. *Journal of Environmental Management*, 150, 179-195. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.004>
- Barbosa, H.A, Huete, A.R. & Baethgen, W.E. (2006). A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environment* 67(2), 288-307. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.022>
- Barni, E., Freppaz, M. & Siniscalco, C. (2007). Interactions between Vegetation, Roots, and Soil Stability in Restored High-altitude Ski Runs in the Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 39(1), 25-33. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2007\)39\[25:IBVRAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2007)39[25:IBVRAS]2.0.CO;2)
- Bayfield N.G. (1996). Long-term changes in colonization of bulldozed ski pistes at Cairn Gorm, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1359-1365. <https://doi.org/10.2307/2404776>
- Beerli, O., Phillips, R., Hendrickson, J., Frank, A.B. & Kronberg, S. (2007). Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for northern mixed-grass prairie. *Remote Sensing of Environment*, 110(2), 216-225. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.02.027>

- Buiten, H.J. (1993). General View of Remote Sensing as a Source of Information. In H.J. Buiten & G.P.W. Jan (Ed.), *Land Observation and Remote Sensing Theory and Applications*. Current Topics in Remote Sensing Vol 3. Gordon and Beach Science Publishers. Reading, UK
- Bunting, E.L., Fullman, T., Kiker, G. & Southworth J. (2016). Utilization of the SAVANNA model to analyze future patterns of vegetation cover in Kruger National Park under changing climate. *Ecological Modelling*, 342, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.09.012>
- Cabral, A.I.R., Vasconcelos, M.J.P., Pereira, J.M.C., Martins, E. & Bartholomé, É. (2006) A land cover map of southern hemisphere Africa based on SPOT-4 vegetation data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(6), 1053-1074. <https://doi.org/10.1080/01431160500307409>
- Camarretta, N., Harrison, P.A., Bailey, T., Potts, B., Lucieer, A., Davidson, N. & Hunt, M. (2020). Monitoring forest structure to guide adaptive management of forest restoration: a review of remote sensing approaches. *New Forests*, 51(4), 573-596. <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09754-5>
- Chamber, J.C. (2000). Restoring alpine ecosystems in the western United States: environmental constraints, disturbance characteristics, and restoration success. In K.M. Urbanska, N.G. Webb & P.J. Edwards (Eds), *Restoration Ecology and Sustainable Development*. (1st ed., pp. 161-187). Cambridge University Press.
- Chardon, N.I., Wipf, S., Rixen, C., Beilstein, A. & Forest Doak D. (2018). Local trampling disturbance effects on alpine plant populations and communities: Negative implications for climate change vulnerability. *Ecology and Evolution* 8(6), 7921-7935 <https://doi.org/10.1002/ece3.4276>
- Claassen, V.P. & Zasoski, R.J. (1998). A comparison of plant available nutrients on decomposed granite cut slopes and adjacent natural soils. *Land Degradation and Development* 9(1), 35-46. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199801/02\)9:1<35::AID-LDR273>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199801/02)9:1<35::AID-LDR273>3.0.CO;2-V)
- Colwell, R.N. (1997). History and Place of Photographic Interpretation. In W.R. Philipson, (Ed.), *Manual of Photographic Interpretation*, (2nd ed., pp. 3-47). American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Bethesda, Maryland.
- Coops, N.C., White, J.C., Johnson, M.A. & White, J.C. (2006). Assessment of QuickBird high spatial resolution imagery to detect red attack damage due to mountain pine beetle infestation. *Remote Sensing of Environment*, 103(1), 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.012>
- Crist, P.J., Kohley, T.W. & Oakleaf, J. (2000). Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert systems tool. *Landscape Ecology*, 15(1), 47-62. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1008117427864.pdf>

- Díez-Garretas, B., Comino, O. & Asensi A. (2019). Spatio-temporal changes (1956-2013) of coastal ecosystems in Southern Iberian Peninsula (Spain). *Mediterranean Botany*, 40(1), 111-119. <https://doi.org/10.5209/MBOT.62889>
- Duo, A., Zhao, W.J., Qu, X.Y., Jing, R. & Xiong K. (2016). Spatio-temporal variation of vegetation coverage and its response to climate change in North China plain in the last 33 years. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 53, 103-117. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.08.008>
- Egbert, S.L., Park, S., Price, K.P., Lee, R.-Y., Wuc, J. & Nellis, M.D. (2002). Using conservation reserve program maps derived from satellite imagery to characterize landscape structure. *Computers and Electronics in Agriculture* 37(1-3), 141-156. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00114-X)
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation Ecology of Central Europe* (4th ed., pp. 388-455). Cambridge University Press.
- Erdal, J., Yaprak, G., Özgencil, İ.K. & Doğan M. (2022). Rediscovery and neotypification of *Festuca decolorata* (Poaceae), an endemic species from Mount Uludağ (Türkiye) with amended species description and notes on ecology, distribution and conservation. *Herbarium Turcicum*, 2, 17-26. <https://doi.org/10.26650/HT.2022.1163386>
- European Commission Forest, Resources and Carbon Emissions (IFORCE), Global Land Cover 2000. 23 Kasım 2022 tarihinde <https://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/glc2000.php> adresinden erişildi.
- Davis, P.H. 1965-1985. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol: 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Fava, F., Pulighe, G. & Monteiro, A.T. (2016). Mapping changes in land cover composition and pattern for comparing Mediterranean rangeland restoration alternatives. *Land Degradation & Development*, 27(3), 671-681. <https://doi.org/10.1002/ldr.2456>
- Foster, M.M., Vitousek, P.M. & Randolph, P.A. (1980). The effects of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on nutrient cycling in a 1st-year old-field. *American Midland Naturalist* 103(1), 106-113. <https://doi.org/10.2307/2425044>
- Gaertner, M., Den Breeyen, A., Hui, C. & Richardson, D.M. (2009). Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis. *Progress in Physical Geography*, 33(3), 319-338. <https://doi.org/10.1177/0309133309341607>
- Gallo, K.P., Daughtry, C.S.T. & Bauer, M.E. (1985). Spectral estimation of absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Remote Sensing of Environment*, 17(3), 221-232. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(85\)90096-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90096-3)

- Geerken, R., Zaitchik, B. & Evans, J.P. (2005). Classifying rangeland vegetation type and coverage from NDVI time series using Fourier Filtered Cycle Similarity. *International Journal of Remote Sensing*, 26(24), 5535-5554. <https://doi.org/10.1080/01431160500300297>
- Geneletti, D. (2008). Impact assessment of proposed ski areas: A GIS approach integrating biological, physical and landscape indicators. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(2-3), 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.05.011>
- Giménez-Benavides, L., Escudero, A., García-Camacho, R., García-Fernández, A., Iriondo, J.M., Lara-Romero, C. & Morente-López, J. (2018). How does climate change affect regeneration of Mediterranean high-mountain plants? An integration and synthesis of current knowledge. *Plant Biology*, 20(S1), 50-62. <https://doi.org/10.1111/plb.12643>
- Gómez-Casero, M.T., Castillejo-González, I., García-Ferrer, A., Peña-Barragán, J.M., Jurado-Expósito, M., García-Torres, L. & López-Granados, F. (2010). Spectral discrimination of wild oat and canary grass in wheat fields for less herbicide application. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3):689-699. <https://doi.org/10.1051/agro/2009052>
- Gonzalez-Alonso, F., Cuevas, J.M., Calle, A., Casanova, J.L. & Romo, A. (2004). Spanish vegetation monitoring during the period 1987-2001 using NOAA AVHRR images. *International Journal of Remote Sensing*, 25(1), 3-6. <https://doi.org/10.1080/0143116031000115229>
- Goward, S.N., Davis, P.E., Fleming, D., Miller, L. & Townshend, J.R.G. (2003). Empirical comparison of Landsat 7 and IKONOS multispectral measurements for selected Earth Observation System (EOS) validation sites. *Remote Sensing of Environment*, 88(1-2), 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.07.009>
- Gros R., Monrozier, L.J., Bartoli, F., Chotte, J.L. & Faivre, P. (2004). Relationships between soil physico-chemical properties and microbial activity along a restoration chronosequence of alpine grasslands following ski run construction. *Applied Soil Ecology* 27(1), 7-22. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.03.004>
- Güleryüz, G. (1992). Uludağ Alpin Zonu Bazı Bitki Topluluklarında Besin Maddesi Dolaşımı ve Verimlilik Üzerinde Araştırmalar. Ekim 1992. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa
- Güleryüz, G., Arslan, H., Gökçeoğlu, M. & Rehder, H. (1998). Vegetation mosaic around the first center of tourism development in the Uludağ Mountain, Bursa, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 22(5): 317-326. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol22/iss5/3>
- Güleryüz G & Gökçeoğlu M (1994). Uludağ alpin bölgesi bazı bitki topluluklarında mineral azot oluşumu ve yıllık verim. *Turkish Journal of Botany* 18(2): 65-72

- Güteryüz, G., Kırmızı, S., Arslan H. & Kondu Yakut E. (2011). Alterations of the nitrogen mineralization rates in soils of forest community depending on the ski run constructions (Mount Uludağ, Bursa, Turkey). *Journal of Mountain Science*, 8(1), 53-61. <https://doi.org/10.1007/s11629-011-1127-6>
- Güteryüz, G., Kırmızı, S. & Arslan, H. (2010a). Nutrient status in soil of Ski runs in the sub-alpine belt of Uludağ mountain, Bursa, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31(1), 219-223. [29.MDI \(jeb.co.in.\)](https://doi.org/10.1007/s11629-011-1127-6)
- Güteryüz, G., Malyer, H., Kaynak, G. & Özhatay, N. (2010b). Uludağ A2 (A) Bursa. In A. Byfield, S. Atay, & N. Özhatay (Eds.), *Important Plant Areas in Turkey: 122 Key Turkish Botanical Sites* (pp. 77- 79). WWF Turkey, İstanbul.
- Güteryüz, G., Titrek, E. & Arslan, H. (2008). Nitrogen mineralization in the ruderal sub-alpine communities in Mount Uludağ, Turkey. *European Journal of Soil Biology*, 44(4), 408-418. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.05.004>
- Gurevitch, J. & Padilla, D.K. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution*, 19(9):470-474. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.005>
- Hackl, E., Zechmeister-Boltenstern, S. & Kandeler, E. (2000). Nitrogen dynamics in different types of pasture in the Austrian Alps. *Biology and Fertility of Soils* 32(4), 321-327. <https://doi.org/10.1007/s003740000255>
- Hall, F.G., Strebel, D.E., Nickeson, J.E. & Goetz, S.J. (1991). Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. *Remote Sensing of Environment*, 35(1), 11-27. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90062-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90062-B)
- Han, W., Liu, G., Su, X., Wu, X. & Li Chen, L. (2019). Assessment of potential land degradation and recommendations for management in the south subtropical region, South west China. *Land Degradation & Development*, 30(8), 979-990. <https://doi.org/10.1002/ldr.3285>
- Hohensinner, S., Atzler, U., Berger, M., Bozzetta, T., Höberth, C., Kofler, M., Rapottnig, L., Sterle, Y. & Haidvogel, G. (2021). Land use and cover change in the industrial era: A spatial analysis of alpine river catchments and fluvial corridors. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Article 647247. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.647247>
- Hong, S.-K., Kim, S., Cho, K.-H., Kim, J.-E., Kang, S. & Lee, D. (2004) Ecotope mapping for landscape ecological assessment of habitat and ecosystem. *Ecological Research*, 19(1), 131-139 <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00603.x>
- Huang, S. & Siegert, F. (2006). Land cover classification optimized to detect areas at risk of desertification in North China based on SPOT VEGETATION imagery. *Journal*

- of Arid Environments*, 67(2), 308-327. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.016>
- Hudek, C., Barni, E., Stanchi, S., D'Amico, M., Emanuele Pintaldi, E. & Freppaz M. (2020). Mid and long-term ecological impacts of ski run construction on alpine ecosystems. *Scientific Reports*, 10, Article 11654. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67341-7>
- Julien, Y., Sobrino, J.A. & Verhoef, W. (2006). Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999. *Remote Sensing of Environment* 103(1), 43-55. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.011>
- Jun, Z., Yang, L., Dongmei, Z., Qiang, Z. & Wannai, C. (2020). Spatial-temporal character of vegetation cover and its influence factors in the Shule River Basin China, during 1985-2011. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 26(3), 608-620. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1528437>
- Kairu, E.N. (1982). An Introduction to Remote Sensing. *GeoJournal*, 6(3), 251-260 URL: <https://www.jstor.org/stable/41142692>
- Kerr, J. T. & Ostrovsky, M. (2003). From Space to Species: Ecological Applications for Remote Sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(6), 299-305. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00071-5)
- Ketin, İ. (1983). Türkiye jeolojisine genel bakış, Sayı 1259. T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul.
- Kırmızı, S., Gülerüz, G., Arslan, H. & Sakar F.S. (2010). Effects of moist chilling, gibberellic acid, and scarification on seed dormancy in the rare endemic *Pedicularis olympica* (Scrophulariaceae). *Turkish Journal of Botany* 34(3), 225-232. <https://doi.org/10.3906/bot-0912-287>
- Kimothi, M. & Dasari, A. (2010). Methodology to map the spread of an invasive plant (*Lantana camara* L.) in forest ecosystems using Indian remote sensing satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 31(12): 3273-3289. <https://doi.org/10.1080/01431160903121126>
- Knight, J.F., Lunetta, R.S., Ediriwickrema, J. & Khorram, S. (2013). Regional scale land cover characterization using MODIS-NDVI 250m multi-temporal imagery: a phenology-based approach. *GIScience & Remote Sensing* 43(1), 1-23. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.43.1.1>
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond

- the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Langley, S.K., Cheshire, H.M. & Humes, K.S. (2001). A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. *Journal of Arid Environments*, 49(2), 401-11 <http://dx.doi.org/10.1006/jare.2000.0771>
- Lillesand, T.M. & New York Kiefer, R.W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation* (4th ed). John Wiley & Sons, New York.
- Liu, Y., Bi J. & Lv, J. (2018). Future impacts of climate change and land use on multiple ecosystem services in a rapidly urbanizing agricultural basin, China. *Sustainability*, 10(12), Article 4575 <https://doi.org/10.3390/su10124575>
- Liu, Y., Wang, Q., Zhang, Z., Tong, L., Wang, Z. & Li J. (2019). Grassland dynamics in responses to climate variation and human activities in China from 2000 to 2013. *Science of The Total Environment* 690, 72-38. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.503>
- Lorite, J., Molina-Morales, M., Cañadas, E.M., Miguel Ballesterosa, M. & Peñasa J. (2010). Evaluating a vegetation-recovery plan in Mediterranean alpine ski slopes: A chronosequence-based study in Sierra Nevada (SE Spain). *Landscape and Urban Planning* 97(2), 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.04.015>
- Meijer zu Schlochtern, M.P., Rixen, C., Wipf, S. & Cornelissen, J.H.C. (2014). Management, winter climate and plant-soil feedbacks on ski slopes: a synthesis. *Ecological Research* 29(4), 583–592 <https://doi.org/10.1007/s11284-014-1141-6>
- Manier, D.J. & Laven, R.D. (2002). Changes in landscape patterns associated with the persistence of aspen (*Populus tremuloides* Michx.) on the western slope of the Rocky Mountains, Colorado. *Forest Ecology and Management*, 167(1-3), 263-284. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00702-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00702-2)
- Marble, D.F. (1990). What is a geographic information system?: geographical information systems-an overview. In D.J Peuquet, & D.F. Marble (Eds.), *Introductory Readings In Geographic Information Systems*. CRC Press. London, UK
- Marks, P.L. & Bormann, F.H. (1972). Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady state nutrient cycling. *Science* 176(4037), 914-915. <https://doi.org/10.1126/science.176.4037.914>
- Maselli, F. & Chiesi, M. (2006). Integration of multi-source NDVI data for the estimation of Mediterranean forest productivity. *International Journal of Remote Sensing*, 27(1), 55-72. <https://doi.org/10.1080/01431160500329486>

- Meusburger, K., Bänninger, D. & Alewell, C. (2010). Estimating vegetation parameter for soil erosion assessment in an alpine catchment by means of QuickBird imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(3), 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.02.009>
- Millward, A.A., Piwowar, J.M. & Howarth, P.J. (2006). Time-series analysis of medium-resolution, multisensor satellite data for identifying landscape change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 72(6), 653-663. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.6.653>
- Mohapatra, J., Singh, C.P., Hamid, M., Khuroo, A.A., Malik, A.H. & Pandya, H.A. (2019). Assessment of the alpine plant species biodiversity in the western Himalaya using Resourcesat-2 imagery and field survey. *Journal of Earth System Science*, 128(7): Article 189. <https://doi.org/10.1007/s12040-019-1219-1>.
- Moscovici, D. (2022). Ski Resort Closures and Opportunities for Sustainability in North America. *Land*, 11(4), Article 494; <https://doi.org/10.3390/land1104049>
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozada, P., Jaramillo, A. & Aguayo, M. (2013). Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile. *Applied Geography*, 40, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.004>
- Nepal, S.K. & Nepal S.A. (2004). Visitor impacts on trails in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 33(6), 334-340. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-33.6.334>
- Nordberg M.L. & Evertson, J. (2005). Vegetation index differencing and linear regression for change detection in a Swedish mountain range using Landsat TM and ETM+ imagery. *Land Degradation & Development*, 16(2), 139-149. <https://doi.org/10.1002/ldr.660>
- Okeke, F. & Karnieli, A. (2006). Methods for fuzzy classification and accuracy assessment of historical aerial photographs for vegetation change analyses. Part I: algorithm development. *International Journal of Remote Sensing*, 27(1), 153-176. <https://doi.org/10.1080/01431160500166540>
- Özsoy, G. & Aksoy, E. (2015). Estimation of soil erosion risk within an important agricultural sub-watershed in Bursa, Turkey, in relation to rapid urbanization. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, Article 419. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4653-9>
- Pandey, A., Singh, G., Palni, S., Chandra, N., Rawat, J.S. & Singh, A.P. (2021). Application of remote sensing in alpine grasslands cover mapping of western Himalaya, Uttarakhand, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, Article 166. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08956-9>

- Parfitt, R.L., Scott, N.A., Ross, D.J., Salt, G.J. & Tate, K.R. (2003). Land-use change effects on soils of high N status: comparisons under indigenous forest, pasture and pine plantation. *Biogeochemistry* 66(3), 203-221. <https://doi.org/10.1023/B:BIOG.0000005324.37711.63>
- Pauli, H., Gottfried, M., Dirnböck, T., Dullinger, S. & Grabherr, G. (2003). Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats. In G. Grabherr, C. Körner, D.B.A. Thompson & L. Nagy (Eds.), *Alpine biodiversity in Europe*. (pp. 195-207). Springer, Berlin, Germany.
- Peerbhay, K., Mutanga, O., Lottering, R., Bangamwabo, V. & Ismail, R. (2016a). Detecting bugweed (*Solanum mauritianum*) abundance in plantation forestry using multisource remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 121:167-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.09.014>
- Peerbhay, K.Y., Mutanga, O. & Ismail, R. (2016b). The identification and remote detection of alien invasive plants in commercial forests: an Overview. *South African Journal of Geomatics*, 5(1), 49-67. <https://doi.org/10.4314/sajg.v5i1.4>
- Pejchar, L. & Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human wellbeing. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(9), 497-504. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016>
- Peña-Alonso, C., García-Romero, L., Hernández-Cordero, A.I. & Hernández-Calvento, L. (2019). Beach vegetation as an indicator of human impacts in arid environments: Environmental conditions and landscape perception in the Canary Island. *Journal of Environmental Management*, 240, 311-320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.096>
- Pezzi, G., Maresi, G., Conedera, M. & Ferrari, C. (2011). Woody species composition of chestnut stands in the Northern Apennines: the result of 200 years of changes in land use. *Landscape Ecology*, 26(10), 1463-1476. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9661-8>
- Pickering, C.M., Harrington, J. & Worboys, G. (2003). Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas. *Mountain Research and Development* 23(3), 247-254. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2003\)023\[0247:EIOTOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2003)023[0247:EIOTOT]2.0.CO;2)
- Pimentel, D., Zuniga, R. & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3):273-288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
- Pohl, M., Alig, D., Körner, C. & Rixen, C. (2009). Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. *Plant and Soil* 324(1-2), 91-102. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9906-3>

- Potůčková, M., Kupková, L., Červená, L., Lysák, J., Krause, D., Hrázský, Z., Březina, S. & Müllerová, J. (2021). Towards resolving conservation issues through historical aerial imagery: vegetation cover changes in the Central European tundra. *Biodiversity and Conservation*, 30(12), 3433-3455. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02255-y>
- Rapp, J., Wang, D., Capen D., Thompson, E. & Lautzenheiser, T. (2005). Evaluating error in using the national vegetation classification system for ecological community mapping in Northern New England, USA. *Natural Areas Journal* 25(1), 46-54.
- Rehder, H., Gökçeoğlu, M., Gebauer, G. & Güleriyüz, G. (1994). Die Vegetation des Uludağ-Gebirges (Anatolien). *Phytocoenologia* 24(1-4), 167-192. <https://doi.org/10.1127/phyto/24/1994/167>
- Ripple W.J., Wolf, C., Newsome, T.M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M.I., Laurance, W.F. & 15 364 scientist signatories from 184 countries. (2017). World scientists' warning to humanity: a second notice. *BioScience*, 67(12), 1026-1028 <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
- Ripple W.J., Wolf, C., Newsome, T.M., Gregg, J.W., M. Lenton, T.M., Palomo, I., Eikelboom, J.A.J., Law, B.E., Huq, S., Duffy, P.B. & Rockström J. (2021). World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2021. *BioScience*, 71(9): 894-898. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab079>
- Rixen, C., Stoeckli, V. & Ammann, W. (2003). Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5, 219-230.
- Roşca, S., Şimonca, V., Bilaşco, Ş., Vescan, I., Fodorean, I. & Petrea, D. (2019). The assessment of favourability and spatio-temporal dynamics of *Pinus Mugo* in the Romanian Carpathians using GIS Technology and Landsat Images. *Sustainability*, 11(13), Article 3678. <https://doi.org/10.3390/su11133678>
- Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Araújo, M.B., Carter, T.R., Dendoncker, N., Ewert, F., House, J.I., Kankaanpää, S., Leemans, R., Metzger, M.J., Schmit, C., Smith, P. & Tuck, G. (2006). A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(1), 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.027>
- Roux-Fouillet, P., Wipf, S. & Rixen, C. (2011). Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 906-915. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01964.x>
- Roy, S., Mahapatra, M. & Chakraborty, A. (2019). Mapping and monitoring of mangrove along the Odisha coast based on remote sensing and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(1), 217-226 <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0529-7>

- Royimani, L., Mutangaa, O., Odindia, J., Dubeb, T. & Matongera T.N. (2019). Advancements in satellite remote sensing for mapping and monitoring of alien invasive plant species (AIPs). *Physics and Chemistry of the Earth*, 112, 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.12.004>
- Ruth-Balaganskaya, E. & Myllynen-Malinen, K. (2000). Soil nutrient status and revegetation practices of downhill skiing areas in Finnish Lapland: a case study of Mt Ylläs. *Landscape and Urban Planning* 50(4), 259-268. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00067-0)
- Schroeder, T.A., Cohen, W.B., Song, C., Canty, M.J. & Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103(1), 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.008>
- Scott, J.M., Davis, F., Csuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S., Derchia, F., Edwards, T.C., Ulliman, J. & Wright, R.G. (1993). Gap analysis - a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, 123, 1-41. URL: <https://www.jstor.org/stable/3830787>
- Soudani, K., Francxois, C., le Maire, G., Le Dantec, V. & Dufrêne, E. (2006). Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous and deciduous forest stands. *Remote Sensing of Environment*, 102(1), 161-175. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.02.004>
- Stanisci, A., Pelino, G. & Blasi, C. (2005). Vascular plant diversity and climate change in the alpine belt of the central Apennines (Italy). *Biodiversity and Conservation*, 14(6), 1301-1318. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-9674-6>
- Stanisci, A., Frate, L., Morra Di Cella, U., Pelino, G., Petey, M., Siniscalco, C. & Carranza, M.L. (2016). Short-term signals of climate change in Italian summit vegetation: observations at two GLORIA sites. *Plant Biosystems*, 150(2), 227-235. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.968232>
- Štípková, Z., Romportl, D., Černocká, V. & Kindlmann, P. (2017). Factors associated with the distributions of orchids in the Jeseníky Mountains, Czech Republic. *European Journal of Environmental Sciences*, 7(2), 135-145. <https://doi.org/10.14712/23361964.2017.13>
- Stolton, S. & Dudley, N. (2010). *Arguments for protected areas multiple benefits for conservation and use* (1st Ed.). Earthscan Pres, New York. <https://doi.org/10.4324/9781849774888>
- Titus, H.J. & Tsuyuzaki, S. (1999). Ski slope vegetation of Mount Hood, Oregon, U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 31(3), 283-292. <https://doi.org/10.2307/1552259>

- Tomczyk, A.M. (2011). A GIS assessment and modelling of environmental sensitivity of recreational trails: The case of Gorce National Park, Poland. *Applied Geography*, 31(1), 339-351 <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.07.006>
- Tuttle, E.M., Jensen, R.R., Formica, V.A. & Gonser, R. A. (2006). Using remote sensing image texture to study habitat use patterns: a case study using the polymorphic white-throated sparrow (*Zonotrichia albicollis*). *Global Ecology and Biogeography*, 15(4), 349-357. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00232.x>
- Tracz, W., Ciurzycki, W., Zaniewski, P., Kwaśny, Ł., Marciszewska, K. & Mozgawa, J. (2019). Identification of zones with high potential for biological diversity on dormant forested landslides. *European Journal of Forest Research*, 138(3), 363-373 <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01170-w>
- Tsai, Y.H., Stow, D.A., López-Carr, D., Weeks, J.R., Clarke, K.C. & Mensah F. (2019). Monitoring forest cover change within different reserve types in southern Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, Article 281. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7450-z>
- Turgut, H., Yavuz Ozalp, A. & Akıncı H. (2021). Introducing the Hiking Suitability Index to evaluate mountain forest roads as potential hiking routes - a case study in Hatila Valley National Park, Turkey. *Eco Mont-Journal on Protected Mountain Areas Research* 13(1), 55-66. <https://dx.doi.org/10.1553/eco.mont-13-1s55>
- United States Geological Survey (USGS), EROS Archive - Land Cover Products -Global Land Cover Characterization (GLCC). 23 Kasım 2022 tarihinde <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-land-cover-products-global-land-cover-characterization-glcc> adresinden erişildi.
- United States Geological Survey (USGS), Gap Analysis Project (GAP). 23 Kasım 2022 tarihinde <https://www.usgs.gov/programs/gap-analysis-project> adresinden erişildi.
- Urbanska K.M. (1997). Restoration ecology research above the timberline: colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run. *Biodiversity and Conservation* 6(12), 1655-1670. <https://doi.org/10.1023/A:1018382923596>
- Urbanska, K.M. & Fattorini, M. (2000). Seed rain in high-altitude restoration plots in Switzerland. *Restoration Ecology*, 8(1), 74-79. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80010.x>
- Vitousek, P.M., Gosz, J.R., Grier, C.C., Melillo, J.M., Reiners, W.A. & Todd R.L. (1979). Nitrate losses from disturbed ecosystems. *Science*, 204(4392), 469-474. <https://www.jstor.org/stable/1748786>
- Vitousek, P.M. & Matson P.A. (1985). Disturbance, Nitrogen availability and Nitrogen Losses in an intensively managed loblolly pine plantation. *Ecology* 66(4), 1360-1376. <https://doi.org/10.2307/1939189>

- Vitousek, P.M., Reiners, W.A. (1975). Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25(6), 376-381. <https://doi.org/10.2307/1297148>
- Watson, A. (1985). Soil erosion and vegetation damage near ski lifts at Cairngorm, Scotland. *Biological Conservation* 33(4), 363-381. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(85\)90077-1](https://doi.org/10.1016/0006-3207(85)90077-1)
- Welch, R., Madden, M. & Jordan, T. (2002). Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57(1-2), 53-68 [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(02\)00118-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(02)00118-1)
- Wipf, S., Rixen, C., Fischer, M., Schmid, B. & Stoeckli, V. (2005). Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 306-316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01011.x>
- Wolter, P.T., Johnston, C.A. & Niemi, G. (2005). Mapping submergent aquatic vegetation in the US Great Lakes using Quickbird satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(23), 5255-5274. <https://doi.org/10.1080/01431160500219208>
- Xiao, X.M., Zhang, Q., Braswell, B., Urbanski, S., Boles, S., Wofsy, S., Moore III, B. & Ojima, D. (2004). Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sensing of Environment*, 91(2), 256-270. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.010>
- Xavier, A.C, Rudorf, B.F.T., Shimabukuro, Y.E., Berka, L.M.S. & Moreira, M.A. (2006). Multi-temporal analysis of MODIS data to classify sugarcane crop. *International Journal of Remote Sensing*, 27 (4), 755-768. <https://doi.org/10.1080/01431160500296735>
- Xie, Y., Sha, Z. & Yu M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology*, 1(1), 9-23. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtm005>
- Yang, D., Gao, C., Li, L. & Van Eetvelde, V. (2020). Multi-scaled identification of landscape character types and areas in Lushan National Park and its fringes, China. *Landscape and Urban Planning*, 201, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103844>
- Yu, C., Zhang, X., Zhang, J., Li S., Song, C., Fang, Y., Wurst, S. & Wu, J. (2016). Grazing exclusion to recover degraded alpine pastures needs scientific assessments across the Northern Tibetan Plateau. *Sustainability*, 8(11), Article 1162 <https://doi.org/10.3390/su8111162>
- Zhang, F., Yushanjiang, A. & Wang, D. (2018). Ecological risk assessment due to land use/cover changes (LUCC) in Jinghe County, Xinjiang, China from 1990 to 2014 based on landscape patterns and spatial statistics. *Environmental Earth Sciences*, 7(13), Article 491 <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7676-z>

Zheng, C.H., Zeng, C.S., Chen, Z.Q. & Lin M.-C. (2006). A study on the changes of landscape pattern of estuary wetlands of the Minjiang river. *Wetland Science*, 4(1), 29-35. <http://www.cgl.org.cn/auto/db/detail.aspx?db=950008&rid=1372663&agfi=0&cls=0&uni=True&cid=0&showgp=True&prec=False&md=93&pd=6&msd=93&psd=6&mdd=93&pdd=6&count=10&reds=petrov>

Zorrilla-Miras, P., Palomo, I., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Lomas, P.L. & Montes C. (2014). Effects of land-use change on wetland ecosystem services: A case study in the Doñana marshes (SW Spain). *Landscape and Urban Planning*, 122, 160-174. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.013>

