



**KAVAKLIDERE (MUĞLA) İLÇESİ ORMAN
ALANLARINDA YANGINA BAĞLI
TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON
DEPOLAMA KAYIPLARININ UZAKTAN
ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Kübra GÜNBEY

Eskişehir 2024

**KAVAKLIDERE (MUĞLA) İLÇESİ ORMAN ALANLARINDA
YANGINA BAĞLI TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON
DEPOLAMA KAYIPLARININ UZAKTAN ALGILAMA
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

KÜBRA GÜNBEY

YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Harun BÖCÜK

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Aralık 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Kübra GÜNBEY'in KAVAKLIDERE (MUĞLA) İLÇESİ ORMAN ALANLARINDA YANGINA BAĞLI TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA KAYIPLARININ UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ başlıklı tezi 18/12/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Biyoloji Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Doç. Dr. Harun BÖCÜK

Üye

: Prof. Dr. Emel SÖZEN

Üye

: Dr. Öğretim Üyesi Nüket AKANIL
BİNGÖL

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Kübra GÜNBEY, KAVAKLIDERE (MUğLA) İLÇESİ ORMAN ALANLARINDA YANGINA BAğLI TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA KAYIPLARININ UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Doç. Dr. Harun BÖCÜK

ÖZET

KAVAKLIDERE (MUĞLA) İLÇESİ ORMAN ALANLARINDA YANGINA BAĞLI TOPRAKÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA KAYIPLARININ UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Kübra GÜNBEY

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Aralık 2024

Danışman: Doç. Dr. Harun BÖCÜK

Orman ekosistemleri, küresel ısınmanın ana sorumlusu olarak kabul edilen, atmosferdeki karbon miktarının azaltılmasında rol oynayan en önemli doğal karbon yutak alanlarıdır. Yangın faktörü, biyoçeşitliliğin devamlılığı ile peyzaj kalitesi üzerinde ekolojik temelli felaketlere neden olmakta ve bu nedenle ormanların karbon yutak potansiyelini ciddi şekilde azaltan faktörlerin başında gelmektedir. Bu tez çalışması, Kavaklıdere (Muğla) ilçesindeki orman alanlarında gerçekleşen orman yangını sonrasında alanda ve yakın çevresinde topraküstü biyokütle ve karbon depolama kapasitesi üzerinde meydana gelen değişimleri analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yangının ekosistem üzerindeki tahribatını belirlemek için uzaktan algılama yöntemlerinden faydalanılmış ve 11 yıllık bir süreç için (2013-2023) NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), NDWI (*Normalized Water Index*), BAI (*Burned Area Index*), NBR (*Normalized Burn Ratio*), dNBR (*diferansiyel Normalized Burn Ratio*), TSA (*Temperature of Surface Analysis*) ve CSA (*Carbon Storage Analysis*) spektral indeks analizleri yapılmıştır. Analizler hem ilçe genelinde hem de yangın alanı özelinde değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda özellikle yangından sonra orman alanında ilçe genelinde %87, yangın alanında ise %99 oranında alansal kayıplar meydana geldiği, su stresinin sırasıyla %14 ve %51, kuraklığın %100 ve %151 oranında arttığı görülürken, yüksek sıcaklıktaki alanların %100 oranında azaldığı ve karbon depolama kapasitesinde sırasıyla %42 ve %87 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın, yangının meydana getirdiği kayıpları ortaya koyarak, sorunla mücadelede uzaktan algılama tekniklerinin uygulanabilirliği ve ekosistem yönetimindeki katkısı ile ilgili çabalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Biyokütle, Ekoloji, Karbon depolama, Orman yangınları, Uzaktan algılama.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SURFACE BIOMASS AND CARBON STORAGE LOSSES DUE TO FIRE IN KAVAKLIDERE (MUĞLA) DISTRICT FOREST AREAS USING REMOTE SENSING METHODS

Kübra GÜNBEY

Department of Biology

Programme in Botanic

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, Aralık, 2024

Supervisor: Doç. Dr. Harun BÖCÜK

Forest ecosystems are the most important natural carbon sink areas that play a role in reducing the amount of carbon in the atmosphere, which is considered to be the main responsible for global warming. The fire factor causes ecologically based disasters on the continuity of biodiversity and landscape quality and is therefore one of the main factors that seriously reduce the carbon sink potential of forests. This thesis study was carried out to analyze the changes in aboveground biomass and carbon storage capacity caused by fires in forest areas in Kavaklıdere (Muğla) district. Remote sensing methods were used to determine the damage of fire on the ecosystem and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Water Index), BAI (Burned Area Index), NBR (Normalized Burn Ratio), dNBR (Differential Normalized Burn Ratio), TSA (Surface Temperature Analysis) and CSA (Carbon Storage Analysis) Spectral index analyzes were conducted for an 11-year period (2013-2023). The analyzes were evaluated both district-wide and production area-specific. Studies have generally shown that especially after the explosion, when the forest area experienced 87% areal losses in the district and 99% when it became widespread, water stress increased by 14% and 51%, drought by 100% and 151%, respectively, while it decreased by 100% at high frequency and a decrease in carbon storage capacity by 42% and 87%, respectively. The study contributes to efforts regarding the discovery of losses caused by the explosion, the applicability of remote sensing techniques in combating the problem, and contribution to ecosystem management.

Keywords: Biomass, Ecology, Carbon storage, Forest fires, Remote sensing.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında çalışma sürecinin başından itibaren sonuna kadar her konuda vermiş olduğu akademik destek ve motivasyon için saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Harun BÖCÜK’e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yüksek lisans eğitim sürecim boyunca gerekli moral ve motivasyonu elde etmemde yol gösterici ve rol model olarak bana her anlamda iyi gelen ve enerjisiyle içimde çiçekler açtıran kıymetli hocam sevgili Prof. Dr. Emel SÖZEN’ e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Süreç içerisinde motivasyonumu kaybettiğim ve kırılma noktasına geldiğim anlar çok oldu. Bu noktada bana olan inancı ve güveni ile yola devam etmemi sağlayan kıymetli hocam sevgili Dr. Asil YAMAN’ a sonsuz teşekkür ederim.

Hayatın içindeki inişli çıkışlı yolculuğuma eşlik eden ve varlığı ile yanımda olduğunu hissettirerek moral ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok sevgili arkadaşım A. Dilek DÜZENLİ ÖZER’ e teşekkür ederim. Lisans sürecinde başlayan dostluğumuzun katlanarak devam ettiği, aynı koşulları göğüslediğim çok sevgili arkadaşım peyzaj mimarı Elif ERGÜN AYDIN’a teşekkür ederim.

Yolculuğumun başka bir dönemine denk gelen kıymetli hocam sevgili Eda KARTAL’ a çok teşekkür ederim.

Hayat boyu maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer aile bireylerime teşekkürlerimi iletirken birçok konuda tüm zorlukları beraber göğüsleyip birbirimize olan inancımızın hiç tükenmediği ve beni en çok anlayıp yine en çok yormasına rağmen hayatı anlamlı kıldığı için çok sevgili kardeşim Cemal GÜNBEY’ e ayrıca teşekkür ederim.

Hayatta bazı anlar vardır. Kelimelere sığmayacak kadar çok şey yaşanır o anlarda. Benim hayatımın bu kısmında da kelimelere sığmayacak kadar çok anı ve insan var. İsimlerini burada belirtmediğim fakat varlığını her daim hissettiğim o insanlara, çok kıymetli dostlarıma ve hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Peyzaj Mimarı
Kübra GÜNBEY

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Kübra GÜNBEY

İÇİNDEKİLER

SAYFA

BAŞLIK SAYFASI.....	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
GÖRSELLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
2.1. Araştırma Alanı..	6
2.2. Yöntem	7
2.2.1. Normalize fark vejetasyon indeksi NDVI	9
2.2.2. Normalize edilmiş fark su indeksi NDWI.....	10
2.2.3. Kuraklık analizi (DA).....	12
2.2.4. Yanan alan (BAI), yanma şiddeti NBR, ve fark normalize yanma oranı (dNBR).....	13
2.2.5. Yeryüzü sıcaklık analizi (TSA).....	14
2.2.6. Karbon depolama hesaplamaları (CSA).....	16
3. BULGULAR.....	17
3.1. Normalize Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI).....	17
3.1.1. Kavaklıdere ilçe geneli	17

3.1.2. Orman yangını alanı.....	19
3.2. Normalize Fark Su İndeksi (NDWI).....	28
3.2.1. Kavaklıdere ilçe geneli	28
3.2.2. Orman yangını alanı.....	30
3.3. Kuraklık Analizi (DA).....	40
3.3.1. Kavaklıdere ilçe geneli.....	40
3.3.2. Orman yangını alanı.....	43
3.4. Yanan Alan (BAI), Yanma Şiddeti (NBR) ve Fark Normalize Yanma Oranı (dNBR) Analizleri.....	52
3.4.1. Yanan alan indeksi (BAI).....	52
3.4.2. Yanma şiddeti (NBR).....	53
3.4.3. Fark normalize yanma oranı (dNBR).....	54
3.4.3.1. Kavaklıdere ilçe geneli.....	54
3.4.3.2. Orman yangını alanı.....	55
3.5. Yeryüzü Sıcaklık Analizi (TSA).....	58
3.5.1. Kavaklıdere ilçe geneli.....	58
3.5.2. Orman yangını alanı.....	60
3.6. Karbon Depolama Analizi (CSA).....	69
3.6.1. Kavaklıdere ilçe geneli.....	69
3.6.2. Orman yangını alanı.....	71
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	78
KAYNAKÇA.....	108
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. NDVI değerleri ve karşılık gelen alanlar	12
Tablo 2.2. Kuraklık analizindeki değer aralıklarının sınıflandırılması.....	13
Tablo 2.3. Yanma şiddetinin sınıflandırılmasına ilişkin değer aralıkları.....	14
Tablo 3.1. Kavaklıdere ilçesi genelinde NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	22
Tablo 3.2. Orman yangını alanı NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	23
Tablo 3.3. Kavaklıdere ilçesi genelinde NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	34
Tablo 3.4. Orman yangını alanı NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	35
Tablo 3.5. Kavaklıdere ilçesi genelinde kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	46
Tablo 3.6. Orman yangını alanı kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha).....	47
Tablo 3.7. Kavaklıdere ilçe geneli dNBR analiz sonuçları alansal büyüklükleri (ha)....	55
Tablo 3.8. Orman yangını alanı dNBR analiz sonuçları alansal büyüklükleri (ha).....	56
Tablo 3.9. Kavaklıdere ilçe genelinde sıcaklık analiz sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükleri (°C ve ha).....	64
Tablo 3.10. Orman yangını alanı sıcaklık analiz sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükleri (°C ve ha).....	65
Tablo 3.11. Kavaklıdere ilçesi genelinde karbon depolama analiz sonuçları (Ton).....	75
Tablo 3.12. Orman yangını alanında karbon depolama analiz sonuçları (Ton).....	76
Tablo 4.1. Kavaklıdere ilçesi genelinde yangın sonrası analiz sonuçları hesaplama değerleri.....	96
Tablo 4.2. Orman yangını alanı analiz sonuçları hesaplama değerleri.....	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Çalışma planı.....	8
-------------------------------	---



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Çalışma alanı sınırları.....	6
Görsel 2.2. NDVI bitki örtüsü skalası (Esri Türkiye).....	11
Görsel 2.3. Yeryüzü sıcaklık analizi formülleri.....	15
Görsel 3.1 Kavaklıdere ilçesi NDVI analiz haritaları yansıma değerleri.....	24
Görsel 3.2. Orman yangını alanı NDVI analiz haritaları yansıma değerleri.....	25
Görsel 3.3. Kavaklıdere ilçesi NDVI analiz haritaları sınıflandırma.....	26
Görsel 3.4. Orman yangını alanı NDVI analiz haritaları sınıflandırma.....	27
Görsel 3.5. Kavaklıdere ilçesi NDWI analiz haritaları yansıma değerleri.....	36
Görsel 3.6. Orman yangını alanı NDWI analiz haritaları yansıma değerleri.....	37
Görsel 3.7. Kavaklıdere ilçesi NDWI analiz haritaları sınıflandırma.....	38
Görsel 3.8. Orman yangını alanı NDWI analiz haritaları sınıflandırma.....	39
Görsel 3.9. Kavaklıdere ilçesi kuraklık analiz haritaları yansıma değerleri.....	48
Görsel 3.10. Orman yangını alanı kuraklık analiz haritaları yansıma değerleri.....	49
Görsel 3.11. Kavaklıdere ilçesi kuraklık analiz haritaları sınıflandırma.....	50
Görsel 3.12. Orman yangını alanı kuraklık analiz haritaları sınıflandırma.....	51
Görsel 3.13. Yanan alan analiz (BAI) haritaları.....	53
Görsel 3.14. Yanma şiddeti (NBR) analiz haritaları.....	54
Görsel 3.15. Fark normalize yanma oranı (dNBR) analiz haritaları sınıflandırma.....	57
Görsel 3.16. Kavaklıdere ilçesi sıcaklık analiz haritaları.....	67
Görsel 3.17. Orman yangını alanı sıcaklık analiz haritaları.....	68
Görsel 3.18. Kavaklıdere ilçesi karbon depolama analiz haritaları.....	77
Görsel 3.19. Orman yangını alanı karbon depolama analiz haritaları.....	78
Görsel 4.1. Kavaklıdere ilçesi yangın sonrası analiz sonuç haritaları.....	98
Görsel 4.2. Orman yangını alanı yangın sonrası analiz sonuç haritaları.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

NDVI	: Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi
NDWI	: Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi
DA	: Kuraklık Analizi
BAI	: Yanan Alan İndeksi
NBR	: Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti
dNBR	: Fark Normalize Yanma Oranı
TSA	: Sıcaklık Analizi
CSA	: Karbon Depolama Analizi

1. GİRİŞ

Yeşil altyapının temel bileşenini oluşturan orman ekosistemleri, bünyelerinde barındırdıkları flora ve fauna bileşenleri ile biyolojik rezervlerin de ana unsurunu oluşturmaktadır (Hunter, 1999; Pearce, 2002). Kırsal ve kentsel peyzajları birbirine bağlayarak yeşil ekosistem ağları üzerinde karbon stoklama, yer kürenin sıcaklık değerlerinin optimum düzeyde tutulmasına katkı sağlama gibi çeşitli ekolojik görevleri üstlenmektedirler (Waring ve Running, 2007). Bu sayede iklim değişikliği ve küresel ısınma etkilerini düzenleyerek ekolojik dengenin sürdürülebilirliğine ve bu dengenin belirli bir aralıkta devam etmesine olanak sağlamaktadırlar (Sargıncı ve Beyazyüz, 2022). Bu doğrultuda orman ekosistemlerinin varlığı büyük önem teşkil etmektedir (Perry, Oren ve Hart, 2008).

Günümüzde antropojenik etmenler ve ekolojik faktörler doğrultusunda etkileri artarak devam eden küresel ısınma ve iklim değişimi ile orman dinamikleri arasında karbon potansiyeline dayalı sistematik bir ilişki bulunmaktadır (Stern ve Roche, 1974 ve Başkent, 2022). Karbon yutakları olarak işlev gören ormanlar kara ekosistemlerinde bulunan organik karbonun yaklaşık olarak %76-78'ini bünyelerinde tutmaktadır. Atmosferdeki yıllık karbon emisyonunun 7 katını dönüştürmekte ve yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre sadece Avrupa'daki toplam karbon emisyonunun % 7 ila 12'sini tutmaktadır (Başkent, 2022).

Orman karakteristiğindeki bozulma ve parçalanmalar, küresel ısınma ve iklim değişimi etkilerini; tür ve vejetasyon kayıpları, çeşitli hastalıklar, hava kalitesinin düşmesi, sıcaklık artışı, çölleşme ve kıtlık olarak ekosisteme yansıtmaktadır (Thomas vd., 1993, ve Değermenci, Zengin, 2023). Küresel orman ekosistemlerindeki bozulmaların temel kaynağı antropojenik etmenler olmakla birlikte yangın faktörü de ormansızlaşma ile sonuçlanmaktadır (Pravaile, 2018).

Ekolojik döngünün önemli bir parçası olan ve doğal peyzajı oluşturan orman ekosistemleri doğal ve antropojenik kökenli yangınlar nedeniyle yok olmaktadır (Gülçin, 2020). Yangın sonrası yaşanan kayıplar ekolojik döngü ile orman ekosistemleri arasındaki sürdürülebilirliğin bozulmasına sebep olmaktadır (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018). Bu noktada yangın sonrası silvikültür çalışmaları kapsamında yapılan amenajman çalışmaları ile kaybedilen orman ekosistemlerinin yeniden kazandırılması hedeflenmektedir (Baysal, Bilgili ve Başkent, 2016). Bu amaç doğrultusunda zamansal ve mekansal ölçekte meydana gelen yangınların boyutu ve risk

durumunun belirlenmesi gerekmektedir (Keleş, Başkent ve Kadioğulları, 2009). Yangın risk faktörü ve yanmış alanların çeşitli kategorilerde değerlendirilmesine imkan sunan birçok yöntem mevcuttur. Bunlardan birisi de uzaktan algılama sistemleridir (Sabuncu, Özener, 2019).

Uzaktan algılama sistemlerine dayalı olarak zamansal ve mekansal değişimlerin tespit edilmesi, ölçülebilirliği ve risk faktörü taşıyan alanların tespit edilmesi ileriye dönük planlamalar için de dikkat edilmesi gereken hususların şekillenmesine imkan tanımaktadır (Yılmaz vd. 2022). Geleneksel inceleme yöntemlerine göre daha kolay inceleme imkanı sunan uzaktan algılama sistemleri ile bitki örtüsü indekslerine dayalı yangın risk modelleri oluşturulmaktadır (Szpakowski ve Jensen, 2019). Belirli bir hesaplama dayanan hiyerarşik analizler doğrultusunda elde edilen tematik harita verileri, diğer coğrafi veri katmanlarıyla entegre edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmaktadır (Chuvieco ve Congalton, 1989). Bu kapsamda GIS (Geographic Information System-Uzaktan Algılama) , RS (Remote-Sensing-Uzaktan Algılama) ve AI (Artificial Intelligence-Yapay Zeka) teknikleri ile uzaktan işleme, birleştirme, analiz etme yöntemleriyle hem ekolojik hem de insan faktörlerini içeren entegre yangın tehlikesinin modellenmesi ve derecelenmesine yönelik risk tahmini çalışmaları yapılmaktadır (Zacharakis ve Tsihrintzis, 2023).

Dünyada yapılmış çalışmalar incelendiğinde; Brezilya'nın Bananal Adaları'nda uzaktan algılama sistemleri kullanılarak yapılan çalışmada orman yangınlarında önceki yanmış alanlardan yola çıkılarak arazi kullanım ve yerleşim sınıflaması ile eğim ve rakım gibi faktörlerin yangın risk bölgelerinin belirlenmesi üzerindeki etkileri incelenmektedir (Aragao ve diğerleri, 2023). Brezilya'daki orman yangınlarının tespitine bağlı olarak belirlenen risk alanları üzerinden topografya, koruma birimleri ve ısı noktaları dikkate alınarak yangın algılama kulelerinin kurulacağı noktaların lokasyon olarak belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemleri kullanılmaktadır (Eugenio ve diğerleri, 2016). Vietnam'da yapılan bir başka çalışmada makine algoritmaları ile Thuan Chau bölgesindeki tropikal ormanların yangın riskinin mekansal modelini oluşturmak amacıyla 564 orman yangını konumu ve 10 orman yangını değişkeni içeren bir coğrafi bilgi sistemleri veri tabanı oluşturulmuştur (Nguyen ve diğerleri, 2018). Orman yangını değişkenlerinin tahmin yeteneği değerlendirmesinde bitki örtüsü indekslerine dayalı analizler yapılmaktadır (Nguyen ve diğerleri, 2018). Nepal'de yapılan çalışmada orman yangınlarını karakterize etmek ve tahmin etmek amacıyla jeouzaysal bir model olan ve

ağaç örtüsü, topografya, toprak nemi, yıllık sıcaklık ve yağışa ilişkin uzun vadeli entegrasyon sistemi kullanılmıştır. Güney Amerika Chaco'daki yangınlar, arazi kullanımı ve meteorolojik değişkenler arasındaki bağlantılar analiz edilerek orman ve bitki örtüsü kayıpları tespit edilmektedir (Martin, Otle ve Sörensson, 2023). Yangın sonrası alandaki bitki örtüsü, kanopi, biyokütle ve toprak durumu incelenerek dalga boyu spektrumları aracılığıyla az veya çok şeklinde sınıfsal değerlendirmeler üzerinden yanma şiddeti tespit edilmektedir (White ve diğerleri, 1996). Deneysel yangın grafikleri ve yer tabanlı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yangın sonrası görünür ve kısa dalga kızıl ötesi yüzey spektral yansıması ile bu parametrelerin arasındaki potansiyel ilişkiler incelenmiş ve yangın şiddeti değişikliklerine ilişkin önlemlerin uzaktan belirleme potansiyeli değerlendirilmektedir (Smith ve diğerleri, 2005). Yangın indekslerinde yangının zamansal ve mekansal boyutu, yanma oranı ve şiddeti ile yangın öncesi ve sonrası biyoçeşitlilik durumu incelenmektedir (Kandemir ve Demir, 2023). Toprağın fiziksel ve biyojeokimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişikliklerden yola çıkarak bu değişikliğin ekosistemin sürdürülebilirliğine olan etkilerini incelemek amacıyla yangının yer altı sistemleri üzerindeki etkisi incelenmektedir (Nearya ve diğerleri, 1999). Deneysel yangınların spektro radyometre gözlemleri kullanılarak yangın ışıınım enerjisi ile yanan biyokütle miktarı arasındaki ilişki niceliksel olarak incelenmiş ve aktif yangınlar üzerinden yangın ışıınım enerjisi tahmin edilmeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Wooster, Zhukov ve Oertel, 2003). Yangın yoğunluğu ile buna neden olan faktörlerin tahmin edilmesine ve modellenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Vega ve diğerleri, 2020). Yanma potansiyeli üzerinden yangının yüzey akışı ve toprak erozyonu üzerindeki etkilerini ölçmeye yönelik risk modellemeleri yapılmaktadır (Fox ve diğerleri, 2016).

Türkiye'de yapılan çalışmalar incelendiğinde; Landsat uydu verileri üzerinden Antalya, Kumluca'da meydana gelen yangın sonucunda yanan alanlar nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle yeşil bitki alanı, yanmış alan ve su alanı şeklinde sınıflandırılarak uzaktan algılama sistemlerinin doğruluğunu kontrol etmeye yönelik çalışılmaktadır (Cömert ve diğerleri, 2017). Antalya kentinde yapılan bir çalışmadan hareketle kentsel ısı adası etkisinin ve yüzey sıcaklığının belirlenmesine yönelik termal bantlar kullanılarak uzaktan algılama sistemleriyle kentin yıl içerisindeki sıcaklık değişimleri incelenmektedir (Şensoy ve diğerleri, 2017). Uzaktan algılama sistemlerinde orman ağaçlarının karbon tutma potansiyeli ve bu durumun üzerinde bakı

etkisinin değerlendirilmesine yönelik toprak durumu ve ph gibi etmenlerin dahil edildiği çalışmalar yapılmaktadır. Orman alanlarında yanan alan indeksleri ile yanma şiddetinin tespit edilmesinde uzaktan algılama sistemleri kullanılmaktadır (Çolak ve Sunar, 2018). Eskişehir’de yapılmış bir çalışmada karayolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyonunun hesaplanmasında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli’nde bulunan Tier 1 olarak adlandırılan yöntem kullanılmaktadır (Türkay, 2018). İklim değişikliği senaryolarına bağlı tür dağılımını incelemek amacıyla kentsel yol ağaçlarının yayılış alanları değişikliği tespit edilmekte ve biyoçeşitlilik/kent ekosistemine etkileri değerlendirilmektedir (Arslan, 2019). İklim değişimi ve tür dağılımı modellemesine ilişkin başka bir çalışma kapsamında habitat kayıpları üzerinden türün şimdiki durumundan hareketle gelecekteki durumuna ilişkin planlamalar üzerinden çıkarımlarda bulunmaktadır (Akyol ve Örucü, 2019). Tür dağılımının iklim değişikliği üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar yapılmaktadır (Örucü, 2019). İzmir, Seferihisar’da yapılan çalışmadan hareketle yangın öncesi ve sonrası analizlerle yanma şiddeti ve vejetasyon incelenerek oluşan tahribat tespit edilmektedir (Sabuncu ve Özener, 2019). Aydın ilinde yapılan çalışmada karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde bitki örtüsü indekslerine dayalı zamansal ve mekansal analizler yapılarak tarım alanları, doğal ve yarı doğal alanların tespiti ve bu alanlardaki artışın karbon depolama potansiyeli üzerindeki etkileri incelenmektedir (Kesgin Atak ve Ersoy Tonyaloğlu, 2019). Orman alanlarının depoladığı karbon miktarının ekosistemdeki yeri ve iklim değişimiyle ilişkisi orman amenajman planları üzerinden değerlendirilmektedir (Mısır vd., 2019). Aydında yapılan başka bir çalışma kapsamında bitki örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığına olan etkileri bitki örtüsü indeksleri aracılığıyla belirlenmektedir (Kesgin Atak ve Ersoy Tonyaloğlu, 2020). Bolu Orman Bölge Müdürlüğü’nde yapılan bir çalışmaya göre karbon depolama miktarının hesaplanmasına ilişkin allometrik biyokütle yöntemiyle hesaplanmaktadır (Kocaman ve Durkaya, 2020). İzmir ilinde yapılan arazi yüzey sıcaklığı ile arazi örtüsü arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik çalışmadan yola çıkılarak arazi kullanımı ile arazi örtüsü sınıflandırmasında regresyon ağacı analizleri kullanılmaktadır (Kesgin Atak, 2020). Thornthwaite yöntemiyle iklim indekslerindeki eğilimler incelenerek kuraklık ve nemlilik analizleri yapılmaktadır (Yılmaz, 2020). Manisa ilinde yapılan çalışmada bitki örtüsü, eğim, bakı, yükselti gibi peyzaj analizleri üzerinden yangın riski taşıyan alanlar haritalandırılmaktadır (Deniz ve Gülçin, 2020). Kanada’da yapılan çalışmadan hareketle kent ağaçlarının yer üstü karbon depolama

durumlarının hesaplanmasında Lidar verileri kullanılmaktadır (Van den Bosh ve Gülçin, 2021). Karbon depolama ve biyokütle hesaplamalarında Assan tarafından geliştirilen formül kullanılmaktadır (Durkaya, 2019). Kentsel yol ağaçlarının karbon tutma potansiyelinin belirlenmesinde Assan yönteminden farklı olarak çeşitli yöntemler kullanılmakta ve 1996 yılında Nowak tarafından geliştirilen yöntem ile 2019 yılında Tuğluer tarafından geliştirilen yöntemler bunlara örnektir (Gül, 2021). İklim değişimine bağlı olarak türlerin gelişim durumları, ekolojik niş modellemesi ile morfolojik mekansal desen analizi peyzaj ölçümleri aracılığıyla yapılmaktadır (Özcan, 2022).

Dünya’da ve Türkiye’de yapılan çalışmalar incelendiğinde yangın sonrası risk modellerinin oluşturulması ve buna bağlı toprak üstü biyokütle ve karbon kayıplarının incelenmesine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu doğrultuda yapılan bu çalışma kapsamında; Muğla ilinin Kavaklıdere ilçesinde 29 Temmuz 2021 yılında yaşanan yangın olayına bağlı olarak;

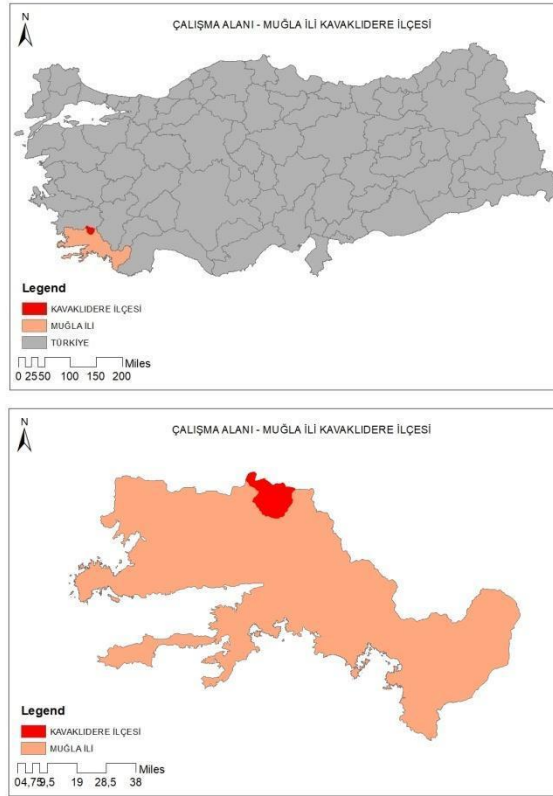
- Bitki örtüsü değişiminin mekansal olarak incelenmesi,
- Yangına bağlı kayıpların değerlendirilmesi
- Yanma şiddeti ve buna bağlı yangın sonrası onarım durumunun incelenmesi
- Karbon depolama kayıpları hesaplanarak yangının olumsuz etkilerinin değerlendirilmesi
- Yeryüzü sıcaklık ve kuraklık analizleriyle yangının orman ekosistemleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi
- Sonuçların iklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilişkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL & YÖNTEM

2.1. Araştırma Alanı

Araştırma alanı olarak Muğla ilinin Kavaklıdere ilçesi seçilmiştir. Çalışma alanının sınırları Görsel 2.1’de verilmektedir. Adı geçen ilçede 29 Temmuz 2021 tarihinde bir orman yangını yaşanmış ve 5511,7 ha alan yanmıştır (Alkayış vd. 2022). Bu durum, çalışma alanının seçiminde belirleyici rol oynamıştır.

Kavaklıdere; Muğla’nın 13 ilçesinden biridir. Muğla ilinin kuzeyinde yer almakta ve Aydın ili ile sınırı bulunmaktadır. İl merkezine 52 km uzaklıkta, deniz seviyesinden 850 m yüksekte yer almaktadır. İlçenin % 70’i ormanlarla kaplıdır. Kuzeyinde Aydın ili Bozdoğan ilçesi, güneyinde ve doğusunda Menteşe ilçesi (Muğla), batısında ise Yatağan ilçesi (Muğla) yer almaktadır (Ceylan & Görk, 2017; Varol & Aytepe, 2022).



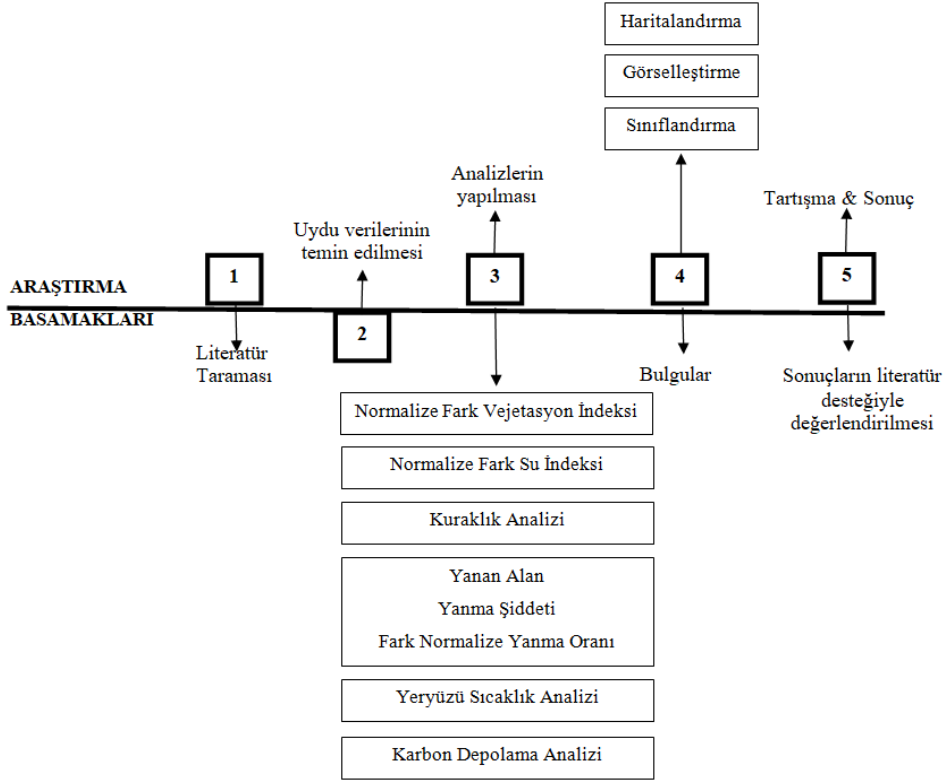
Görsel 2.1. Çalışma alanının sınırları

2.2. Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında Landsat 8 uydularına ait görüntüler kullanılmıştır. Uydu görüntüleri, tüm dünyaya ücretsiz olarak sunulan ve 2000’li yılların başına kadar veri elde edilmesi mümkün olan, Amerika Birleşik Devletleri’ne ait USGS (United States Geological Survey) Earthdata internet sayfasından (<https://www.usgs.gov/tools/earthexplorer>) elde edilmiştir. Çalışma kapsamında çalışılan parametreler açısından alandaki değişimin net bir şekilde izlenebilmesi amacıyla son 11 yıla ait uydu verileri (2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarına ait 11 adet uydu verisi) ile araştırma alanında yangının sebep olduğu değişimlerin incelenmesi amacıyla da, yangının gerçekleştiği tarih olan 29 Temmuz 2021 tarihinin hemen öncesi ve hemen sonrasındaki uydu verilerinin sağlanabildiği ve mümkün olan en uygun tarihler (21 Temmuz 2021 ve 5 Ağustos 2021) seçilmiştir. Bu doğrultuda yangına bağlı olarak 2021 yılına ait 2 uydu görüntüsü alınmıştır. Veriler hem Kavaklıdere ilçesi genelinde ve yangın sahası özelinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Uydu görüntülerinin seçim kriteri ise, hem yangın ile tutarlı tarihleri içermesi hem de bulutluluk oranının en düşük seviyede olması şeklinde belirlenmiştir. Elde edilen araştırma alanına ait uydu görüntüleri, uzaktan algılama sistem ve teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda (analizler, uydu görüntülerinin işlenmesi ve haritalama), ArcGIS 10.6.1 programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler oluşturularak sunulmuştur. Analiz sonucunda ortaya çıkan sayısal değerler, literatür verilerine bağlı olarak uygun gruplar halinde sınıflandırılmıştır. Başta analiz sonucunda elde edilen görsellerin birleştirilmesi olmak üzere, resim işlenmesi gereken tüm kısımlarda da Adobe Photoshop CS3 programı kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında, 2013 yılından itibaren her yıla ait veriler kullanılarak zamansal olarak mekansal değişimler incelenmiştir. Ek olarak, bu araştırmanın temel konusu olan yangın öncesi ve yangın sonrası tarihlere ait uydu görüntüleri ile hasar tespiti ve yaşanan kayıplara ilişkin incelemeler gerçekleştirilmiş, ayrıca 2022 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak incelenen parametreler açısından yangın sonrasında meydana gelen değişim incelenmiştir. Bu sayede alanın yangın sonrasında ne kadar hızlı toparlanabildiği ve eski hale gelebilmesinin yaklaşık ne kadar bir süre alabileceği tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında temel olarak şu analizler gerçekleştirilmiştir: 1. Bitki örtüsü dağılımı ve durumunu veren *Normalize Fark Vegetasyon İndeksi* (NDVI-Normalized Difference Vegetation Index), 2. Bitki örtüsü tabanlı *Normalize Fark Su İndeksi* (NDWI-Normalized Difference Water Index), 3. Kuraklık analizi (DA), 4. Yanan alan analizi (BAI-Burn Area Index) ve yanma şiddeti analizi (NBR-Normalized Burn Ratio) ve bu analizden türetilen Fark Normalize Yanma Oranı (dNBR), 5. Yeryüzü sıcaklık analizi (TSA- Temperature of Surface Analysis) ve 6. Karbon Depolama (CSA-Carbon storage analysis) analizleri yapılmıştır. Tüm bu analizler sonucunda elde edilen veriler belirli değer aralıkları kullanılarak sınıflandırılmış, sonuçlar küresel ısınma ve iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirilmiş ve bunlara dayanarak çeşitli çıkarım ve önerilerde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında izlenen ve yukarıda detaylı olarak bahsedilen çalışma planı Şekil 2.1’de özetlenmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma planı

Çalışma kapsamında yapılan tüm analizlerde 2013 yılından itibaren 2023 yılına kadar 11 yıllık verilerde sınıfsal kategorilerin alansal hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalarda değerlendirmelerin yapıldığı ilk yıl olan 2013 yılı kontrol grubu olarak

seçilmiş ve diğer tüm yıllarda belirlenen sınıflar açısından meydana gelen mekansal (alansal) değişimler kontrol grubuyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Alansal büyüklükler hektar (ha) olarak, oransal büyüklükler ise % olarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarına ilişkin tablo ve grafikler oluşturulmuştur. Tüm analizler hem Kavaklıdere ilçesi genelinde hem de yanan alan özelinde incelenmiştir.

2.2.1. Normalize fark vejetasyon indeksi (NDVI)

Normalize fark vejetasyon indeksi (NDVI), belirli bir alandaki bitki örtüsü yoğunluğunu, bitkilerin sağlıklı veya sağlıklı olma durumunu ifade etmektedir. Genellikle tarımsal verimliliği tahmin etmek, bitkilerin hasta olup olmama durumlarını tespit etmek, yangın bölgelerindeki bitki örtüsü tahribatını belirlemek ve kuraklığı izlemek gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Huang vd. 2020). Bu araştırma kapsamında da orman yangınları sonrasında meydana gelen ani vejetasyondaki değişimini ve yangının etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla NDVI analizi gerçekleştirilmiştir.

Sağlıklı, normal bir bitki mavi ve kırmızı ışığı absorbe ederken yeşil ışığı yansıtmaktadır. Ayrıca yeşil görünür ışıkla birlikte yakın kızılötesi (NIR) ışını da yansıtır. Bu sebeple, bitki ne kadar sağlıklı ise NIR ışını o oranda fazla yansıtılmaktadır. Bitkiyi strese sokan ya da canlılığını etkileyen koşullar (su stresi vb.) ortaya çıktığında, bu sorunlar bitkinin fotosentezden sorumlu özellikle parankima dokusunu ve dolayısıyla fotosentez sürecini olumsuz olarak etkilemekte ve buna bağlı olarak yaprakları daha az miktarda NIR ışını yansıtmaktadır. Bitkinin ne derece sağlıklı olduğunu tespit etmek amacıyla RED ve NIR ışınlarının absorbe ve yansıma değerlerinin karşılaştırılması gerekmektedir (Pettorelli, 2013). Bu işlem, NDVI analizi aracılığı ile gerçekleştirilmektedir.

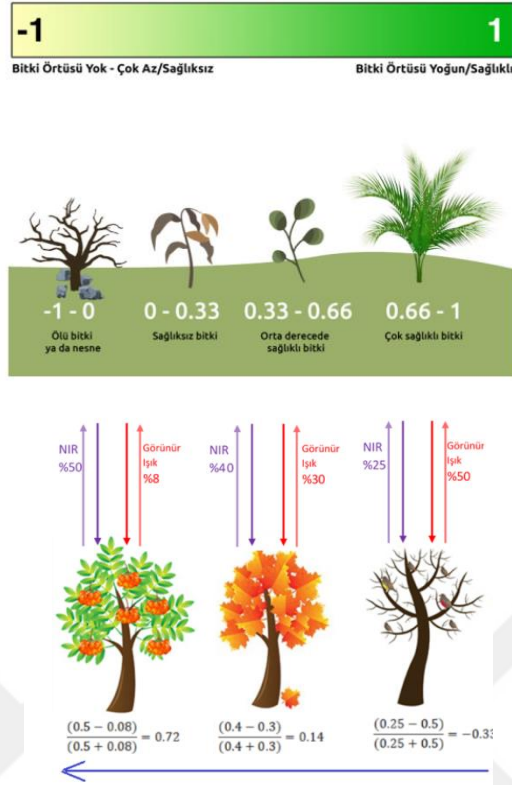
NDVI analizi, Landsat 8 uydularından elde edilen görüntülere ait kırmızı (RED) ve yakın kızılötesi (NIR) bantların aşağıdaki formül kullanılarak işlenmesiyle gerçekleştirilmektedir (Pettorelli, 2013). Bu bantlara ait görüntülerin işlenmesinde ArcGIS programı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve görselleştirilmiştir.

$$NDVI = (X_{NIR} - X_{RED}) / (X_{NIR} + X_{RED})$$

Landsat 8 uydu verilerinde X_{NIR} ise bant 5' e ve X_{RED} , bant 4'e karşılık gelmektedir. Yukarıdaki formül, elde edilen uydu görüntülerinin ilgili bantlarına ArcGIS programının Raster Calculator modülü aracılığıyla uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen hesaplanmış yansıma değerleri; *toprak alanlar*, *kentsel alanlar*, *yer örtücüler*, *çalı grupları* ve *orman alanlar* olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Görsel 2.2'de bitki örtüsü skalasında, -1 ile +1 arasında değişen yansıma değerleri ile bitkinin sağlık durumu arasındaki ilişki gösterilmektedir. Buna göre; 0'dan küçük değerler taşlar, yollar, evler gibi inorganik nesneler veya ölü bitkileri, 0 ile 0.33 arası değerler sağlıklı bitkileri, 0.33 ile 0.66 arasındaki değerler orta derecede sağlıklı bitkileri, 0.66 ve üzerindeki değerler ise çok sağlıklı bitkileri göstermektedir (Eastman vd. 2013). Bu tez çalışması kapsamında yapılan sınıflandırmalar, bu bilgi esas alınarak yapılmıştır.

2.2.2. Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI)

Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI), kuraklık izlemesinin yanı sıra yangın riskini değerlendirmek amacıyla bitki örtüsündeki nemin varlığını belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Özellikle yangına eğilimli alanlarda yangıcılık seviyesinin belirlenmesi noktasında önem taşımaktadır. Toprak ve bitki örtüsüne karşın, su kütlesini önceleyen bir analiz yaklaşımıdır. Yüksek NDWI değerleri bitki örtüsündeki yeterli nemi gösterirken, düşük değerler su stresini göstermektedir. NDWI ürünü (skoru) boyutsuz olmakla birlikte sert ağaç içeriğinin yanı sıra bitki örtüsü ve örtü tüpüne bağlı olarak -1 ile +1 arasında değişmektedir. Yüksek değerler (mavi renk) yüksek bitki su içeriğine ve yüksek bitki fraksiyonu ile kaplı olmasına karşılık gelmektedir. Su stresi olduğunda NDWI değerleri düşüktür. Su stresi, -1 değerine yaklaşan negatif değerlerle belirtilirken, + değerler su fazlalığının olduğu veya su stresinin hiç olmadığı alanları ifade etmektedir (Özvan vd. 2023).



Görsel 2.2. NDVI bitki örtüsü skalası (Esri Türkiye)

NDWI analizi, Landsat uydularından elde edilen görüntülere ait yakın kızılötesi (NIR) ve yeşil (görünür yeşil) bantların aşağıdaki formül kullanılarak işlenmesiyle gerçekleştirilmektedir (Öztürk ve Uzun, 2023). Su, NIR bantta hiç ışık yansıtmaz. Bu nedenle siyah renkli görülmektedir. Bu bağlamda su kütlelerini belirlemek için NIR bantının bu özelliği kullanılmaktadır. Görünür (yeşil) spektral bant bitki örtüsünün su içeriğine ve yaprakların mezofil yapısına duyarlıdır. Yakın kızılötesi (NIR) bant ise yaprağın iç yapısından ve yaprağın kuru madde içeriğinden gelen parlak yansımayı yakalamaktadır. Bu iki bant birleştiğinde bitki örtüsünün su içeriğine ilişkin verileri sunmaktadır (Yurteri ve Kurttaş, 2021). Yapılan bu çalışmada da, NDWI analizi adı geçen bantların belirtilen formül çerçevesinde kullanımı ile gerçekleştirilmiş, bu bantlara ait görüntülerin işlenmesinde ArcGIS programı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve görselleştirilmiştir.

$$NDWI = (X_{GREEN} - X_{NIR}) / (X_{GREEN} + X_{NIR})$$

Landsat 8 uydu verilerinde X_{GREEN} , bant 3'e ve X_{NIR} ise bant 5'e karşılık gelmektedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen değerlerde, 0,5'ten büyük NDWI değerleri su kütlelerini ifade etmektedir. Bu anlamda bitki örtüsü, çok daha küçük

NDWI değerlerine sahiptir. İnsan yapımı nesneler ise 0 ile 0,2 arasında pozitif NDWI değerine sahiptir. Buna göre, NDWI değerleri Tablo 2.1’de verilen aşağıdaki alanlara karşılık gelmektedir.

Tablo 2.1. NDWI değerleri ve karşılık gelen alanlar

NDWI Değeri	Karşılık Geldiği Alan
-1 ile -0,6 arası	Çıplak toprak alan
-0,6 ile -0,4 arası	Çok alçak gölgelik örtü
-0,4 ile -0,2 arası	Kuru veya çok alçak gölgelik, ıslak
-0,2 ile 0,4 arası	Düşük su stresi
0,4 ile 1 arası	Su stresi yok

NDWI analizi sonuçları, kuraklık analizi sonuçlarıyla da karşılaştırılmıştır. Böylece su kütlesi ile bitki örtüsünün kuraklık üzerindeki etkileri, hem NDVI hem de NDWI ile kuraklık analizleri bağlamında ilişkilendirilerek incelenmiştir.

2.2.3. Kuraklık analizi (DA)

Kuraklık analizi, normalize fark vejetasyon indeksi (NDVI) verileri kullanılarak hesaplanan ve elde edilen kantitatif veriye dayanarak ortam kuraklığı ile ilgili değerlendirme yapılmasını sağlayan analizdir (Yılmaz, 2023). Analiz aşağıda verilen formül üzerinden gerçekleştirilmektedir. Analiz sonucunda ortaya çıkan kuraklık indeksine (DI-drought index) ait sayısal değerler ArcGis 10.6 programı aracılığıyla sınıflandırılarak kuraklık verileri atanmıştır (Orhan, 2014). Bu değer aralıkları üzerinden kuraklığın en fazla ve en düşük düzeyde olduğu alanlar belirlenmiştir.

$$DI \text{ (Drought indeks)} = [(NDVI_j - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min})] \times 100$$

(J değeri hangi yılın kuraklık analizi yapılacaksa o yıla ait NDVI analiz verileridir.)

Tablo 2.2’de, kuraklık indeksi değ er aralıklarına karşılık, kuraklık sınıflandırmasına ait bilgiler verilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, bitki örtüsüne bağlı olarak kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek, yangının çıkış sebepleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tablo 2.2. Kuraklık analizindeki değ er aralıklarının sınıflandırılması

Değer Aralığı	Sınıflandırma
0-25 %	Aşırı kurak
25-50 %	şiddetli kurak
50-65 %	Orta kurak
65-80 %	Hafif kurak
80-90 %	Kuraklık yok
90-100 %	Kuraklık yok

2.2.4. Yanan alan (BAI), yanma şiddeti (NBR) ve fark normalize yanma oranı (dNBR) analizleri

Yangın ile ilgili analizler, temel olarak canlı bitki örtüsü, nem içeriği ve yangın sonrası meydana gelen toprak koşullarındaki değişimleri vermekte ve yanmış yeşil alanların tespiti için kullanılmaktadır. Bu  alışma sırasında aşağıda verilen bant kombinasyonları yine aşağıda verilen formüller yardımıyla ve ArcGIS programının Raster Calculator modülü aracılığı ile hesaplanmıştır (Eyi ve Buğdaycı 2024).

$$BAI \text{ (Yanan Alan Indeksi)} = 1 / (0.1 - X_{RED})^2 + (0.06 - X_{NIR})^2$$

$$NBR \text{ (Normalize Edilmiş Yanma şiddeti)} = (X_{NIR} - X_{SWIR}) / (X_{NIR} + X_{SWIR})$$

$$dNBR \text{ (Yanma şiddetinin Belirlenmesi)} = NBR_{\text{yangın sonrası}} - NBR_{\text{yangın  ncesi}}$$

Landsat 8 uydu verilerinde X_{NIR} bant 5' e ve X_{RED} , bant 4'e karşılık gelmektedir. X_{SWIR} ise bant 7'ye karşılık gelmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen yanma şiddetine karşılık gelen önem seviyesi verileri Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Yanma şiddetinin sınıflandırılmasına ilişkin değer aralıkları

Önem Seviyesi	Değer Aralığı (Seviye) (en düşük, en yüksek)
Yangın sonrası yüksek yeşillenme	-0.50, -0.251
Yangın sonrası düşük yeşillenme	-0.250, -0.101
Yanmamış	-0.100, +0.99
Düşük önem seviyesinde yangın	+0.100, +0.269
Orta düşük önem derecesine sahip yangın	+0.270, +0.439
Orta yüksek önem derecesine sahip yangın	+0.440, 0.659
Yüksek önem derecesine sahip yangın	+0.660, +1.300

2.2.5. Yeryüzü sıcaklık analizi (TSA)

Bir ekosistemde sıcaklığın belli değerler arasında kalmasını sağlayan unsurlardan bir tanesi de o ekosistemin sahip olduğu bitki örtüsüdür. Bitki örtüsünün alanın iklimi üzerinde de olumlu etkileri bulunmaktadır. Bitki örtüsünün tahrip ya da yok edilmesi, sadece bitkilerin ortamdaki ayrılması sonucunu değil aynı zamanda alanın sıcaklığı da içeren iklim dengesini de bozmaktadır. Ve bu durum hem ekosistem için bir risk unsuru oluşturmakta hem de artan sıcaklık, alanı yangın gibi tehlikelere açık hale getirmektedir. Bu sebeple bitki örtüsüne bağlı olarak yeryüzü sıcaklığının incelenmesi önem arz etmektedir (Çelik, 2013 ve Polat 2020).

Bu tez çalışması kapsamında bitki örtüsü tabanlı olarak yeryüzü sıcaklık analizleri yapılmıştır. Analizlerin yapılmasında Landsat 8 uydu verilerinde sıcaklık değerlerini ifade eden termal kızılötesi bantlar kullanılmıştır. Termal kızılötesi bantlar (TIRS), Landsat 8 uydu verilerine 10 ve 11. bantları ifade etmektedir.

Yeryüzü sıcaklık analizlerinde sırasıyla şu basamaklar uygulanmıştır. İlk olarak termal kızılötesi bantların radyans (radiance) dönüşümleri yapılmıştır. İkinci aşamada

radyans değerleri sıcaklık verilerine (Tb) dönüştürülmüştür. Sonrasında sıcaklık değerlerinin ortalaması alınmıştır. Daha sonra ise bitki dağılım oranları (Pv) hesaplanmıştır. Takiben NDVI analizi kullanılarak yüzey yayılım değeri olarak ifade edilen E değerleri hesaplanmıştır. Son olarak ise yüzey sıcaklık analizleri yapılmıştır. Hesaplamalar bu sıralamaya göre Görsel 2.3'te belirtilen formüller kullanılarak yapılmıştır. Tüm hesaplamalar ArcGIS 10. 6.1 programı aracılığıyla Raster Calculator modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kavzoğlu vd. 2021).

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} - 273,15$$

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

$$\epsilon_{TM6} = 0,986 + 0.004 P_v$$

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_b}{\frac{h \times c}{b}} \right) \times \ln \epsilon \lambda}$$

Görsel 2.3. Yeryüzü sıcaklık analiz formülleri

Formülde ‘‘L’’ değeri radyans, ‘‘λ’’ ise spektral bantları ifade etmektedir. K1 ve K2 sabitleri uydu görüntülerinin metaveri dosyasında bulunmaktadır. Tb, sensördeki parlaklık sıcaklığını (°C), NDVI analizlerine dayalı hesaplamalarda min ifadesi analizdeki en küçük, max ifadesi ise en yüksek yansıma değerini ifade etmektedir.

2.2.6. Karbon depolama hesaplamaları (CSA)

Yer üstü biyokütle hesaplamalarında uzaktan algılama sistemleri kullanılmakta ve karasal karbon potansiyeli belirlenmektedir. Bu bağlamda arazi verileri ile uzaktan algılama yöntemlerinin entegre edildiği çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda regresyon analizleri ve bitki örtüsü analizlerine dayalı parametrik olmayan farklı istatistiksel analizler kullanılmaktadır (Aktaş vd. 2022 ve Uçar, 2024). Bu çalışma kapsamında Myeong vd. (2006) tarafından geliştirilen ve NDVI analizine dayalı karbon depolama potansiyelinin tahmin edilmesini sağlayan, aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$\text{Karbon Depolama} = \alpha \cdot e^{\text{NDVI} \cdot b}$$

Formülde “ α ” katsayısı, “e” yüzey dağılım sabitini, “b” ise biyokütledeki yoğunluğu karşılayan katsayısı ifade etmektedir. Formülde α değeri 0.107.2, b değeri ise 0.0194 olarak alınmıştır. Formülün haritaya uygulanmasında raster hesaplama aracı kullanılmamış, onun yerine veri dönüşümü yapılarak hesaplanmıştır. Veri kalibrasyonunun sağlanması bakımından 30 m çözünürlükteki veri, 100 m çözünürlükte olacak şekilde dönüştürülmüştür. Karbon depolama potansiyeli değeri, farklı büyüklükteki örnek alanlara ArcGIS programının Raster veri kümeleri için analitik hesaplama ve tanımlı alanların ortalama, toplam, yüksek ve alçak değerler gibi istatistiklerin hesaplanmasına imkan tanıyan Zonal Statistic modülü aracılığıyla atanmıştır (Gülçin, 2021, Değermenci ve Zengin, 2023).

Buna göre NDVI analiz sonuçları referans alınarak karbon haritaları 5 sınıfsal kategoriye ayrılmıştır. Her bir kategorinin tuttuğu karbon miktarı ton olarak verilmiştir. Alansal büyüklükleri hesaplanarak çıkan sonuçlar sınıfsal kategorinin karbon tutma oranı ile çarpılmıştır. Böylece her bir kategorideki alanın toplam karbon tutma miktarı ton cinsinden hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Normalize Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI)

3.1.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan NDVI analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 5 sınıfsal kategori (toprak alan, otsu alanlar, çalı alanları, ağaç alanlar ve orman alanları) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen NDVI analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında toprak alanların 1508,74 ha, otsu alanların 2474,09 ha, çalı alanlarının 5722,23 ha, ağaç alanların, 8590,12 ha ve ormanlık alanların ise 11894,81 ha alanı kapladığı görülmektedir.

2014 yılında toprak alanların 1665,21 ha, otsu alanların 4721,37 ha, çalı alanlarının 2311,46 ha, ağaç alanların 9717,38 ha ve ormanlık alanların ise 11774,57 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında toprak (%10), otsu (%90) alanlarında artış görülürken çalı (-%59) alanlarında azalma, ağaç (%13) alanlarında artış ve orman (-%1) alanlarında azalma belirlenmiştir.

2015 yılında toprak alanların 1730,94 ha, otsu alanlar 1548,58 ha, çalı alanlarının 5345,36 ha, ağaç alanların 10093,26 ha ve ormanlık alanların 11471,85 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2015 yılında toprak (%14) alanlarda artış görülürken otsu (-%37) ve çalı (-%6) alanlarda azalma ile ağaç (%17) alanlarında artış ve orman (-%3) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2016 yılında toprak alanların 1062,93 ha, otsu alanlar 1161,48 ha, çalı alanların 5560,84 ha, ağaç alanların 8791,83 ha, ormanlık alanların 13612,91 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında toprak (-%29), otsu (-%53) ve çalı (-%2) alanlarda azalma görülürken ağaç (%2) ve orman (%14) alanlarında artış görülmektedir.

2017 yılında toprak alanların 1899,92 ha, otsu alanlar 2081,52 ha, çalı alanların 6153,4 ha, ağaç alanların 8255,1 ha ve ormanlık alanların 11800,03 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında toprak

alanlarda (%25) alanlarında artış, otsu (-%15) alanlarında azalma, çalı (%7) alanlarda artış meydana gelirken ağaç (-%3) ve orman (-%1) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2018 yılında toprak alanların 7500,6 ha, otsu alanların 1710,01 ha, çalı alanların 3604,54 ha, ağaç alanların 5912,48 ha ve ormanlık alanların 11462,36 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu noktada 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında toprak (%397) alanlarda artış, otsu (-%30), çalı (-%37) ve ağaç (-%31) ve orman (-%3) alanlarında azalma olduğu belirlenmiştir.

2019 yılında toprak alanların 10279,4 ha, otsu alanların 1484,09 ha, çalı alanların 2283,9 ha, ağaç alanların 4777,32 ha ve ormanlık alanların 11364,8 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında toprak (%581) alanlarında artış, otsu (-%40) ve çalı (-%60), ağaç (-%44) ile orman (-%4) alanlarda ise azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

2020 yılında toprak alanların 2248,4 ha, otsu alanların 3535,67 ha, çalı alanlarının 4437,53 ha, ağaç alanların 9030,53 ile ormanlık alanların 10937,86 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre toprak (%49) ve otsu (%42) alanlarda artış, çalı (-%22) alanlarında azalma ile ağaç (%5) alanlarda artış görülürken orman (-%8) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesine ait tarihlerde toprak alanların 1721,8 ha, otsu alanların 2368,79 ha, çalı alanların 5548 ha, ağaç alanların 8668,92 ha ve ormanlık alanların 11882,48 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında toprak (%14) alanlarda artış görülürken otsu (-%4) ve çalı (-%3) alanlarında azalma, ağaç (%1) alanlarında artış ile orman (-%1) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasına ait tarihlerde toprak alanların 6325,03 ha, otsu alanların 5647,78 ha, çalı alanların 1435,8 ha, ağaç alanlarının 8280,83 ha ve ormanlık alanların 1500,55 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında toprak (%319) ve otsu (%128) alanlarda artış, çalı (-%74), ağaç (-%3) ile orman (-%87) alanlarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

2022 yılında toprak alanların 3845,87 ha, otsu alanların 5843,46 ha, çalı alanlarının 7404,3 ha, ağaç alanlarının 8472,42 ha ve ormanlık alanların 4623,94 ha

alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında toprak (%154), otsu (%136) ve çalı (%29) alanlarda artış görülürken ağaç (-%1) ve orman (-%61) alanlarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

2023 yılında toprak alanların 2987,55 ha, otsu alanların 2755,74 ha, çalı alanlarının 9430,39 ha, ağaç alanların 8555,53 ha ve orman alanlar 6460,78 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre toprak (%98), otsu (%11) ve çalı (%64) alanlarında artış görülürken ağaç (-%1) ve orman (-%45) alanlarında azalma meydana gelmiştir. Tablo 3.1’de analiz sonuçları yer almaktadır. Analiz haritaları Görsel 3.1 ile Görsel 3.3’te yer almaktadır.

3.1.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan NDVI analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 5 sınıfsal kategori (toprak alan, otsu alanlar, çalı alanları, ağaç alanlar ve orman alanları) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen NDVI analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında toprak alanların 173,56 ha, otsu alanların 1024,02 ha, çalı alanların 1677,49 ha, ağaç alanların 1774,23 ha ve ormanlık alanların 3457,23 hektar alanı kapladığı görülmektedir.

2014 yılında toprak alanların 316,19 ha otsu alanların 698,33 ha, çalı alanların 1427,64 ha, ağaç alanların 2826,22 ha ve ormanlık alanların 2837,97 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında toprak (%82) alanlarda artış, otsu (-%31) ve çalı (-%14) alanlarında azalma görülürken ağaç (%59) alanlarında artış ve orman (-%17) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2015 yılında toprak alanların 189,59 ha, otsu alanların 769,23 ha çalı alanların 1636,89 ha, ağaç alanların 2071,04 ha ve ormanlık alanların 3439,39 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında toprak (%9) alanlarında artış, otsu (-%24) ve çalı (-%2) alanlarında azalma görülürken ağaç (%16) alanlarında artış ile orman (-%1) alanlarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

2016 yılında toprak alanların 257,66 ha, otsu alanların 316,38 ha, çalı alanların 1715,85 ha, ağaç alanların 1838,75 ha ve orman alanların ise 3977,5 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre değerlendirildiğinde 2016 yılında toprak (%448) alanlarında artış, otsu (-%69) alanlarında azalma görülürken çalı (%2), ağaç (%3) ve orman (%15) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2017 yılında toprak alanların 198,59 ha, otsu alanların 858,96 ha, çalı alanların 1526,84 ha, ağaç alanların 1775,31 ha ve ormanlık alanlar 3746,59 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında toprak (%14) alanlarında artış, otsu (-%16), çalı (-%8) alanlarında azalma, ağaç (%1) ve orman (%8) alanlarında ise artış görülmektedir.

2018 yılında toprak alanlar 405,04 ha, otsu alanların 954,6 ha, çalı alanların 1117,75 ha, ağaç alanların 1844,87 ha ve orman alanlar 3784,21 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında toprak (%133) alanlarında artış, otsu (-%7) ve çalı (-%33) alanlarında azalma, ağaç (%3) ve orman (%9) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2019 yılında toprak alanların 178,96 ha otsu alanların 299,77 ha, çalı alanların 1621 ha ağaç alanların 2487,8 ha ve orman alanların 3519,1 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında toprak (%3) alanlarında artış ve otsu (-%70), çalı (-%3) alanlarında azalma görülürken ağaç (%40) ve orman (%1) alanlarında artış görülmektedir.

2020 yılında toprak alanların 478,72 ha, otsu alanların 979,98 ha, çalı alanlarının 1243,5 ha, ağaç alanlarının 2314,5 ha ve ormanlık alanların ise 3089,6 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında toprak (%175) alanlarında artış, otsu (-%4) ve çalı (-%25) alanlarında azalma görülürken ağaç (%30) alanlarında artış ve orman (-%10) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesine ait tarihlerde toprak alanların 213,16 ha, otsu alanların 817,76 ha, çalı alanların 1540,84 ha, ağaç alanların 2024,22 ha ve ormanlık alanların ise 3510,34 ha alanı kapladığı sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında toprak (%22) alanlarında artış ve otsu (-%20), çalı (-%8) alanlarında azalma görülürken ağaç (%14) ve orman (%1) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasına ait tarihlerde toprak alanların 2340,17 ha, otsu alanların 810,45 ha, çalı alanlarının 1035,06 ha, ağaç alanlarının 1685,78 ha ve ormanlık alanların 18,85 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna 5 Ağustos 2021 yılında toprak (%1248) alanlarında artış, otsu (-%20), çalı (-%38), ağaç (-%4) ve orman (-%99) alanlarında azalma görülmektedir.

2022 yılında toprak alanların 1302,17 ha, otsu alanların 1241,84 ha, çalı alanların 1546,81 ha, ağaç alanların 1807,32 ha ve ormanlık alanların 208,3 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre değerlendirildiğinde 2022 yılında toprak (%650), otsu (%21) alanlarında artış, çalı (-%7) alanlarında azalma görülürken ağaç (%1) alanlarında artış ve orman (-%93) alanlarında azalma belirlenmiştir.

2023 yılında toprak alanların 1857,62 ha, otsu alanların 1809,68 ha, çalı alanların 1588,35 ha, ağaç alanların 1824,54 ha ve ormanlık alanların 1025,98 hektar alanı kapladığı görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında toprak (%970) ve otsu (%76) alanlarında artış görülürken çalı (-%5) alanlarında azalma, ağaç (%2) alanlarında artış ve orman (-%70) alanlarında azalma meydana gelmiştir. Tablo 3.2’de analiz sonuçları yer almaktadır. Analiz haritaları Görsel 3.2’de yansıma değerleri ve Görsel 3.4’te sınıflandırılmış olarak yer almaktadır.

Tablo 3.1. Kavaklıdere İlçesi genelinde NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

Sınıflama Kategorileri	2013	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Değer	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak Alan	1508,74	1665,21	10	1730,94	14	1063	-29	1899,92	25	7500,6	397	10279	581	2248,4	49
Otsu alan	2474,09	4721,37	90	1548,58	-37	1161	-53	2081,52	-15	1710,01	-30	1484,1	-40	3535,67	42
Çalı alan	5722,23	2311,46	-59	5345,36	-6	5561	-2	6153,4	7	3604,54	-37	2283,9	-60	4437,53	-22
Ağaç alan	8590,12	9717,38	13	10093,26	17	8792	2	8255,1	-3	5912,48	-31	4777,3	-44	9030,53	5
Orman Alan	11894,81	11774,6	-1	11471,85	-3	13613	14	11800,03	-1	11462,36	-3	11365	-4	10937,86	-8

Tablo 3.1 (Devam) Kavaklıdere İlçesi genelinde NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

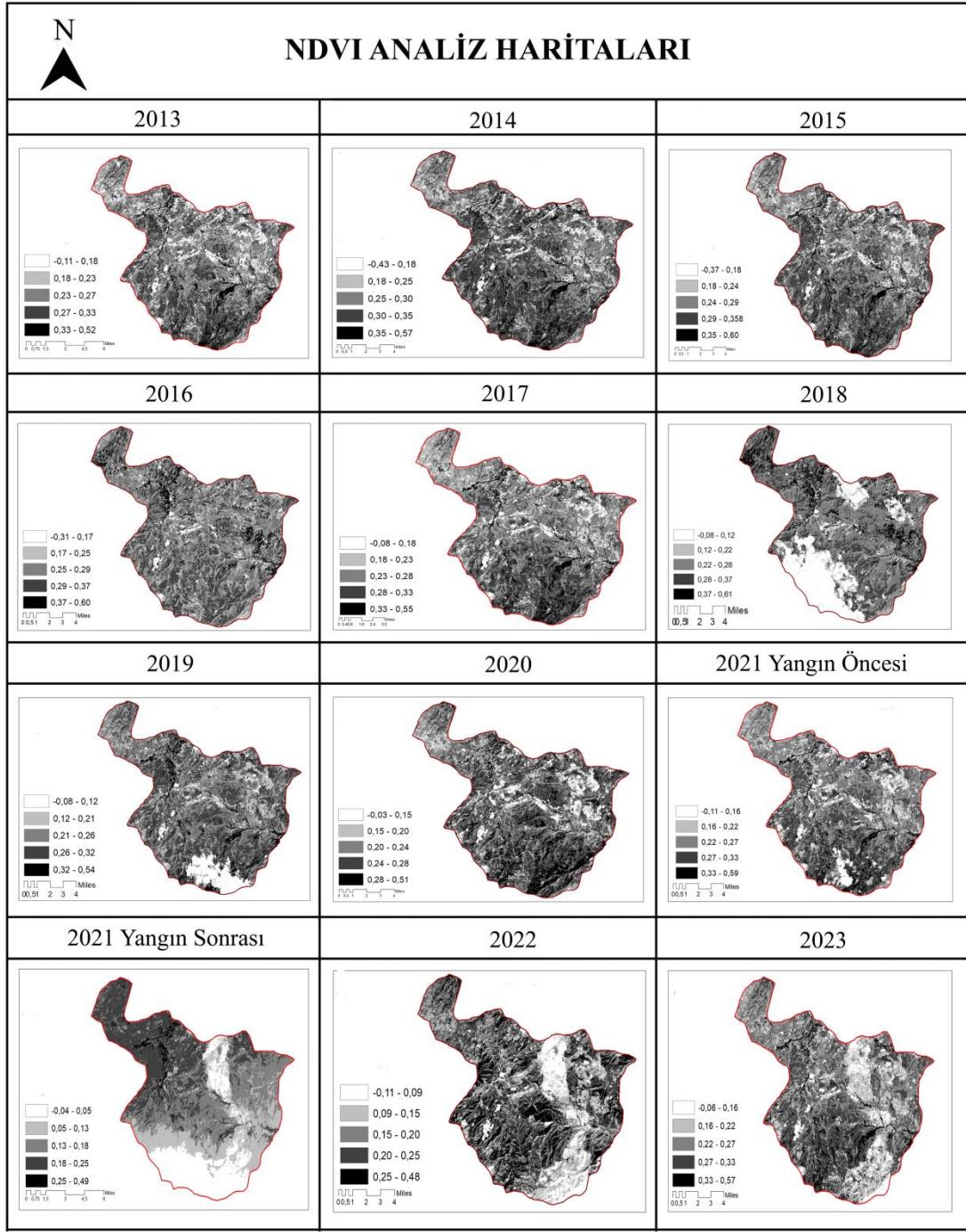
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak Alan	1721,8	14	6325,03	319	3845,87	154	2987,55	98
Otsu alan	2368,79	-4	5647,78	128	5843,46	136	2755,74	11
Çalı alan	5548	-3	1435,8	-74	7404,3	29	9430,39	64
Ağaç alan	8668,92	1	8280,83	-3	8472,42	-1	8555,53	-1
Orman Alan	11882,48	-1	1500,55	-87	4623,94	-61	6460,78	-45

Tablo 3.2. Orman yangını alanı NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

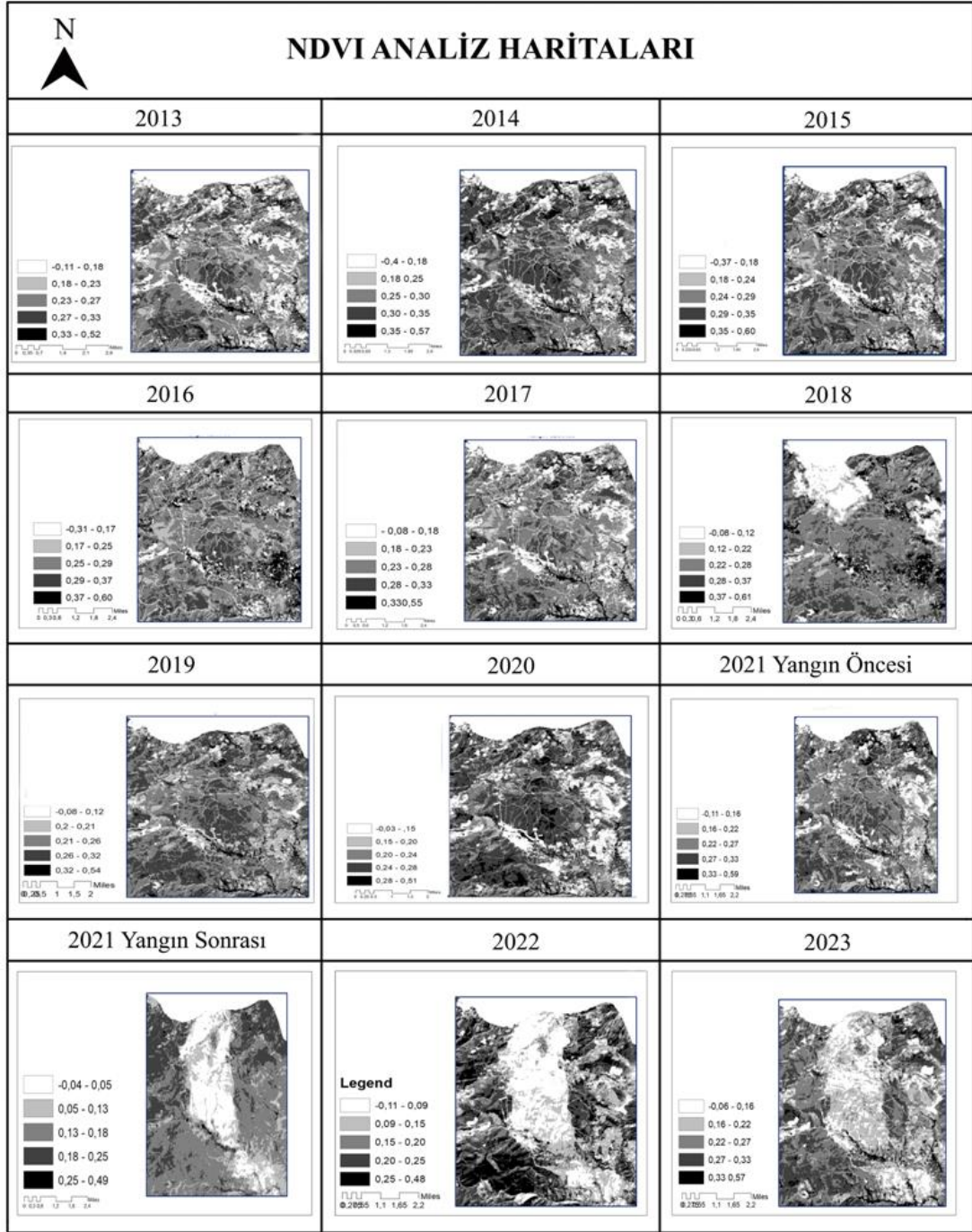
Sınıflama Kategorileri	2013	2014	2015		2016		2017		2018		2019		2020		
	Değer	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak Alan	173,56	316,19	82	189,59	9	257,66	48	198,59	14	405,04	133	179	3	478,7	175
Otsu alan	1024,02	698,33	-31	769,23	-24	316,38	-69	858,96	-16	954,6	-7	299,8	-70	980	-4
Çalı alan	1677,49	1427,64	-14	1636,89	-2	1715,85	2	1526,84	-8	1117,75	-33	1621	-3	1243	-25
Ağaç alan	1774,23	2826,22	59	2071,04	16	1838,75	3	1775,31	1	1844,87	3	2488	40	2314	30
Orman Alan	3457,24	2837,97	-17	3439,39	-1	3977,5	15	3746,59	8	3784,21	9	3519	1	3090	-10

Tablo 3.2. (Devam) Orman yangını alanı NDVI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

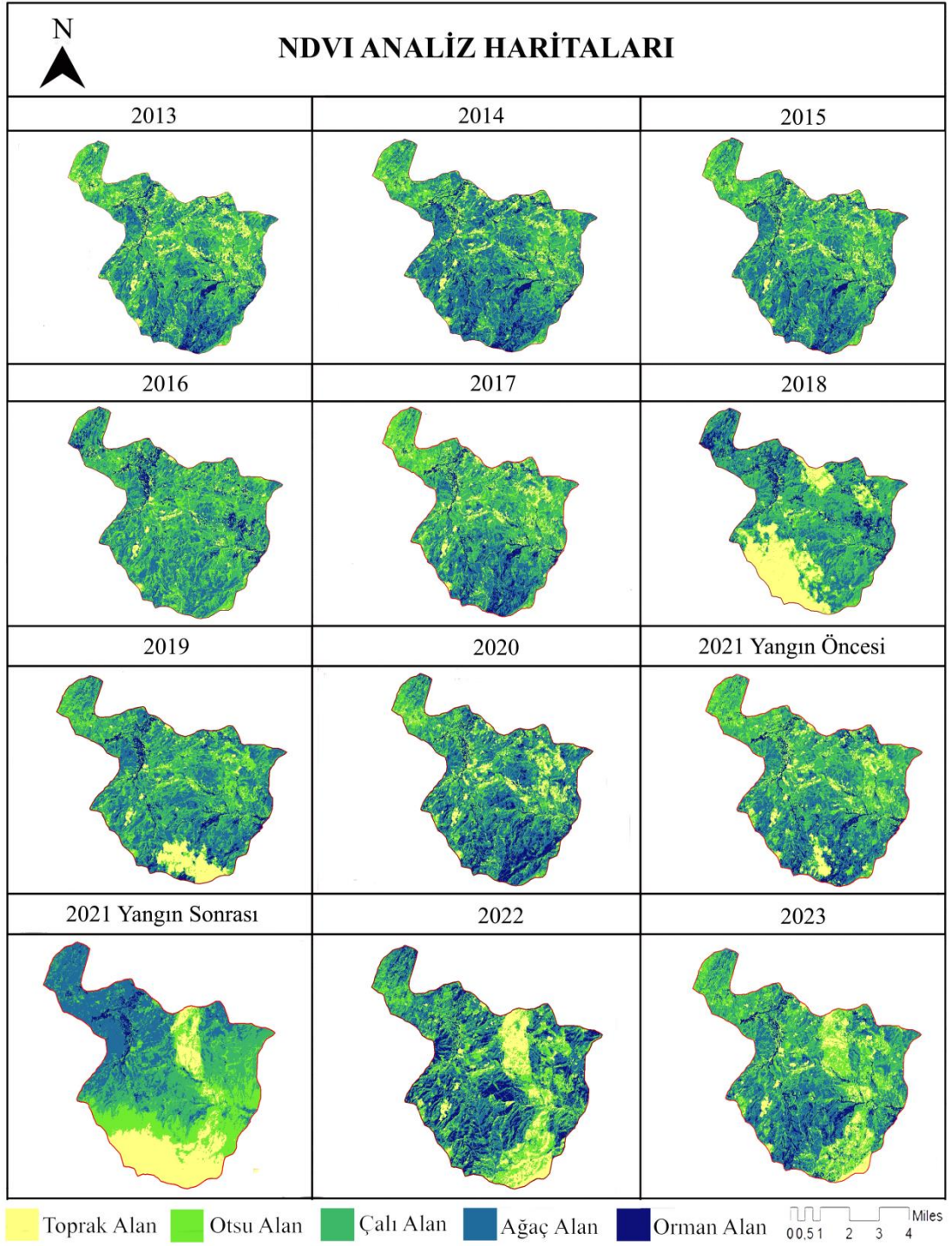
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak Alan	213,16	22	2340	1248	1302,2	650	1857,62	970
Otsu alan	817,76	-20	810,5	-20	1241,8	21	1809,68	76
Çalı alan	1540,84	-8	1035	-38	1546,8	-7	1588,35	-5
Ağaç alan	2024,22	14	1686	-4	1807,3	1	1824,54	2
Orman Alan	3510,34	1	18,85	-99	208,3	-93	1025,98	-70



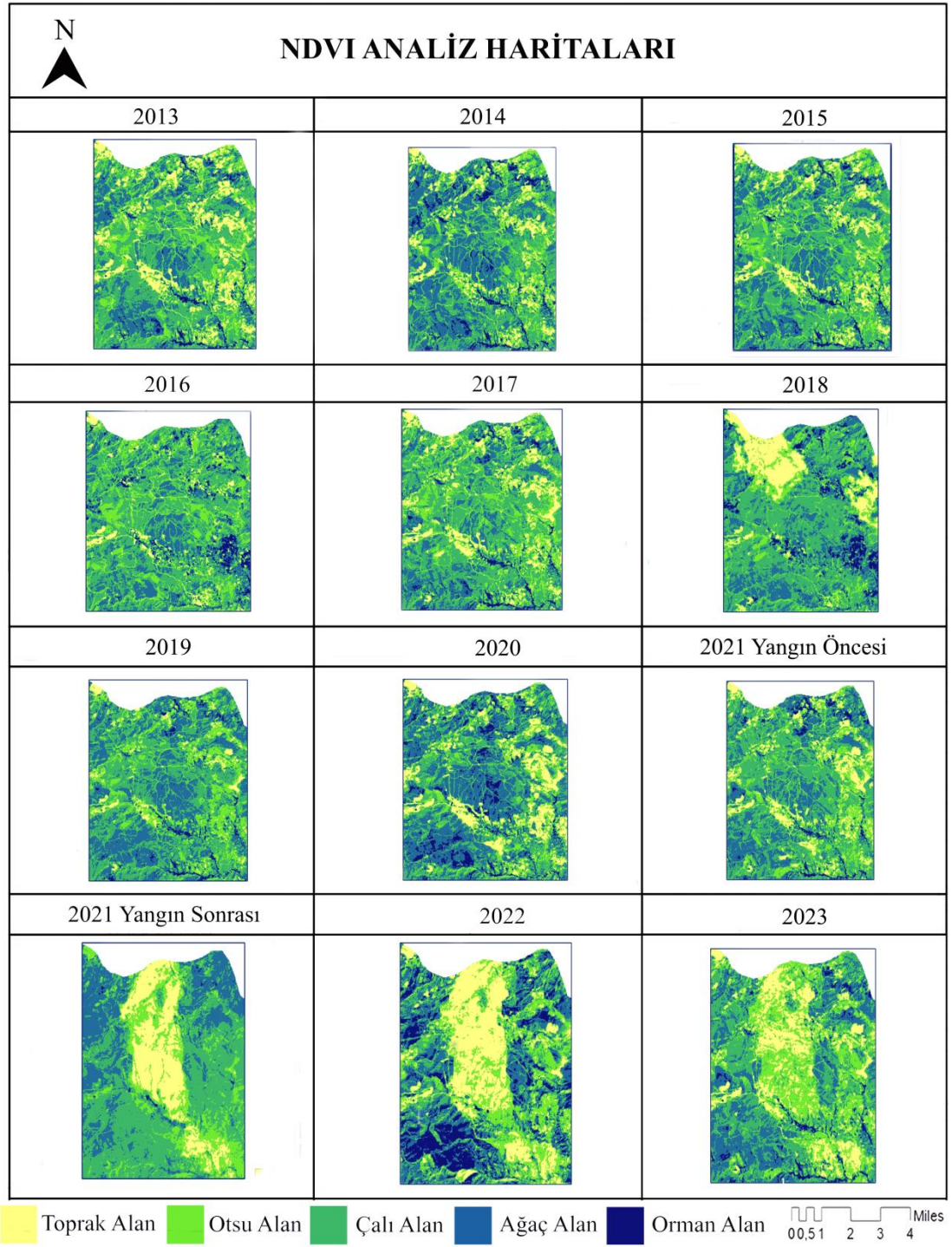
Görsel 3.1. Kavaklıdere ilçesi *NDVI* analiz haritaları yansımaya değerleri



Görsel 3.2. Orman yangını alanı NDVI analiz haritaları yansımaya değerleri



Görsel 3.3. Kavaklıdere ilçesi NDVI analiz haritaları sınıflandırma



Görsel 3.4. Orman yangını alanı NDVI analiz haritaları sınıflandırma

3.2. Normalize Fark Su İndeksi (NDWI)

3.2.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan NDWI analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 5 sınıfsal kategori (çok yüksek su stresi, orta su stresi, düşük su stresi, minimum su stresi, su stresi yok) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen NDWI analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2882,96 ha, orta su stresine sahip alanların 5326,78 ha, düşük su stresine sahip alanların 7392,45 ha, minimum su stresine sahip alanların 9238,89 ha, su stresi yok alanlarının 5348,95 hektar alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir.

2014 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2975,12 ha, orta su stresine sahip alanların 5440,6 ha, düşük su stresine sahip alanların 7672,82 ha, minimum su stresine sahip alanların 8783,82 ha, su stresi yok alanlarının 5317,63 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında çok yüksek su stresi (%3), orta su stresi (%2) ve düşük su stresi (%3) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-% 4) ve su stresi yok (-%1) alanlarında azalma olduğu belirlenmiştir.

2015 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 3108,52 ha, orta su stresine sahip alanların 5438,19 ha, düşük su stresine sahip alanların 7720,87 ha, minimum su stresine sahip alanların 9105,52 ha su stresi yok alanlarının 4816,89 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında çok yüksek su stresi (%7), orta su stresi (%2), düşük su stresi (%4) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-%1), su stresinin olmadığı (-%9) alanlarda azalma görülmektedir.

2016 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2875,4 ha, orta su stresine sahip alanların 6627,1 ha, düşük su stresine sahip alanların 9178,87 ha, minimum su stresine sahip alanların 8520,35 ha, su stresi yok alanlarının 2988,27 ha alanı kapladığı sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında çok yüksek su stresi (-%1) alanlarında azalma, orta su stresi (%24) ve düşük su stresi (%24) alanlarında artış

görülürken minimum su stresi (-%7) ve su stresi yok (-%44) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2017 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 3270,2 ha, orta su stresine sahip alanların 5857,45 ha, düşük su stresine sahip alanların 8728,46 ha, minimum su stresine sahip alanların 8246,43 ha, su stresi yok alanlarının 4087,45 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında çok yüksek su stresi (%1), orta su stresi (%9), düşük su stresi (%18) alanlarında artış, minimum su stresi (-%10) ve su stresi yok (-%23) alanlarında azalma olduğu belirlenmiştir.

2018 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2550,36 ha, orta su stresine sahip alanların 7346,23 ha, düşük su stresine sahip alanların 10728,93 ha, minimum su stresine sahip alanların 7822,88 ha, stresi yok alanlarının 1741,49 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında çok yüksek su stresi (-%11) alanlarında azalma, orta su stresi (%37), düşük su stresi (%45) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-%15) ve su stresi yok (-%67) alanlarında azalma görülmektedir.

2019 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2897,48 ha, orta su stresine sahip alanların 5188,54 ha, düşük su stresine sahip alanların 7693,74 ha, minimum su stresine sahip alanların 9521,47 ha ve su stresi yok alanlarının 4888,76 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında çok yüksek su stresi (%1) alanlarında artış, orta su stresi (-%2) alanlarında azalma, düşük su stresi (%4) ve minimum su stresi (%3) alanlarında artış, su stresi yok (-%8) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2020 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2608,27 ha, orta su stresine sahip alanların 4711,92 ha, düşük su stresine sahip alanların 6739,49 ha, minimum su stresine sahip alanların 10436,2 ha, su stresi yok alanlarının 5694,11 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında çok yüksek su stresi (-%9), orta su stresi (-%11), düşük su stresi (-%8) alanlarında azalma görülürken minimum su stresi (%12), su stresi yok (%6) alanlarında artış görülmektedir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesi tarihlerinde çok yüksek su stresine sahip alanların 3712,39 ha, orta su stresine sahip alanların 6266,59 ha, düşük su stresine sahip alanların 8475,68 ha, minimum su stresine sahip alanların 7954,37 ha, su stresi yok

alanlarının 3780,96 ha alanı kapladığı görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında çok yüksek su stresi (%128), orta su stresi (%17), düşük su stresi (%14) alanlarında artış, minimum su stresi (-%13) ve su stresi yok (-%29) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrası tarihlerinde çok yüksek su stresine sahip alanların 16,1 ha, orta su stresine sahip alanların 5900,75 ha düşük su stresine sahip alanların 8467,57 ha, minimum su stresine sahip alanların 11258,21 ha, su stresi yok alanlarının 4547,36 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında çok yüksek su stresi (-%99) alanlarında azalma görülürken orta su stresi (%10), düşük su stresi (%14), minimum su stresi (%21) alanlarında artış, su stresi yok (-%14) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2022 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 3888,25 ha, orta su stresine sahip alanların 6228,12 ha, düşük su stresine sahip alanların 5175,61 ha, minimum su stresine sahip alanların 8292,57 ha, su stresi yok alanlarının 6605,44 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında çok yüksek su stresi (%34), orta su stresi (%16) alanlarında artış, düşük su stresi (-%29) ve minimum su stresi (-%10) alanlarında azalma görülürken su stresi yok (%23) alanlarında artış görülmektedir.

2023 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 3823,06 ha, orta su stresine sahip alanların 7328,96 ha, düşük su stresine sahip alanların 7589,6 ha, minimum su stresine sahip alanların 7993,23 ha, su stresi yok alanlarının 3455,14 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında çok yüksek su stresi (%32), orta su stresi (%37) ve düşük su stresi (%2) alanlarında artış, minimum su stresi (-%13) ile su stresi yok (-%35) alanlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tablo 3.3'te analiz sonuçları yer almaktadır. Analiz haritaları Görsel 3.5 ve Görsel 3.7'de verilmiştir.

3.2.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan NDWI analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 5 sınıfsal kategori (çok yüksek su stresi, orta su

stresi, düşük su stresi, minimum su stresi, su stresi yok) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen NDWI analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 729,82 ha, orta su stresine sahip alanların 1897,97 ha, düşük su stresine sahip alanların 2569,21 ha, minimum su stresine sahip alanların 2449,83 ha, su stresi yok alanlarının 459,6 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir.

2014 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 661,48 ha, orta su stresine sahip alanların 1387,83 ha, düşük su stresine sahip alanların 2614,02 ha, minimum su stresine sahip alanların 3012,11 ha, su stresi yok alanlarının 430,97 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında çok yüksek su stresi (-%9, orta su stresi (-%26) alanlarında azalma, düşük su stresi (%1), minimum su stresi (%22) alanlarında artış görülürken su stresi yok (-%6) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2015 yılında çok yüksek su stresine sahip alanlar 938,95 ha, orta su stresine sahip alanların 1797,25 ha, düşük su stresine sahip alanların 2718,03 ha, minimum su stresine sahip alanların 21278,56 ha, su stresi yok alanlarının 374,14 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında çok yüksek su stresi (%28) alanlarında artış, orta su stresi (-%5) alanlarında azalma, düşük su stresi (%5) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-%6) ve su stresi yok (-%18) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2016 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 848,24 ha, orta su stresine sahip alanların 2443,25 ha, düşük su stresine sahip alanların 2887,74 ha, minimum su stresine sahip alanların 1663,94 ha, su stresi yok alanlarının ise 263,5 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında çok yüksek su stresi (%16), orta su stresi (%28) ve düşük su stresi (%12) alanlarında artış, minimum su stresi (-%32) ve su stresi yok (-%42) alanlarında azalma görülmektedir.

2017 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 829,45 ha, orta su stresine sahip alanların 1910,44 ha, düşük su stresine sahip alanların 3314,79 ha, minimum su stresine sahip alanların 1904,56 ha, su stresi yok alanlarının 147,26 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında çok yüksek su stresi (%13), orta su stresi (%1), düşük su stresi (%29) alanlarında artış,

minimum su stresi (-%22), su stresi yok (-%67) alanlarında ise azalma meydana gelmiştir.

2018 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 824,38 ha, orta su stresine sahip alanların 2365,94 ha, düşük su stresine sahip alanların 3216,31 ha, minimum su stresine sahip alanların 1413,58 ha, su stresi yok alanlarının 285,84 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında çok yüksek su stresi (%12), orta su stresi (%24) ve düşük su stresi (%25) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-%42) ve su stresi yok (-%37) alanlarında azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2019 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 908,63 ha, orta su stresine sahip alanların 1645,21 ha, düşük su stresine sahip alanların 2445,71 ha, minimum su stresine sahip alanların 2706,24 ha, su stresi yok alanlarının 401,6 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında çok yüksek su stresi (%124) alanlarında artış, orta su stresi (-%13), düşük su stresi (-%4) alanlarında azalma ve minimum su stresi (%10) alanlarında artış görülürken su stresi yok (-%12) alanlarında azalma belirlenmiştir.

2020 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 840,24 ha, orta su stresine sahip alanların 1498,78 ha, düşük su stresine sahip alanların 2308,45 ha, minimum su stresine sahip alanların 3139,28 ha ve su stresi yok alanlarının 319,89 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında çok yüksek su stresi (%15) alanlarında artış, orta su stresi (-%21) ve düşük su stresi (-%10) alanlarında azalma görülürken minimum su stresi (%28) artış ve su stresi yok (-%30) alanlarında ise azalma görülmektedir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesi tarihlerinde çok yüksek su stresine sahip alanların 1108,66 ha, orta su stresine sahip alanların 1903,81 ha, düşük su stresine sahip alanların 3011,36 ha, minimum su stresine sahip alanların 1937,49 ha, su stresi yok alanlarının 145,28 ha alansal büyüklükte olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında çok yüksek su stresi (%51), orta su stresi (%1), düşük su stresi (%17) alanlarında artış görülürken minimum su stresi (-%20) ve su stresi yok (-%68) alanlarında azalma olduğu tespit edilmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrası tarihlerinde çok yüksek su stresine sahip alanların 0 ha, orta su stresine sahip alanların 2721,49 ha, düşük su stresine sahip

alanların 2507,09 ha, minimum su stresine sahip alanların 2656,55 ha, su stresi yok alanlarının ise 221 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında çok yüksek su stresi (-%100) alanlarında azalma, orta su stresi (%43) alanlarında artış, düşük su stresi (-%2) alanlarında azalma, minimum su stresi (%8) alanlarında artış ve su stresi yok (-%51) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2022 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 1147,71 ha, orta su stresine sahip alanların 2599,12 ha, düşük su stresine sahip alanların 1201,96 ha, minimum su stresine sahip alanların 2112,39 ha ve su stresi yok alanlarının 1045,18 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında çok yüksek su stresi (%57) ve orta su stresi (%36) alanlarında artış, düşük su stresi (-%53), minimum su stresi (-%13) alanlarında azalma görülürken su stresi yok (%127) alanlarında artış olduğu görülmektedir.

2023 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 1103,6 ha, orta su stresine sahip alanların 2801,81 ha, düşük su stresine sahip alanların 2108,64 ha, minimum su stresine sahip alanların 1905,24 ha ve su stresi yok alanlarının 187,61 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında çok yüksek su stresi (%51), orta su stresi (%47) alanlarında artış görülürken düşük su stresi (-%17), minimum su stresi (-%22) ve su stresi yok (-%59) alanlarında azalma tespit edilmiştir. Tablo 3.4'te analiz sonuçları yer almaktadır. Kavaklıdere ilçe geneli ve orman yangını alanına ait analiz haritaları Görsel 3.6'da yansıma değerleri, Görsel 3.8'de sınıflandırılmış olarak bulunmaktadır.

Tablo 3.3. Kavaklıdere İlçesi genelinde NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

Sınıflama Kategorileri	2013 Değer	2014 Değer	2015 Değer	2016 Değer	2017 Değer	2018 Değer	2019 Değer	2020 Değer
Çok yüksek su stresi	2882,96	2975,12	3108,52	2875	3270,2	2550,36	2897,5	2608,27
Orta su stresi	5326,78	5440,6	5438,19	6627	5857,45	7346,23	5188,5	4711,92
Düşük su stresi	7392,45	7672,82	7720,87	9179	8728,46	10728,93	7693,7	6739,49
Minimum su stresi	9238,89	8783,82	9105,52	8520	8246,43	7822,88	9521,5	10436,2
Su stresi yok	5348,95	5317,63	4816,89	2988	4087,45	1741,49	4888,8	5694,11

Tablo 3.3. (Devam) Kavaklıdere ilçesi genelinde NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

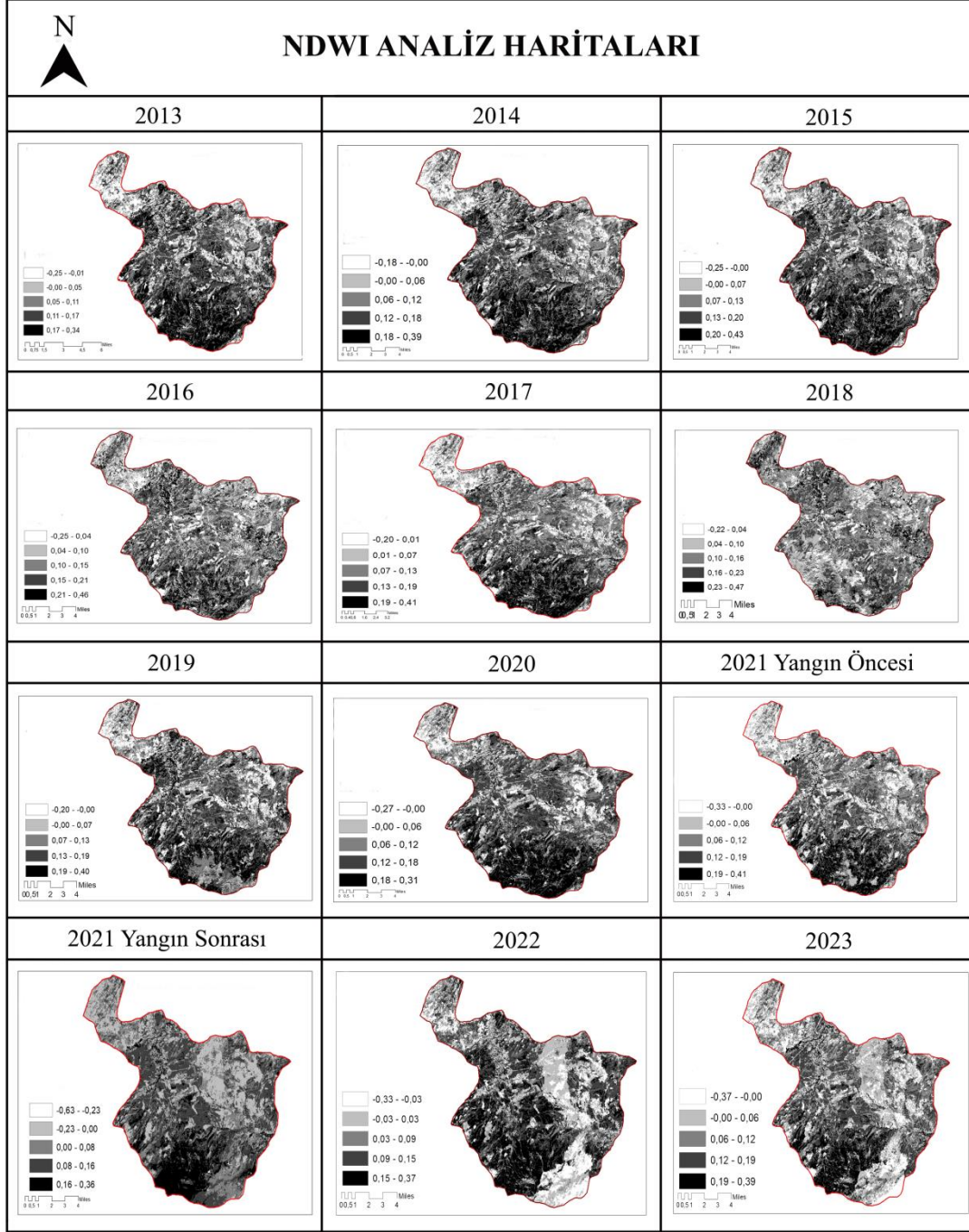
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi	2021 Yangın sonrası	2022	2023
	Değer	Değer	Değer	Değer
Çok yüksek su stresi	3712,39	16,1	3888,25	3823,06
Orta su stresi	6266,59	5900,75	6228,12	7328,96
Düşük su stresi	8475,68	8467,57	5175,61	7589,6
Minimum su stresi	7954,37	11258,21	8292,57	7993,23
Su stresi yok	3780,96	4547,36	6605,44	3455,14

Tablo 3.4. Orman yangını alanı NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

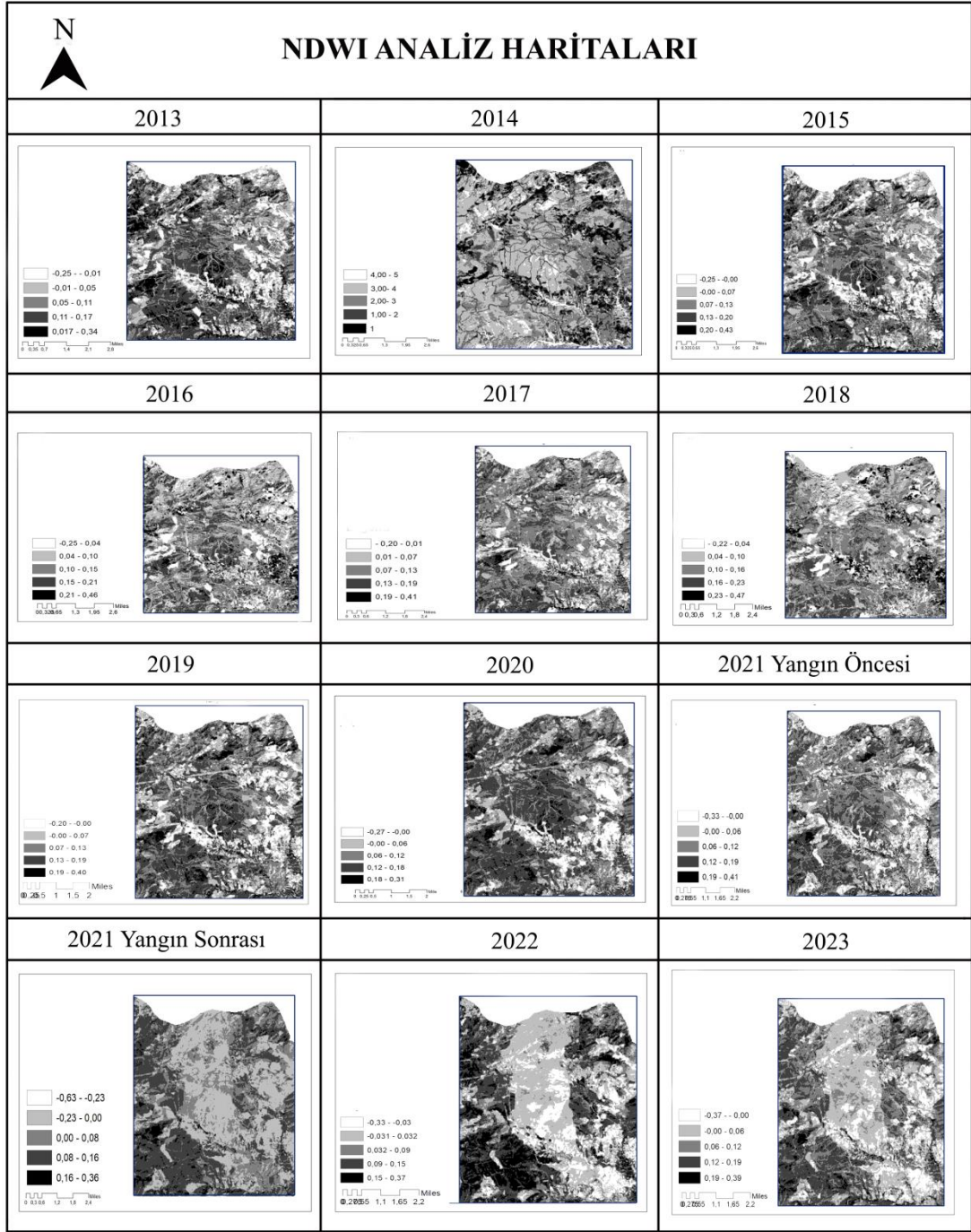
Sınıflama Kategorileri	2013	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Değer	Değer		Değer		Değer		Değer		Değer		Değer		Değer	
Çok yüksek su stresi	729,82	661,48	-9	938,95	28	848,24	16	829,45	13	824,38	12	908,6	124	840,2	15
Orta su stresi	1897,97	1387,83	-26	1797,25	-5	2443,25	28	1910,44	1	2365,94	24	1645	-13	1499	-21
Düşük su stresi	2569,21	2614,02	1	2718,03	5	2887,74	12	3314,79	29	3216,31	25	2446	-4	2308	-10
Minimum su stresi	2449,83	3012,11	22	2278,56	-6	1663,94	-32	1904,56	-22	1413,58	-42	2706	10	3139	28
Su stresi yok	459,6	430,97	-6	374,14	-18	263,5	-42	147,26	-67	285,84	-37	401,1	-12	319,9	-30

Tablo 3.4. (Devam) Orman yangını alanı NDWI analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

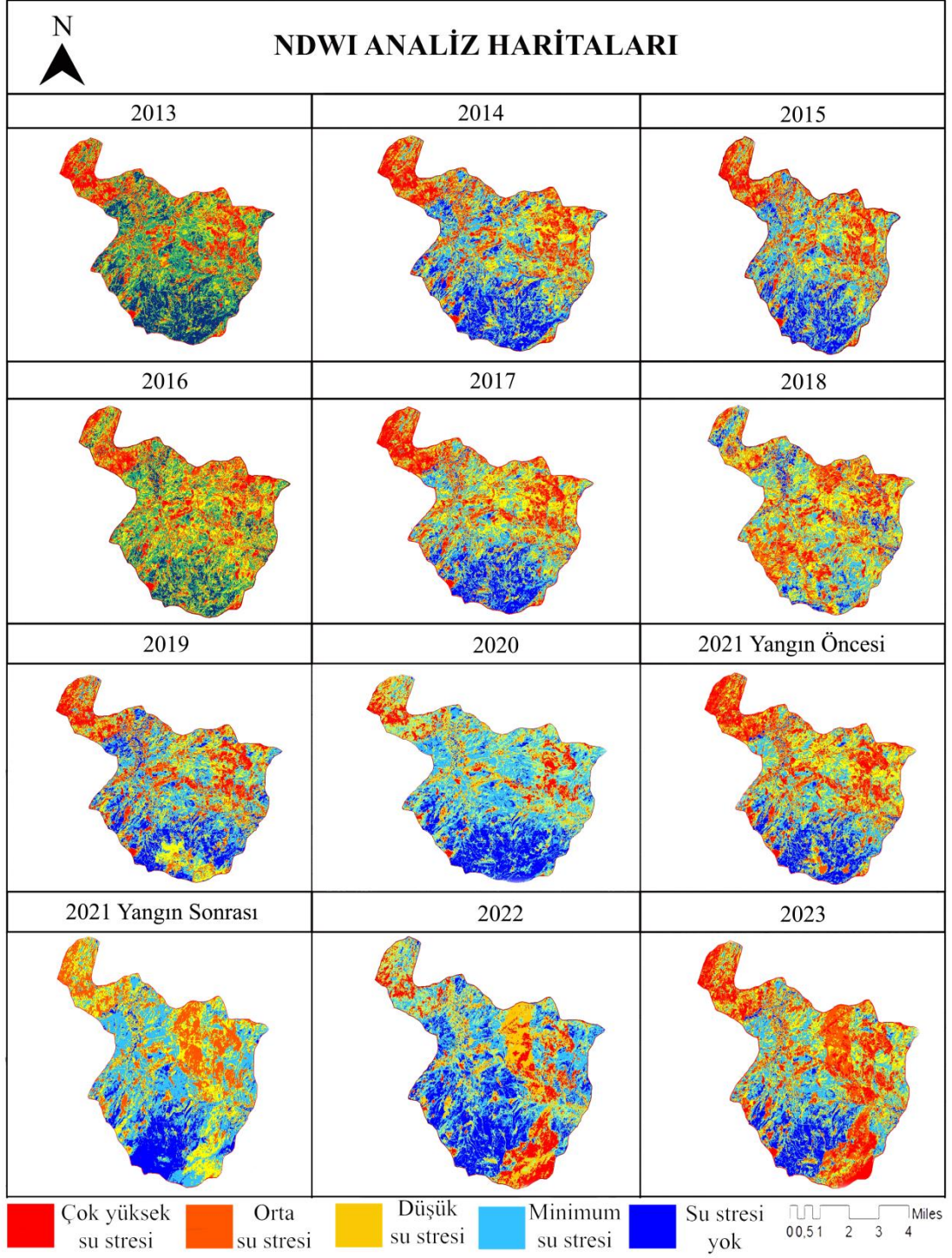
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Çok yüksek su stresi	1108,66	51	0	-100	1147,7	57	1103,6	51
Orta su stresi	1903,81	1	2721	43	2599,1	36	2801,81	47
Düşük su stresi	3011,36	17	2507	-2	1202	-53	2108,64	-17
Minimum su stresi	1937,49	-20	2657	8	2112,4	-13	1905,24	-22
Su stresi yok	145,28	-68	221	-51	1045,2	127	187,61	-59



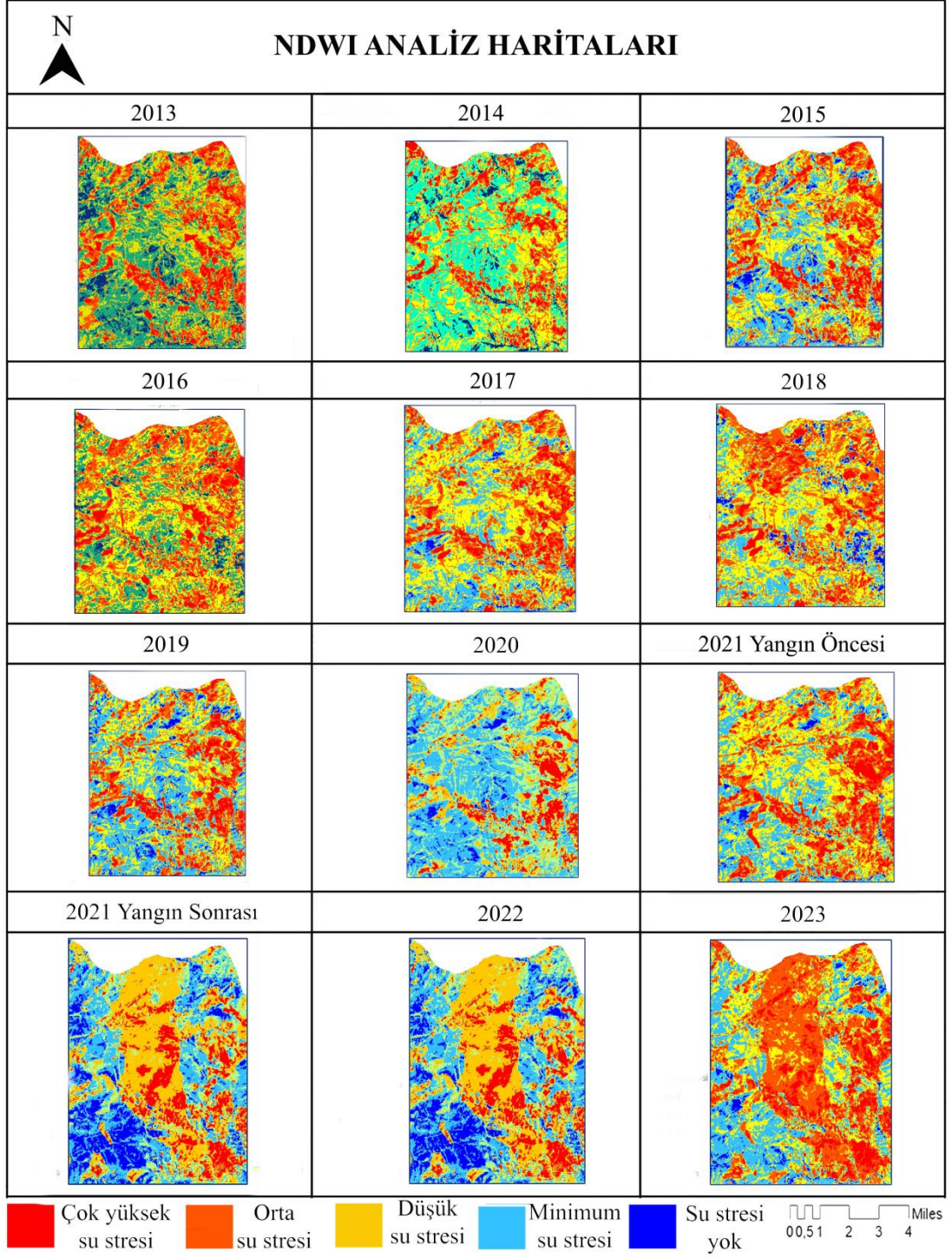
Görsel 3.5. Kavaklıdere ilçesi NDWI analiz haritaları yansıma değerleri



Görsel 3.6. Orman yangını alanı NDWI analiz haritaları yansıma değerleri



Görsel 3.7. Kavaklıdere ilçesi NDWI analiz haritaları sınıflandırma



Görsel 3.8. Orman yangını alanı NDWI analiz haritaları sınıflandırma

3.3. Kuraklık Analizi (DA)

3.3.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan kuraklık analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 6 sınıfsal kategori (aşırı şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık, orta kurak, orta hafif kurak, hafif kurak, kuraklık yok) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen kuraklık analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 1569 ha, şiddetli kurak alanların 4323 ha, orta kurak alanların 8034,99 ha, orta hafif kurak alanların 9819 ha, hafif kurak alanların 5447 ha ve kuraklık yok alanlarının 997 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir.

2014 yılında aşırı şiddetli aşırı şiddetli kurak alanların 789,23 ha, şiddetli kurak alanların 3152,21 ha, orta kurak alanların 5729,33 ha, orta hafif kurak alanların 9875,7 ha, hafif kurak alanların 9148,17 ha, kurak yok alanlarının 1495,35 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında aşırı şiddet kuraklık (-%49), şiddetli kuraklık (-%27) ve orta kuraklık (-%28) alanlarında azalma görülürken orta hafif kuraklık (%1) ve hafif kuraklık (%67), kuraklık yok (%49) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2015 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 902 ha, şiddetli kurak alanların 3284 ha, orta kurak alanların 7125 ha orta hafif kurak alanların 10288 ha, hafif kurak alanların 7488 ha, kurak yok alanlarının 1102,99 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%42), şiddetli kuraklık (-%24) ve orta kuraklık (-%11) alanlarında azalma meydana gelirken orta hafif kuraklık (%4), hafif kuraklık (%37) ve kuraklık yok (%10) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2016 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 634,79 ha, şiddetli kurak alanların 2889,74 ha, orta kurak alanların 8446,5 ha, orta hafif kurak alanların 11791 ha, hafif kurak alanların 5366,5 ha ve kuraklık yok alanlarının 1061,1 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%59), şiddetli kuraklık (-%33) alanlarında azalma meydana gelirken orta kuraklık

(%5), orta hafif kuraklık (%20) alanlarında artış, hafif kuraklık (-%1) alanlarında azalma ve kuraklık yok (%6) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2017 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 1082 ha, şiddetli kuraklığın olduğu alanların 4086 ha, orta kurak alanların 8354 ha, orta hafif kurak alanların 10074 ha, hafif kurak alanların 5542 ha ve kuraklık yok alanlarının 1052 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%31), şiddetli kuraklık (-%5) alanlarında azalma görülürken orta kuraklık (%3), orta hafif kuraklık (%2) ve hafif kuraklık (%1), kuraklık yok (%5) alanlarında artış belirlenmiştir.

2018 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 5179,62 ha, şiddetli kurak alanların 4086 ha, orta kurak alanların 6537,68 ha, orta hafif kurak alanların 10918,9 ha, hafif kurak alanların 3208,5 ha ve kuraklık yok alanlarının ise 259,29 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%230) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%5) ve orta kuraklık (-%18) alanlarında azalma görülürken orta hafif kuraklık (%11) alanlarında artış ve hafif kuraklık (-%41) alanlarında azalma, kuraklık yok (-%73) alanlarında ise azalma meydana gelmiştir.

2019 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 2005,54 ha, şiddetli kurak alanların 3153,81 ha, orta kurak alanların 6939,38 ha, orta hafif kurak alanların 11122,7 ha, hafif kurak alanların 6089,55 ha ve kuraklık yok alanlarının 879,02 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%27) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%27), orta kuraklık (-%13) alanlarında azalma meydana gelirken orta hafif kuraklık (%13), hafif kuraklık (%11) alanlarında artış ile kuraklık yok (-%11) alanlarında azalma görülmektedir.

2020 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 1611,55 ha, şiddetli kurak alanların 3279,37 ha, orta kurak alanların 5877,93 ha, orta hafif kurak alanların 9276,87 ha, hafif kurak alanların 7764,24 ha ve kuraklık yok alanlarının 2380,03 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%2) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%24) , orta kuraklık (-%26) ve orta hafif kuraklık (-%5) alanlarında azalma meydana gelirken hafif kuraklık (%142) ile kuraklık yok (%138) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesi hesaplamalarına göre aşırı şiddetli kurak alanların 116 ha, şiddetli kurak alanların 4406 ha, orta kurak alanların 8205 ha, orta

hafif kurak alanların 10519 ha, hafif kurak alanların 4778 ha ve kuraklık yok alanlarının 766 ha alansal büyüğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%3) alanlarında azalma, şiddetli kuraklık (%1), orta kuraklık (%2) alanlarında artış, orta hafif kuraklık (%7), hafif kuraklık (-%12) ile kuraklık yok (-%23) alanlarında azalma görülmektedir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrası hesaplamalarına göre aşırı şiddetli kurak alanların 3939,16 ha, şiddetli kurak alanların 4268,95 ha, orta kurak alanların 6205,04 ha, orta hafif kurak alanların 8736,32 ha, hafif kurak alanların 6994,63 ha, kuraklık yok alanlarının 45,9 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%151) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%1), orta kuraklık (-%22), orta hafif kuraklık (-%11) alanlarında azalma görülürken hafif kuraklık (%28) alanlarında artış ile kuraklık yok (-%95) alanlarında azalma tespit edilmiştir.

2022 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 5996,16 ha, şiddetli kurak alanların 4865,57 ha, orta kurak alanların 5538,29 ha, orta hafif kurak alanların 7390,03 ha, hafif kurak alanların 6355,04 ha ve kuraklık yok alanlarının 44,9 ha alanı kapladığı sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%282), şiddetli kuraklık (%12) alanlarında artış, orta kuraklık (-%31), orta hafif kuraklık (-%24) alanlarında azalma görülürken hafif kuraklık (%16) alanlarında artış, kuraklık yok (-%95) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2023 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 2258 ha, şiddetli kurak alanların 5368 ha, orta kurak alanların 7142 ha, orta hafif kurak alanların 9506 ha, hafif kurak alanların 4941 ha ve kuraklık yok alanlarının 975 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%43), şiddetli kuraklık (%24) alanlarında artış meydana gelirken orta kuraklık (-%11), orta hafif kuraklık (-%3), hafif kuraklık (-%9) ve kuraklık yok (-%2) alanlarında azalma gerçekleşmiştir. Tablo 3.5'te analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Analiz haritaları Görsel 3.9 ve Görsel 3.11'de bulunmaktadır.

3.3.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan kuraklık analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 6 sınıfsal kategori (aşırı şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık, orta kurak, orta hafif kurak, hafif kurak, kuraklık yok) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen kuraklık analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında aşırı şiddetli kuraklığa sahip alanların 700,91 ha, şiddetli kurak alanların 1399,33 ha, orta kurak alanların 2433,02 ha, orta hafif kurak alanların 2564,66 ha, hafif kurak alanların 904,83 ha, kuraklık yok alanlarının ise 103,77 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir.

2014 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 342,22 ha şiddetli kuraklık alanlarının 1056,65 ha, orta kurak alanların 1605,29 ha, orta hafif kurak alanların 2815,6 ha, hafif kurak alanların 2068,71 ha ve kuraklık yok alanlarının 216,72 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%51), şiddetli kuraklık (-%24) ve orta kuraklık (-%34) alanlarında azalma meydana gelirken orta hafif kuraklık (%9), hafif kuraklık (%128) ve kuraklık yok (%108) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2015 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 514,88 ha, şiddetli kurak alanların 1141,37 ha, orta kurak alanların 2182,57 ha, orta hafif kurak alanların 2809,07 ha, hafif kurak alanların 1321,15 ha ve kuraklık yok alanlarının 137,58 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 203 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%26), şiddetli kuraklık (-%18) ve orta kuraklık (-%10) alanlarında azalma görülürken orta hafif kuraklık (%9), hafif kuraklık (%46), kuraklık yok (%32) alanlarında ise artış görülmektedir.

2016 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 415,54 ha, şiddetli kurak alanların 885,99 ha, orta kurak alanların 2577,22 ha, orta hafif kurak alanların 3198,01 ha, hafif kurak alanların 18 ha ve kuraklık yok alanlarının 1011,31 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%40), şiddetli kuraklık (-%36) alanlarında azalma, orta kuraklık (%5), orta hafif kuraklık (%24) alanlarında artış görülürken hafif kuraklık (-%98) alanlarında azalma ve kuraklık yok (%874) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2017 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 440,69 ha, şiddetli kurak alanların 1305,25 ha, orta kurak alanların 2568,58 ha, orta hafif kurak alanların 2834,57 ha, hafif kurak alanların 848,26 ve kuraklık yok alanlarının 109,06 ha alanı kapladığı görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%37) ve şiddetli kuraklık (-%6) alanlarında azalma, orta kuraklık (%5), orta hafif kuraklık (%10) alanlarında artış meydana gelirken hafif kuraklık (-%6) alanlarında azalma ve kuraklık yok (%5) alanlarında artış olduğu belirlenmiştir.

2018 yılında aşırı şiddetli kuraklık alanlarının 774,75 ha, şiddetli kuraklık alanlarının 580,09 ha, orta kurak alanların 2150,74 ha, orta hafif kurak alanların 3640,3 ha, hafif kurak alanların 751,69 ha, kuraklık yok alanlarının ise 208,92 ha alansal büyüklükte olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%10) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%58) ve orta kurak (-%11), orta hafif kurak (%41), hafif kurak (-%16) alanlarında azalma ve kuraklık yok (%101) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2019 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 198,8 ha, şiddetli kurak alanların 1106,37 ha, orta kurak alanların 2103,91 ha, orta hafif kurak alanların 3301,84 ha, hafif kurak alanların 1309,39 ha ve kuraklık yok alanlarının 85,88 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%71), şiddetli kuraklık (-%20), orta kuraklık (-%13) alanlarında azalma meydana gelirken orta hafif kuraklık (%28), hafif kuraklık (%44) alanlarında artış ve kuraklık yok (-%17) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2020 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 747,34 ha, şiddetli kurak alanların 1003,69 ha, orta kurak alanların 1530,82 ha, orta hafif kurak alanların 2513,98 ha, hafif kurak alanların 2066,33 ha ve kuraklık yok alanlarının 244,29 ha alansal büyüklükte olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre aşırı şiddetli kuraklık (%6) alanlarında artış, şiddetli kuraklık (-%28), orta kuraklık (-%37), orta hafif kuraklık (-%1) alanlarında azalma görülürken hafif kuraklık (%128) ve kuraklık yok (%135) alanlarında artış belirlenmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesinde aşırı şiddetli kurak alanların 1108,66 ha, şiddetli kurak alanların 1803,81 ha, orta kurak alanların 2011,36 ha, orta hafif kurak alanların 1928,49 ha, hafif kurak alanların 145,28 ha ve kuraklık yok alanlarının 1108,66 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz

2021 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%57), şiddetli kuraklık (%28) alanlarında artış ve orta kuraklık (-%17), orta hafif kuraklık (-%24), hafif kuraklık (-%83) alanlarında azalma, kuraklık yok (%968) alanlarında artış görülmektedir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrası tarihlerinde aşırı şiddetli kurak alanların 0 ha, şiddetli kurak alanların 3021,49 ha, orta kurak alanların 2579,09 ha, orta hafif kurak alanların 2509,55 ha, hafif kurak alanların 221 ha ve kuraklık yok alanlarının 0 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında aşırı şiddetli kuraklık (-%100) alanlarında azalma, şiddetli kuraklık (%115), orta kuraklık (%5) alanlarında artış görülürken orta hafif kuraklık (-%2), hafif kuraklık (-%75) ve kuraklık yok (-%100) alanlarında azalma görülmektedir.

2022 yılında aşırı şiddetli kurak alanlar 1476, 54 ha, şiddetli kurak alanların 1736,1 ha, orta kurak alanların 1265,79 ha, orta hafif kurak alanların 1604,43 ha, hafif kurak alanların 1379,24 ha ve kuraklık yok alanlarının 644,28 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%110), şiddetli kuraklık (%24) alanlarında artış, orta kuraklık (-%47), orta hafif kuraklık (-%37) alanlarında azalma görülürken hafif kuraklık (%52) ve kuraklık yok (%520) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2023 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 938,98 ha, şiddetli kurak alanların 2119,99 ha, orta kurak alanların 1723,72 ha, orta hafif kurak alanların 2358,3 ha, hafif kurak alanların 866,12 ha ve kuraklık yok alanlarının 99,41 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında aşırı şiddetli kuraklık (%33), şiddetli kuraklık (%51) alanlarında artış görülürken orta kuraklık (-%29), orta hafif kuraklık (-%8), hafif kuraklık (-%4) ve kuraklık yok (-%4) alanlarında azalma gerçekleşmiştir. Tablo 3.6'da analiz sonuçları görülmektedir. Analiz haritaları Görsel 3.10'da yansıma değerleri, Görsel 3.12'de sınıflandırılmış olarak verilmiştir.

Tablo 3.5. Kavaklıdere İlçesi genelinde kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

Sınıflama Kategorileri	2013	2014	2015		2016		2017		2018		2019		2020		
	Değer	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Aşırı şiddetli kuraklık	1569	789,23	-49	902	-42	634,8	-59	1082	-31	5179,62	230	2005,5	27	1611,55	2
Şiddetli kuraklık	4323	3152,21	-27	3284	-24	2890	-33	4086	-5	4086	-5	3153,8	-27	3279,37	-24
Orta kurak	8034,99	5729,33	-28	7125	-11	8447	5	8354	3	6537,68	-18	6939,4	-13	5877,93	-26
Orta hafif kurak	9819	9875,7	1	10288	4	11791	20	10074	2	10918,9	11	11123	13	9276,87	-5
Hafif kurak	5447	9148,17	67	7488	37	5367	-1	5542	1	3208,5	-41	6089,6	11	7764,24	42
Kuraklık yok	997	1495,35	49	1102,99	10	1061	6	1052	5	259,29	-73	879,02	-11	2380,03	138

Tablo 3.5. (Devam) Kavaklıdere İlçesi genelinde kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

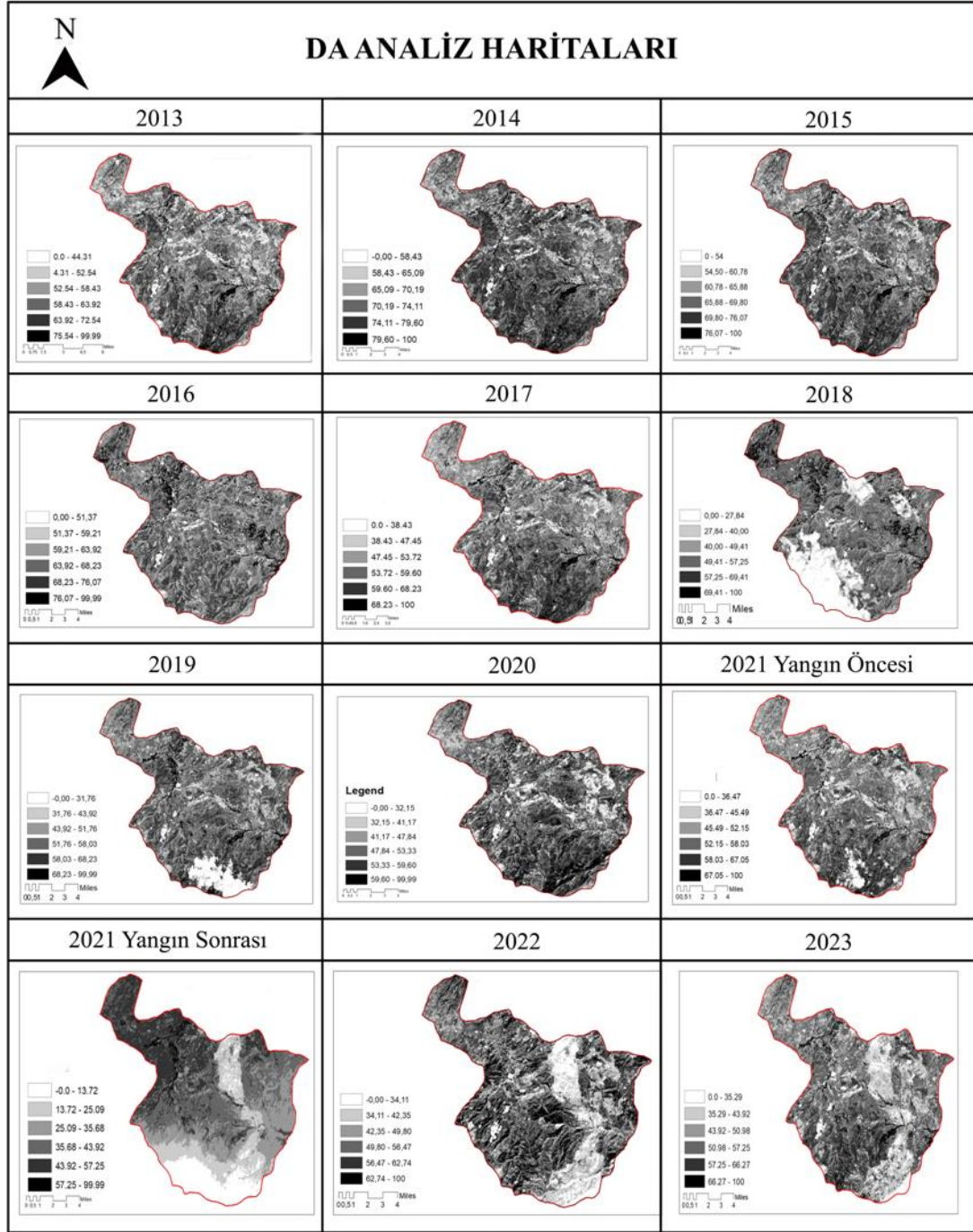
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Aşırı şiddetli kuraklık	1516	-3	3939,16	151	5996,16	282	2258	43
Şiddetli kuraklık	4406	1	4268,95	-1	4865,57	12	5368	24
Orta kurak	8205	2	6205,04	-22	5538,29	-31	7142	-11
Orta hafif kurak	10519	7	8736,32	-11	7390,03	-24	9506	-3
Hafif kurak	4778	-12	6994,63	28	6355,04	16	4941	-9
Kuraklık yok	766	-23	45,9	-95	44,9	-95	975	-2

Tablo 3.6. Orman yangını alanı kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

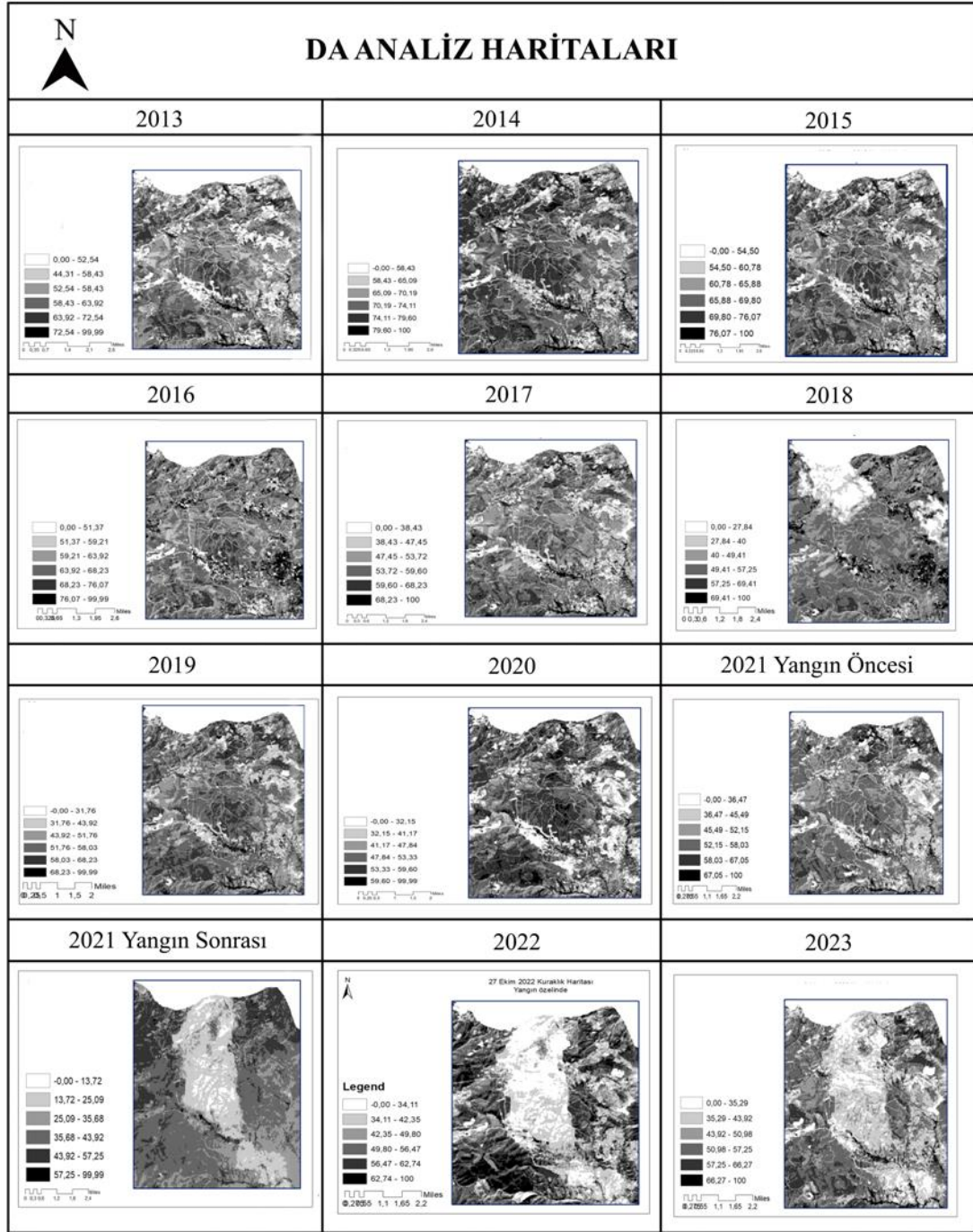
Sınıflama Kategorileri	2013 Değer	2014 Değer	%	2015 Değer	%	2016 Değer	%	2017 Değer	%	2018 Değer	%	2019 Değer	%	2020 Değer	%
Aşırı şiddetli kuraklık	700,91	343,22	-51	514,88	-26	415,54	-40	440,69	-37	774,75	10	198,8	-71	747,3	6
Şiddetli kuraklık	1399,33	1056,65	-24	1141,37	-18	885,99	-36	1305,25	-6	580,09	-58	1106	-20	1004	-28
Orta kurak	2433,02	1605,29	-34	2182,57	-10	2577,22	5	2568,58	5	2150,74	-11	2104	-13	1531	-37
Orta hafif kurak	2564,66	2815,6	9	2809,07	9	3198,01	24	2834,57	10	3640,3	41	3302	28	2514	-1
Hafif kurak	904,83	2068,71	128	1321,15	46	18	-98	848,26	-6	751,69	-16	1309	44	2066	128
Kuraklık yok	103,77	216,72	108	137,58	32	1011,31	874	109,06	5	208,92	101	85,88	-17	244,3	135

Tablo 3.6. (Devam) Orman yangını alanı kuraklık analiz sonuçları alansal hesaplama değerleri (ha)

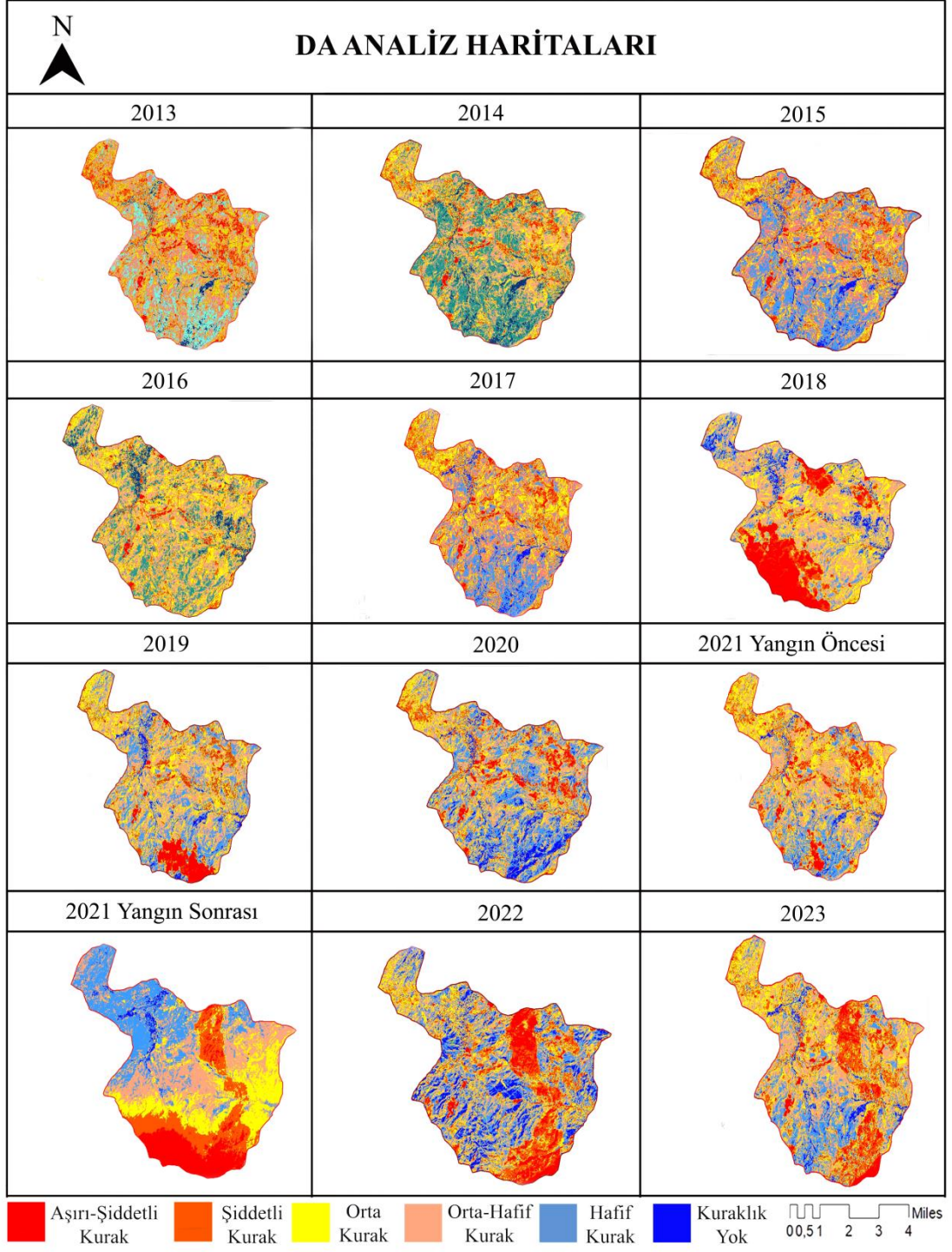
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Aşırı şiddetli kuraklık	1108,66	57	0	-100	1476,5	110	938,98	33
Şiddetli kuraklık	1803,81	28	3021	115	1736,1	24	2119,99	51
Orta kurak	2011,36	-17	2575	5	1265,8	-47	1723,72	-29
Orta hafif kurak	1928,49	-24	2510	-2	1604,4	-37	2358,3	-8
Hafif kurak	145,28	-83	221	-75	1379,2	52	866,12	-4
Kuraklık yok	1108,66	968	0	-100	644,28	520	99,41	-4



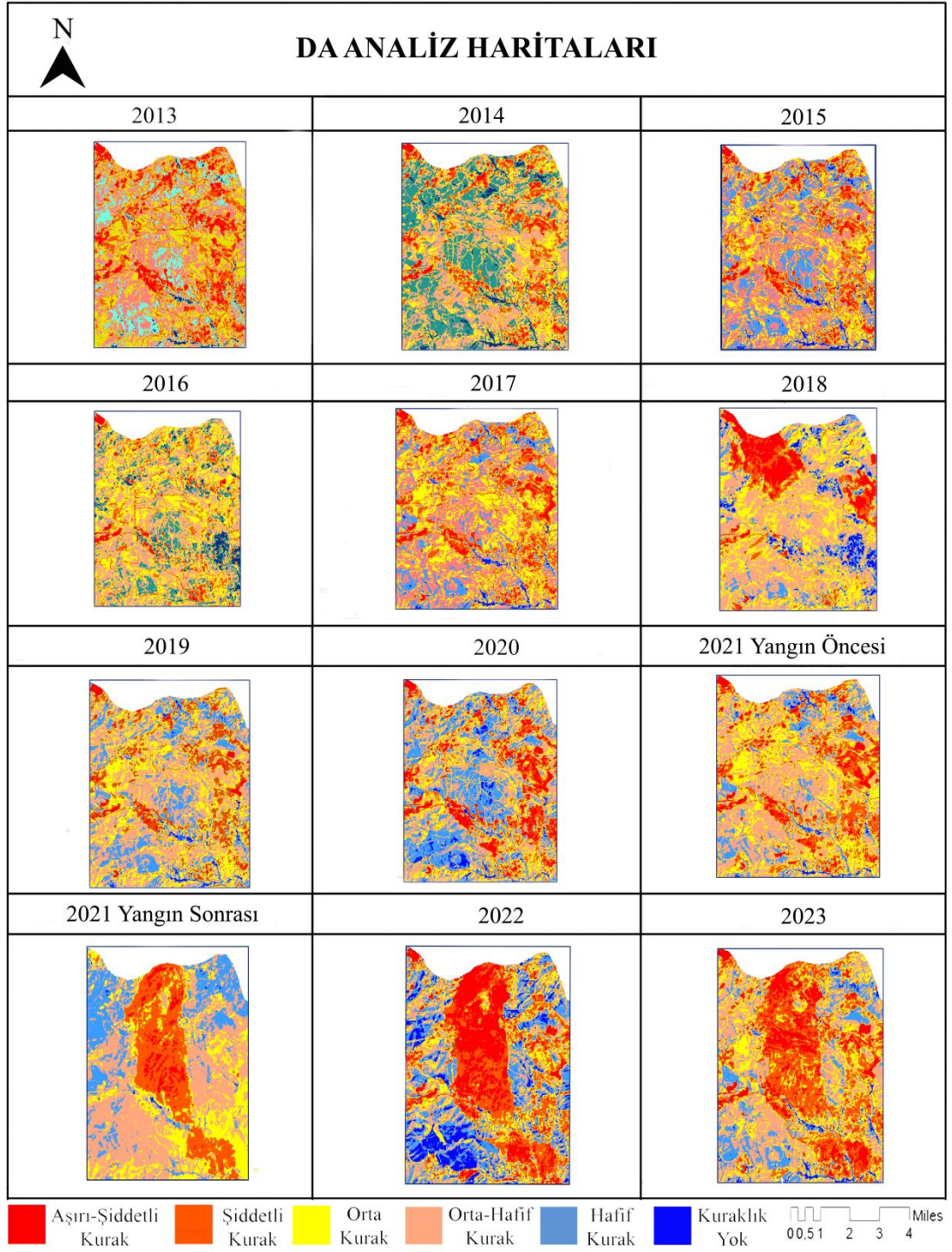
Görsel 3.9. Kavaklıdere ilçesi kuraklık analiz haritaları yansıma değerleri



Görsel 3.10. Orman yangını alanı kuraklık analiz haritaları yansıma değerleri



Görsel 3.11. Kavaklıdere ilçesi kuraklık analiz haritaları sınıflandırma



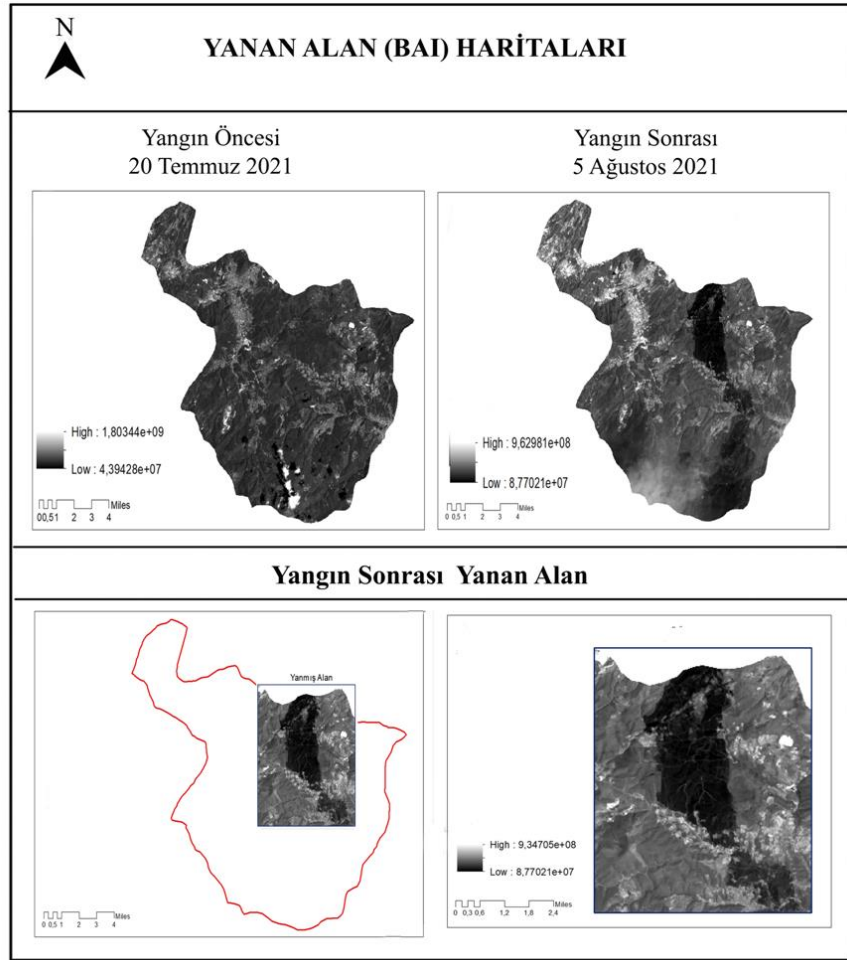
Görsel 3.12. Orman yangını alanı kuraklık analiz haritaları sınıflandırma

3.4. Yanan Alan (BAI), Yanma Şiddeti (NBR) Ve Fark Normalize Yanma Oranı dNBR Analizleri

3.4.1. Yanan alan indeksi (BAI)

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan yanan alan analizleri sonucunda, hesaplanan yansımalar baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde yanan alanlar belirlenmiştir. Değerlendirmeler 29 Temmuz 2021 tarihinde yaşanan yangına göre yapılmıştır. Yanan alanlar ve yangından etkilenen alanlar olarak elde edilen sonuçlarda ilçe genelinde yanma oranının en yüksek olduğu alan ve yakın çevresi seçilerek yangının etkileri değerlendirilmiştir.

Gerçekleştirilen yanan alan analiz sonuçlarına göre, 29 Temmuz 2021 yangın öncesi tarihinde elde edilen analiz görüntüleri ile 5 Ağustos 2021 yangın sonrasında ait analiz görüntülerine göre 29 Temmuz 2021 tarihinde meydana gelen orman yangınında yanan alanlar belirlenmiştir. Buna göre çıkan yangında 5566,36 ha alanın yandığı sonucuna ulaşılmıştır. Görsel 3.13'te analiz haritaları görülmektedir.

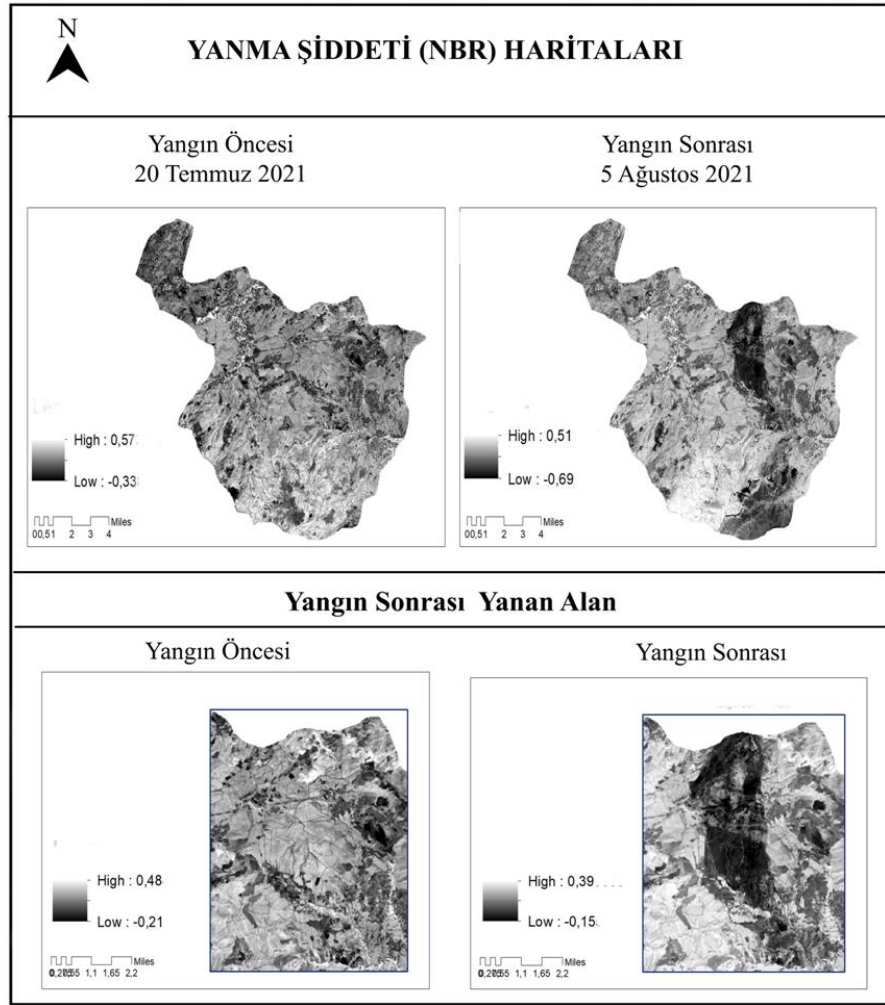


Görsel 3.13. Yanan alan indeksi (BAI) analiz haritaları

3.4.2. Yanma şiddeti (NBR)

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan yanma şiddeti analizleri sonucunda, hesaplanan yansımaya değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde yanan alanlarda yanma şiddeti belirlenmiştir. Değerlendirmeler 29 Temmuz 2021 tarihinde yaşanan yangına göre yapılmıştır. Buna göre elde edilen bulgularda yangın öncesine ait yanma şiddeti analiz sonuçlarında yanan alanların yüksek yanma şiddetine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yangın sonrasına ait analiz sonuçlarında yanan alanların düşük yanma şiddetine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buradan hareketle yanan alanlarda bitki örtüsü tahribatına bağlı olarak nerelerin yandığını ve bu alanların tekrar yanma durumunun olmadığını ve yangının meydana getirdiği hasarı göstermektedir. Görsel 3.14'te yer alan analiz haritalarında görülmektedir.



Görsel 3.14. Yanma şiddeti (NBR) analiz haritaları

3.4.2. Fark normalize yanma oranı (dNBR)

3.4.2.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde dNBR analizleri sonucunda, hesaplanan yansımaya değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 7 sınıfsal kategori (yüksek önemli yangın, orta yüksek önemli yangın, orta düşük önemli yangın, düşük önemli yangın, yanmamış, düşük yeşillenme, yüksek yeşillenme) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen dNBR analiz sonuçlarına göre, yangın sonrası 5 Ağustos 2021 tarihinde (yangın sonrası) yüksek önemli yangın alanlarının 929,28 ha, orta yüksek

önemli yangın alanlarının 6005 ha, orta düşük önem seviyesinde yangın alanlarının 3525 ha, düşük önem seviyesinde yangın alanlarının 7823 ha, yanmamış alanların 9978 ha, düşük yeşillenme görülen alanların 1032 ha, yüksek yeşillenme görülen alanların 897 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.7’de analiz sonuçları verilmiştir.

3.4.2.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde dNBR analizleri sonucunda, hesaplanan yansımaya değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 7 sınıfsal kategori (yüksek önemli yangın, orta yüksek önemli yangın, orta düşük önemli yangın, düşük önemli yangın, yanmamış, düşük yeşillenme, yüksek yeşillenme) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

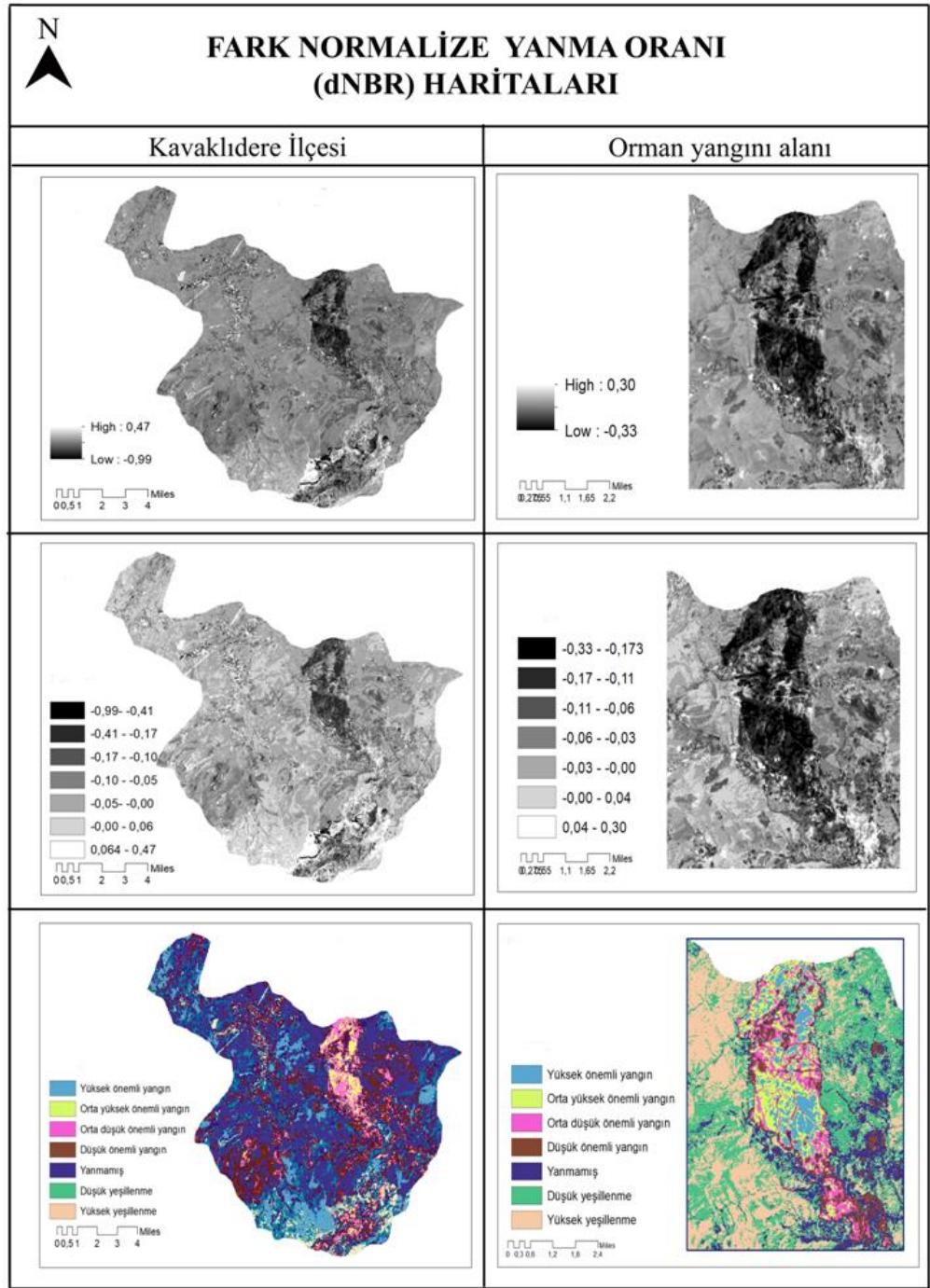
Gerçekleştirilen dNBR analiz sonuçlarına göre, yangın sonrası 5 Ağustos 2021 tarihinde (yangın sonrası) yüksek önemli yangın 412,61 ha, orta yüksek önemli yangın alanlarının 823,46 ha, orta düşük önemli yangın alanlarının 2405,13 ha, düşük önemli yangın alanlarının 1870,50 ha, yanmamış alanların 2338,59 ha, düşük yeşillenme görülen alanların 1235,41 ve yüksek yeşillenme görülen alanların 117,67 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de analiz sonuçları ile Görsel 3.15’te analiz haritaları görülmektedir.

Tablo 3.7. Kavaklıdere ilçe geneli dNBR analiz sonuçları alansal büyüklükleri (ha)

Kategori	2021 5 Ağustos
Yüksek önemli yangın	929,28
Orta yüksek önemli yangın	6005
Orta düşük önemli yangın	3525
Düşük önemli yangın	7823
Yanmamış	9978
Düşük yeşillenme	1032
Yüksek yeşillenme	897

Tablo 3.8. Orman yangın alanı dNBR analiz sonuçları alansal büyüklükleri (ha)

Kategori	2021 5 Ağustos
Yüksek önemli yangın	412,61
Orta yüksek önemli yangın	823,46
Orta düşük önemli yangın	2405,13
Düşük önemli yangın	1870,50
Yanmamış	2338,59
Düşük yeşillenme	1235,41
Yüksek yeşillenme	117,67



Görsel 3.15. Fark normalize yanma oranı (dNBR) analiz haritaları sınıflandırma

3.5. Yeryüzü Sıcaklık Analizi (TSA)

3.5.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan sıcaklık analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 5 sınıfsal kategori (en düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen kuraklık analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında sıcaklık 22.40 °C ile 40.12 °C aralığında, en düşük sıcaklığa sahip alanlar 4512,91 ha, düşük sıcaklıktaki alanlar 8180,14 ha, orta sıcaklığa sahip alanların 7936,33 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 6046,43 ha, en yüksek sıcaklığa sahip alanların 3488,38 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

2014 yılında sıcaklık değerleri 24.11 °C ile 44.14 °C aralığında en düşük sıcaklığa sahip alanların 4222,14 ha, düşük sıcaklığa sahip alanların 7453,6 ha, orta sıcaklıktaki alanların 8242,69 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 6629,93 ve en yüksek sıcaklıktaki alanların 3643,14 ha alansal büyüklükte olduğu görülmektedir. Buna göre 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında en düşük sıcaklık (-%6), düşük sıcaklık (-%8) alanlarında azalma görülürken orta sıcaklık (%3), yüksek sıcaklık (%9) ve en yüksek sıcaklık (%4) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2015 yılında sıcaklık değerleri 24.20 °C ile 47.21 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 4701 ha, düşük sıcaklık alanlarının 9024,18 ha, orta sıcaklıktaki alanların 7905,84 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 5733,28 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların 2828,37 ha alansal büyüklükte olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (%4), düşük sıcaklık (%10) alanlarında artış, orta sıcaklık (-%1), yüksek sıcaklık (-%5) ve en yüksek sıcaklık (-%18) alanlarında azalma görülmektedir.

2016 yılında sıcaklık değerleri 17.42 °C ile 37.65 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 3674,69 ha, düşük sıcaklık alanlarının 8245,1 ha, orta sıcaklık alanlarının 9236,45 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 6555,38 ha, en yüksek sıcaklık alanlarının 2468,04 ha alanı kapladığı sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük (-%18)sıcaklıktaki alanlarda azalma, düşük sıcaklık (%1), orta sıcaklık

(%16), yüksek sıcaklık (%8) alanlarında artış meydana gelirken en yüksek sıcaklık (-%29) alanları azalmıştır.

2017 yılında sıcaklık değerleri 23.97 °C ile 43.79 °C aralığında en düşük sıcaklığa sahip alanların 4062,31 ha, düşük sıcaklık alanlarının 7153,66 ha, orta sıcaklıktaki alanların 9338,47 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 6658,08 ha ve en yüksek sıcaklığa sahip alanların 3005,87 ha alanı kapladığı görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubu olarak alındığında 2017 yılında en düşük sıcaklık (-%9), düşük sıcaklık (-%12) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%17), yüksek sıcaklık (%10) alanlarında artış, en yüksek sıcaklık (-%13) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2018 yılında sıcaklık değerleri 3.13 °C ile 39.19 °C aralığında en düşük sıcaklığa sahip alanların 1030,04 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 1747,85 ha, orta sıcak alanların 1801,06 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 7242,11 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların ise 18358,32 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında en düşük sıcaklık (-%77), düşük sıcaklık (-%78), orta sıcaklık (-%77) alanlarında azalma görülürken yüksek sıcaklık (%19) ve en yüksek sıcaklık (%426) alanlarında artış belirlenmiştir.

2019 yılı sıcaklık değerleri 18.94 °C ile 35.25 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 782,7 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 1901,14 ha, orta sıcaklıktaki alanların 9007,8 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 13222,8 ha, en yüksek sıcaklığa sahip alanların da 5241,35 ha alana sahip olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında en düşük sıcaklık (-%82), düşük sıcaklık (-%76) alanlarında azalma orta sıcaklık (%13), yüksek sıcaklık (%118) ve en yüksek sıcaklık (%50) alanlarında artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2020 yılı sıcaklık değerleri 18.94 °C ile 35.25 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 3144,41 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 7043,93 ha, orta sıcaklığa sahip alanların 10325,38 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 6866,72 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların 2764,6 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında en düşük sıcaklık (-%30), düşük sıcaklık (-%13) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%30), yüksek sıcaklık (%13) alanlarında artış ve en yüksek sıcaklık (-%20) alanlarında azalma görülmektedir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesi tarihlerinde sıcaklık değerleri 12.02 °C ile 42.51 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 384,38 ha, düşük sıcaklıktaki

alanların 5474,61 ha, orta sıcaklıktaki alanların 10400,16 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 8713,97 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların 222,7 ha alanı kapladığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında en düşük sıcaklık (-%91), düşük sıcaklık (-%33) alanlarında azalma meydana gelirken orta sıcaklık (%31), yüksek sıcaklık (%44) ile en yüksek sıcaklık (%49) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasında sıcaklık değerleri 18.33 °C ile 88.78 °C aralığında en düşük sıcaklığa sahip alanların 3192,15 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 10228,29 ha, orta sıcaklıktaki alanların 10887,42 ha, yüksek sıcaklığa sahip alanların 5840,25 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların ise 32,41 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (-%29) alanlarında azalma, düşük sıcaklık (%25), orta sıcaklık (%37) alanlarında artış, yüksek sıcaklık (-%3) ile en yüksek sıcaklık (-%99) alanlarında azalma yaşanmıştır.

2022 yılı sıcaklık değerleri 11.34 °C ile 33.51 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 3449, 59 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 7489,39 ha, orta sıcaklık alanlarının 8901,63 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 7056,99 ha ve en yüksek sıcaklıktaki alanların 3274,6 ha alanı kapladığı görülmektedir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında en düşük sıcaklık (-%23) ile düşük sıcaklık (-%8) alanlarında azalma görülürken orta sıcaklık (%12), yüksek sıcaklık (%16) alanlarında artış, en yüksek sıcaklık (-%6) alanlarında azalma belirlenmiştir.

2023 yılı sıcaklık değerleri 17.58 °C ile 35.44 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 3199,04 ha, düşük sıcaklık alanlarının 6821,98 ha, orta sıcaklık alanlarının 8022,33 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 7170,16 ha, en yüksek sıcaklık alanlarının ise 4966,94 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında en düşük sıcaklık (-%29), düşük sıcaklık (-%16) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%1), yüksek sıcaklık (%18) ile en yüksek sıcaklık (%42) alanlarında artış tespit edilmiştir. Tablo 3.9’da analiz sonuçları verilmiştir. Analiz haritaları Görsel 3.16’da verilmiştir.

3.5.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan sıcaklık analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 5 sınıfsal kategori (en düşük, düşük, orta, yüksek

ve çok yüksek) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen sıcaklık analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında sıcaklık değerleri 22,40 °C ile 27,54 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 81,75 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 1559,83 ha, orta sıcaklıktaki alanların 2877,43 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2178,22 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 1408,85 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

2014 yılında sıcaklık değerleri 24,11 °C ve 44,14 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 64,9 ha, düşük sıcaklık alanlarının 1212,68 ha, orta sıcaklıktaki alanların 3340,56 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2324,87 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 1163,44 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında en düşük sıcaklık (-%20), düşük sıcaklık (-%22) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%16), yüksek sıcaklık (%6) alanlarında artış ve en yüksek sıcaklık (-%17) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2015 yılı sıcaklık değerleri 24,20 °C ve 47,21 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 302,95 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 1979,84 ha, orta sıcaklıktaki alanların 2972,96 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 1912,87 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 938,25 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında en düşük sıcaklık (%270), düşük sıcaklık (%26), orta sıcaklık (%3) alanlarında artış, yüksek sıcaklık (-%12) ve en yüksek sıcaklık (-%33) alanlarında azalma görülmektedir.

2016 yılı sıcaklık değerleri 17,42 °C ve 37,65 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 215,54 ha, düşük sıcaklık alanlarının 587,99 ha, orta sıcaklık alanlarının 2015,2 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 4208 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının ise 1059,5 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (%163) alanlarında artış, düşük sıcaklık (-%62), orta sıcaklık (-%29) alanlarında azalma görülürken yüksek sıcaklık (%93) alanlarında artış ve en yüksek sıcaklık (-%24) alanlarında azalma meydana gelmiştir.

2017 yılı sıcaklık değerleri 23,97 °C ile 43,79 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 46,06 ha, düşük sıcaklıktaki alanların 1141,5 ha, orta sıcaklığa sahip alanların 3378,1 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2236,5 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 1304,4 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. 2013 yılı kontrol

grubuna göre en düşük sıcaklık (-%43), düşük sıcaklık (-%26) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%17), yüksek sıcaklık (%2) alanlarında artış görülürken en yüksek sıcaklık (-%7) alanları azalmıştır.

2018 yılında sıcaklık değerleri -25,98 °C ile 28,21 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 0 ha, düşük sıcaklık alanlarının 188,7 ha, orta sıcaklıktaki alanların 346,4 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 1266 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 6306 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (-%100), düşük sıcaklık (-%87), orta sıcaklık (-%87) ve yüksek sıcaklık (-%41) alanlarında azalma görülürken en yüksek sıcaklık (%347) alanlarında azalma görülmektedir.

2019 yılında sıcaklık değerleri 3,13 °C ile 39,19 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 0 ha, ve düşük sıcaklık alanlarının 0 ha, orta sıcaklıktaki alanların 1054,21 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 4347,24 ha, en yüksek sıcaklık alanlarının 2704,85 ha alanı kapladığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (-%100), düşük sıcaklık (-%100), orta sıcaklık (-%63) alanlarında azalma meydana gelirken yüksek sıcaklık (%99) ve en yüksek sıcaklık (%91) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2020 yılı sıcaklık değerleri 18,94 °C ile 35,25 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 28,96 ha, düşük sıcaklık alanlarının 1128,9 ha, orta sıcaklık alanlarının 3249 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2380,2 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 1319,3 ha alansal büyüklükte olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (-%64), düşük sıcaklık (-%27) alanlarında azalma, orta sıcaklık (%12), yüksek sıcaklık (%9) alanlarında artış ve en yüksek sıcaklık (-%6) alanlarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesinde sıcaklık değerleri 12,02 °C ile 42,51 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 0 ha, düşük sıcaklık alanlarının 225,03 ha, orta sıcaklık alanlarının 2987,85 ha, yüksek sıcaklıktaki alanların 3084,48 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 1808,95 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında en düşük sıcaklık (-%100), düşük sıcaklık (-%85) alanlarında azalma meydana gelirken, orta sıcaklık (%3), yüksek sıcaklık (%41) ve en yüksek sıcaklık (%28) alanlarında artış tespit edilmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasında sıcaklık değerleri 18,33 °C ile 88,78 °C aralığında en düşük sıcaklığa sahip alanların 2,35 ha, düşük sıcaklıktaki alanların

1780,86 ha, orta sıcaklıktaki alanların 4027,2 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2296,38 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 0 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında en düşük sıcaklık (-%97) alanlarında azalma, düşük sıcaklık (%14), orta sıcaklık (%39) ve yüksek sıcaklık (%5) alanlarında artış görülürken en yüksek sıcaklık (-%100) alanlarında azalma görülmektedir.

2022 yılında sıcaklık değerleri 11,34 °C ile 33,51 °C aralığında en düşük sıcaklıktaki alanların 109,75 ha, düşük sıcaklık alanlarının 1499,63 ha, orta sıcaklık alanlarının 2546,72 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2271,09 ha, en yüksek sıcaklık alanlarının 1679,62 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre en düşük sıcaklık (%34) alanlarında artış, düşük sıcaklık (-%3), orta sıcaklık (-%11) alanlarında azalma, yüksek sıcaklık (%4) ve en yüksek sıcaklık (%19) alanlarında artış meydana gelmiştir.

2023 yılı sıcaklık değerleri 17,58 °C ile 35,44 °C aralığında en düşük sıcaklık alanlarının 80 ha, düşük sıcaklık alanlarının 1208,47 ha, orta sıcaklık alanlarının 2048,87 ha, yüksek sıcaklık alanlarının 2249,7 ha ve en yüksek sıcaklık alanlarının 2519,54 ha alansal büyüklükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında en düşük sıcaklık (-%2), düşük sıcaklık (-%22), orta sıcaklık (-%28) alanlarında azalma, yüksek sıcaklık (%3) ve en yüksek sıcaklık (%78) alanlarında ise artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablo 3.10'da analiz sonuçları yer almaktadır. Analiz haritaları Görsel 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.9. Kavaklıdere İlçe genelinde sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler (° C, ha)

Sınıflama Kategorileri °C	2013			2014			2015			2016		
	Sıcaklık Değeri	Alan		Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	22.40 - 24.54	4512,91		24.11 - 29.76	4222,14	-6	24.20 - 30.79	4701	4	17.42 - 22.34	3674,69	-18
Düşük	27.54 - 29.76	8180.14		29.76 - 32.43	7453,6	-8	30.79 - 33.58	9024,18	10	22.34 - 24.64	8245,1	1
Orta	29.76 - 31.92	7936.33		32.43 - 34.87	8242,69	3	33.58 - 36.38	7905,84	-1	24.64 - 26.62	9236,45	16
Yüksek	31.92 - 34.42	6046.43		34.87 - 37.62	6629,93	9	36.38 - 39.63	5733,28	-5	26.62 - 28.92	6555,38	8
En yüksek	34.42 - 40.12	3488,38		37.62 - 44.14	3643,14	4	39.63 - 47.21	2828,37	-18	28.92 - 37.65	2468,04	-29

Tablo 3.9 (Devam) Kavaklıdere İlçe genelinde sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler (° C, ha)

Sınıflama Kategorileri °C	2017			2018			2019			2020		
	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	23.97 - 29.88	4062,31	-9	3.13 - 14.02	1030	-77	18.94 - 23.74	782,7	-82	18.94 - 23.74	3144,41	-30
Düşük	29.88 - 32.44	7153,66	-12	14.02 - 23.78	1747,9	-78	23.74- 25.85	1901,14	-76	23.74 - 25.85	7043,93	-13
Orta	32.44 - 34.85	9338,47	17	23.78- 27.88	1801,1	-77	25.85 - 27.70	9007,8	13	25.85 - 27.70	10325,4	30
Yüksek	34.85 - 37.65	6658,08	10	27.88 - 31.13	7242,1	19	27.70 - 29.88	13222,8	118	27.70- 29.88	6866,72	13
En yüksek	37.65 - 43.79	3005,87	-13	31.13 - 39.19	18358	426	29.88 - 35.25	5241,35	50	29.88 - 35.25	2764,6	-20

Tablo 3.9 (Devam) Kavaklıdere İlçesi genelinde sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler (° C, ha)

Sınıflama Kategorileri °C	2021 Yangın öncesi			2021 Yangın sonrası			2022			2023		
	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	12.02 - 21.59	384,38	-91	18.33 - 26.89	3192,15	-29	11.34 - 17.86	3449,59	-23	17.58 - 23.11	3199,04	-29
Düşük	21.59 - 27.21	5474,61	-33	26.89 - 32.14	10228,29	25	17.86 - 20.55	7489,39	-8	23.11 - 25.71	6821,98	-16
Orta	27.21 - 30.67	10400,16	31	32.14 - 36.56	10887,42	37	20.55 - 22.99	8901,63	12	25.71 - 27.95	8022,33	1
Yüksek	30.67 - 34.14	8713,97	44	36.56 - 49.00	5840,25	-3	22.99 - 25.86	7056,99	16	27.95 - 30.47	7170,16	18
En yüksek	34.14 - 42.51	5222,7	49	49.00 - 88.78	32,41	-99	25.86 - 33.51	3274,6	-6	30.47 - 35.44	4966,94	42

Tablo 3.10. Orman yangını alanı sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler (° C, ha)

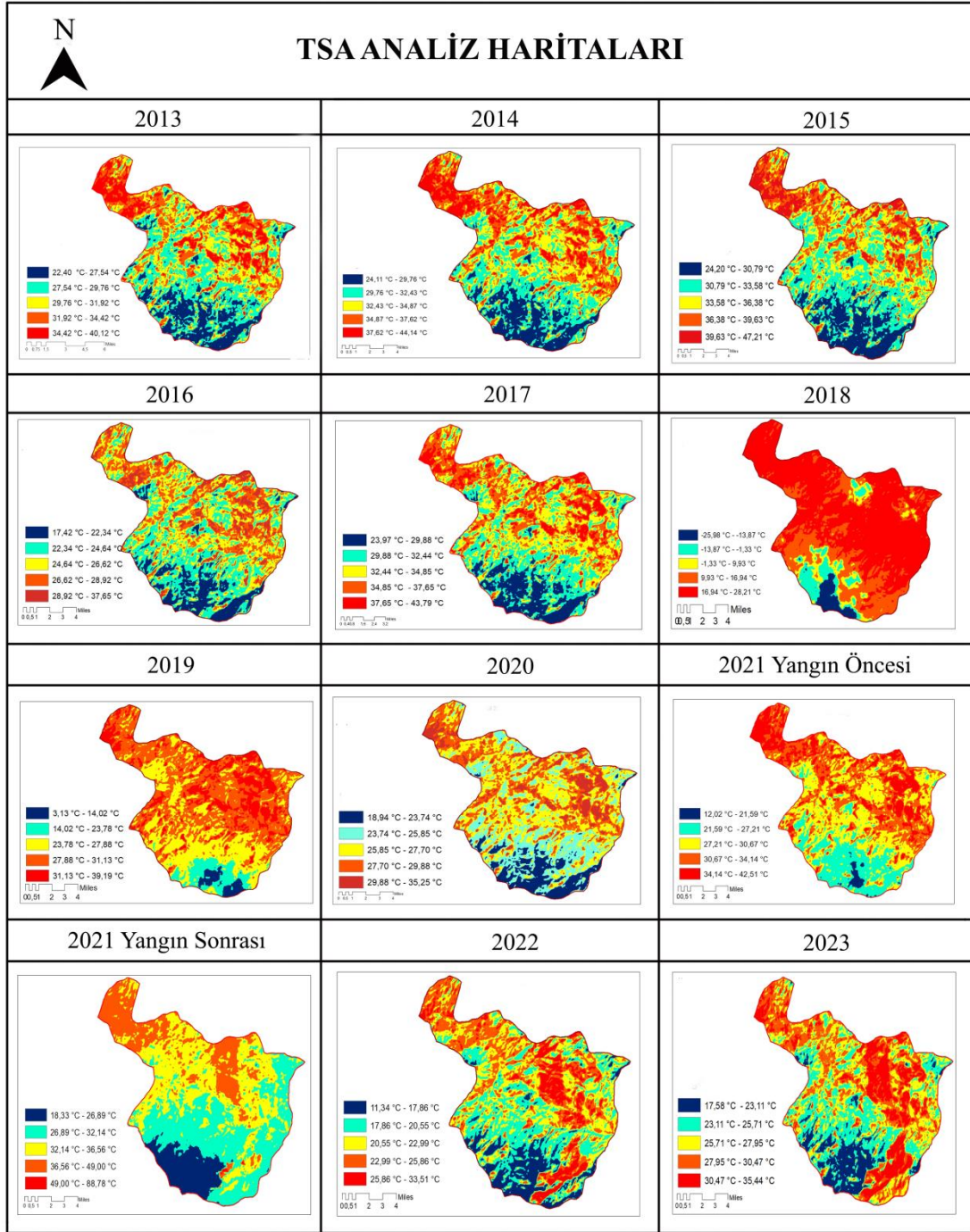
Sınıflama Kategorileri °C	2013		2014			2015			2016		
	Sıcaklık Değeri	Alan	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	22,40 - 27,54	81,75	24,11-29,76	64,9	-20	24,20 - 30,79	302,95	270	17,42 - 22,34	215,5	163
Düşük	27,54 - 29,76	1559,83	29,76 - 32,43	1212,68	-22	30,79 - 33,58	1979,84	26	22,34 - 24,64	588	-62
Orta	29,76 - 31,92	2877,43	32,43 - 34,87	3340,56	16	33,58 - 36,38	2972,96	3	24,64 - 26,62	2035	-29
Yüksek	31,92 - 34,42	2178,22	34,87 - 37,62	2324,87	6	36,38 - 39,63	1912,87	-12	26,62 - 28,92	4208	93
En yüksek	34,42 - 40,12	1408,85	37,62 - 44,14	1163,44	-17	39,63- 47,21	938,25	-33	28,92 - 37,65	1059	-24

Tablo 3.10. (Devam) Orman yangını alanı sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler (° C, ha)

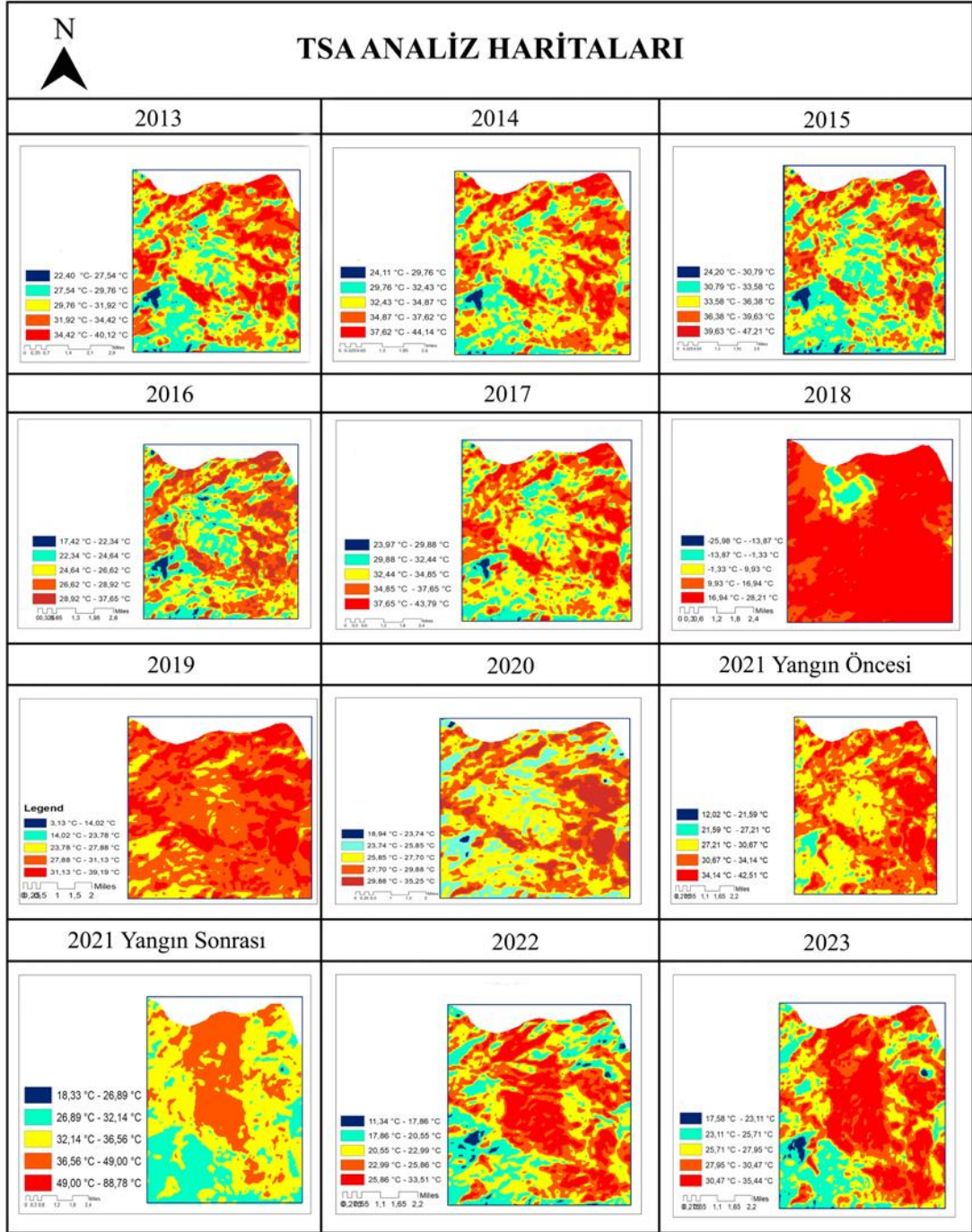
Sınıflama Kategorileri °C	2017			2018			2019			2020		
	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	23,97 - 29,88	46,06	-43	25,98 - - 13,87	0	-100	3,13 - 14,02	0	-100	18,94 - 23,74	28,96	-64
Düşük	29,88 - 32,44	1141	-26	-13,87 - -1,33	189	-87	14,02 - 23,78	0	-100	23,74 - 25,85	1129	-27
Orta	32,44 - 34,85	3378	17	-1,33 - 9,93	346	-87	23,78 - 27,88	1054,2	-63	25,85 - 27,70	3249	12
Yüksek	34,85 - 37,65	2236	2	9,93 - 16,94	1266	-41	27,88 - 31,13	4347,2	99	27,70 - 29,88	2380	9
En yüksek	37,65 - 43,79	1304	-7	16,94 - 28,21	6306	347	31,13 - 39,19	2704,9	91	29,88 - 35,25	1319	-6

Tablo 3.10. (Devam) Orman yangını alanı sıcaklık analizi sonuçları sıcaklık değerleri ve alansal büyüklükler(° C, ha)

Sınıflama Kategorileri °C	2021 Yangın öncesi			2021 Yangın sonrası			2022			2023		
	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%	Sıcaklık Değeri	Alan	%
En düşük	12,02 – 21,59	0	-100	18,33 – 26,89	2,35	-97	11,34 - 17,86	109,75	34	17,58 - 23,11	80	-2
Düşük	21,59 – 27,21	225,03	-85	26,89 – 32,14	1780,86	14	17,86 - 20,55	1499,63	-3	23,11 - 25,,71	1208,5	-22
Orta	27,21 – 30,67	2987,9	3	32,14 – 36,56	4027,2	39	20,55 - 22,99	2546,72	-11	25,71 - 27,95	2048,9	-28
Yüksek	30,67 – 34,14	3084,5	41	36,56 – 49,00	2296,38	5	22,99 - 25,86	2271,09	4	27,95 - 30,47	2249,7	3
En yüksek	34,14– 42,51	1809	28	49,00 – 88,78	0	-100	25,86 - 33,51	1679,62	19	30,47 - 35,44	2519,5	78



Görsel 3.16. Kavaklıdere ilçesi sıcaklık analiz haritaları



Görsel 3.17. Orman yangını alanı sıcaklık analiz haritaları

3.6 Karbon Depolama Analizi (CSA)

3.6.1. Kavaklıdere ilçe geneli

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan karbon tutma analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak Kavaklıdere ilçe genelinde 5 sınıfsal kategori (toprak alanlar, otsu alanlar, çalı alanlar, ağaç alanlar, ağaç alanlar ve orman alanlar) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen karbon depolama analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 234,45 ton, çalı alanların 1244,07 ton, ağaç alanların 9431,61 ton ve orman alanlarının 6759,35 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplam karbon tutma miktarı 17669,48 ton olarak hesaplanmıştır.

2014 yılında toprak alanların depoladığı karbon miktarı 0 ton, otsu alanların 1186,25 ton, çalı alanlarının 6366,48 ton, ağaç alanların 5299,15 ton, orman alanlarının ise 5891,87 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam karbon depolama miktarı 18743,75 ton olarak elde edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında otsu (%405), çalı (%411) alanların depoladığı karbon miktarında artış, ağaç (-%43) ve orman (-%12) alanlarının depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2015 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 211,82 ton, çalı alanların 2158,22 ton, ağaç alanlarının 6580,12 ton ve ormanlık alanların 7909,3 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplamda 16859,46 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2015 yılında otsu (-%9) alanların depoladığı karbon miktarında azalma, çalı (%73) alanlarının depoladığı karbon miktarında artış meydana gelirken ağaç (-%30) alanların depoladığı karbon miktarında azalma, orman (%17) alanların depoladığı karbon miktarı artmıştır.

2016 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 158,6 ton, çalı alanlarının 2986,19 ton, ağaç alanlarının 5420,28 ton ve ormanlık alanların 7602,2 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplam olarak 16167 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında otsu (-%32) alanların karbon depolama miktarında azalma, çalı (%140) alanların karbon depolama miktarında artış görülürken ağaç (-%42) azalma ve orman (%12) alanlarının depoladığı karbon miktarında artış görülmektedir.

2017 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 353,85 ton, çalı alanlarının 5735,44 ton, ağaç alanlarının 5453,84 ton ve ormanlık alanların 6830,88 ton karbon depoladığı hesaplanmıştır. Toplam karbon miktarı 18374,01 ton olarak belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında otsu (%50), çalı (%361) alanlarının depoladığı karbon miktarında artış, ağaç (-%42) alanlarının depoladığı karbon miktarında azalma görülürken orman (%1) alanlarının depoladığı karbon miktarı ise azalmıştır.

2018 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 0 ton, çalı alanlarının 5339,98 ton ve ağaç alanlarının 7611,92 ton, orman alanlarının ise 5647,79 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam karbon miktarı 18599,69 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre otsu (-%100) alanların depoladığı karbon miktarında azalma, çalı (%329) alanların depoladığı karbon miktarında artış, ağaç (-%19) ve orman (-%16) alanlarının depoladığı karbon miktarında azalma görülmektedir.

2019 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 105,61 ton, çalı alanlarının 4261,86 ton, ağaç alanlarının 7337,88 ton ile ormanlık alanların 6361,44 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam 18067 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında otsu (-%54) alanlarının depoladığı karbon miktarında azalma, çalı alanlarının (%242) depoladığı karbon miktarında artış görülürken ağaç alanların (-%22) ve ormanlık alanların (-%5) depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2020 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 0 ton, çalı alanlarının 4555,55 ton, ağaç alanlarının 7666,1 ton ve ormanlık alanların 5066,78 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplam depolanan karbon 17288,43 ton olarak hesaplanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında otsu alanların (-%100) depoladığı karbon miktarında azalma, çalı alanların (%266) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%18) ve orman alanların (-%25) depoladığı karbon miktarında azalma belirlenmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesinde toprak alanların 0 ton, otsu alanların 357,74 ton, çalı alanların 4165,56 ton, ağaç alanlarının 7620,59 ton ve orman alanların 5975,9 ton karbon depoladığı görülmektedir. Toplam 18119,79 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 yılında otsu alanların

(%52), çalı alanlarının (%234) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%19) ve orman alanların (-%11) depoladığı karbon miktarında azalma tespit edilmiştir.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 200 ton, çalı alanlarının 4125,25 ton, ağaç alanlarının 5477,52 ton ve orman alanların 364,28 ton karbon depoladığı sonucuna ulaşılmıştır. Toplam karbon miktarı 10167,05 ton olarak hesaplanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 yılında otsu alanların (-%14) depoladığı karbon miktarında azalma, çalı alanların (%231) depoladığı karbon miktarında artış görülürken ağaç alanların (-%41) ve orman alanların (-%94) depoladığı karbon miktarında azalma görülmektedir.

2022 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 331,77 ton, çalı alanların 3457,58 ton, ağaç alanların 5131,26 ton ve orman alanların 3922,98 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam 12843,59 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında otsu alanların (%41), çalı alanların (%177) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%45) ve orman alanların (-%41) depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2023 yılında toprak alanlar 0 ton, otsu alanlar 378,43 ton, çalı alanlar 3421,44 ton, ağaç alanlar 5235,2 ton ve ormanlık alanlarda 3939,58 ton karbon depolanmaktadır. Toplam 12974,65 ton karbon depolanmaktadır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında otsu alanlarda (%61), çalı alanlarının (%175) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanlarında (-%44) ve ormanlık alanlarda (-%41) depolanan karbon miktarında azalma tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 3.11’de verilmiştir. Analiz haritaları Görsel 3.18’de yer almaktadır.

3.6.2. Orman yangını alanı

Bu çalışma kapsamında Materyal ve Yöntem bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan karbon tutma analizleri sonucunda, hesaplanan yansıma değerleri baz alınarak orman yangını alanı özelinde 5 sınıfsal kategori (toprak alanlar, otsu alanlar, çalı alanlar, ağaç alanlar, ağaç alanlar ve orman alanlar) belirlenmiştir. Değerlendirmeler yıl bazında, bu kategoriler temel alınarak yapılmıştır.

Gerçekleştirilen karbon depolama analiz sonuçlarına göre, 2013 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 108,44 ton, çalı alanların 388,78 ton, ağaç alanların

1492,72 ton, orman alanların 5414,18 ton, karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam 7404,12 ton karbon depolanmıştır.

2014 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 20,37 ton, çalı alanların 1330,62 ton, ağaç alanların 1818,03 ton ve ormanlık alanların 5032,4 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplam 8201,42 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubu olarak kabul edildiğinde 2014 yılında otsu alanların (-%81) depoladığı karbon miktarında azalma, çalı alanların (%242), ağaç alanların (%21) depoladığı karbon miktarında artış, orman alanların (-%7) depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2015 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 28,43 ton, çalı alanların 363,69 ton, ağaç alanların 1793,02 ve ormanlık alanların 5193 ton karbon depoladığı hesaplanmıştır. Toplam depolanan karbon miktarı 7349,71 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre otsu alanların (-%73) ve çalı alanların (-%6) depoladığı karbon miktarında azalma, ağaç alanların (%20) depoladığı karbon miktarında artış görülürken ormanlık alanların (-%4) depoladığı karbon miktarı azalmıştır.

2016 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 35 ton, çalı alanların 99,13 ton, ağaç alanların 1362,38 ton ve ormanlık alanların 5588,45 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplamda 7049,96 ton karbon depolandığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2016 yılında otsu alanların (-%67), çalı alanların (-%74) ve ağaç alanların (-%8) depoladığı karbon miktarında azalma, orman alanların (%3) depoladığı karbon miktarında artış meydana gelmiştir.

2017 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 216,71 ton, çalı alanların 797,43 ton, ağaç alanların 1522,76 ton ve orman alanların 5610,93 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam karbon miktarı 7350,4 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2017 yılında otsu alanların (%99), çalı alanların (%105), ağaç alanların (%2) ve orman alanların (%3) depoladığı karbon miktarında artış görülmektedir.

2018 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 148,46 ton, çalı alanların 1236,53 ton, ağaç alanların 1650,35 ton ve orman alanlarının 4118,22 ton karbon depoladığı görülmektedir. Toplamda 7153,56 ton karbon depolandığı tespit edilmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2018 yılında otsu alanların (%36), çalı alanların (%218) ve ağaç alanların (%10) depoladığı karbon miktarında artış, orman alanlarının (-%23) depoladığı karbon miktarında azalma tespit edilmiştir.

2019 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 0 ton, çalı alanların 919,85 ton, ağaç alanların 5763,6 ton, orman alanlarının 879,28 ton karbon depoladığı hesaplanmıştır. Toplam 7563 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2019 yılında otsu alanların (-%100) depoladığı karbon miktarında azalma görülürken çalı alanların (%136), ağaç alanların (%286) depoladığı karbon miktarında artış, orman alanların (-%83) depoladığı karbon miktarında azalma belirlenmiştir.

2020 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 971,93 ton, çalı alanların 1025,1 ton, ağaç alanların 746,59 ton, orman alanların 4998,5 ton karbon depoladığı görülmektedir. Toplamda 7742,1 ton karbon depolandığı belirlenmiştir. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2020 yılında otsu alanların (%796), çalı alanların (%163) alanların depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%49) ve ormanlık alanların (-%7) depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2021 yılı (20 Temmuz) yangın öncesinde toprak alanların 0 ton, otsu alanların 70,79 ton, çalı alanların 101,8 ton, ağaç alanların 3202,2 ton, orman alanlarının ise 5368,06 ton karbon depoladığı tespit edilmiştir. Toplam karbon miktarı 8742,85 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre 20 Temmuz 2021 tarihinde otsu alanların (-%34), çalı alanların (-%73) depoladığı karbon miktarında azalma, ağaç alanların (%114) depoladığı karbon miktarında artış ile orman alanların (-%1) depoladığı karbon miktarında azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2021 yılı (5 Ağustos) yangın sonrasında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 127,59 ton, çalı alanların 69,62 ton, ağaç alanların 704,58 ton ve orman alanların 58,7 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam karbon miktarı 960,49 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre 5 Ağustos 2021 tarihinde otsu alanların (%17) depoladığı karbon miktarında artış görülürken çalı alanların (-%82), ağaç alanların (-%52) depoladığı ve orman alanların (-%98) depoladığı karbon miktarında azalma görülmektedir.

2022 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 202,16 ton, çalı alanların 493,3 ton, ağaç alanların 670,64 ton ve orman alanların 696,55 ton karbon depoladığı hesaplanmıştır. Toplamda 2062,7 ton karbon depolanmıştır. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2022 yılında otsu alanların (%86), çalı alanların (%26) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%55) ve orman alanların (-%87) depoladığı karbon miktarında azalma meydana gelmiştir.

2023 yılında toprak alanların 0 ton, otsu alanların 289,74 ton, çalı alanların 465,31 ton, ağaç alanların 875,74 orman alanların 2791,66 ton karbon depoladığı belirlenmiştir. Toplam karbon miktarı 4422,45 tondur. 2013 yılı kontrol grubuna göre 2023 yılında otsu alanların (%167) ve çalı alanların (%19) depoladığı karbon miktarında artış, ağaç alanların (-%41), orman alanların (-%48) depoladığı karbon miktarında ise azalma görülmektedir. Tablo 3.12’de analiz sonuçları görülmektedir. Analiz haritaları Görsel 3.19’da yer almaktadır.



Tablo 3.11. Kavaklıdere İlçesi genelinde karbon depolama analiz sonuçları (Ton)

Sınıflama Kategorileri	2013	2014	2015		2016		2017		2018		2019		2020		
	Değer	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak alan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otsu alan	234,45	1186,25	405	211,82	-9	158,6	-32	353,85	50	0	-100	105,61	-100	0	-100
Çalı alan	1244,07	6366,48	411	2158,22	73	2986	140	5735,44	361	5339,98	62	4261,9	329	4555,55	266
Ağaç alan	9431,61	5299,15	-43	6580,12	-30	5420	-42	5453,84	-42	7611,92	-12	7337,9	-19	7666,1	-18
Orman alanlar	6759,35	5891,87	-12	7909,3	17	7602	12	6830,88	1	5647,79	-10	6361,4	-16	5066,78	-25
Toplam	17669,48	18743,8		16859,46		16167		18374,01		18599,69		18067		17288,43	

Tablo 3.11. (Devam) Kavaklıdere İlçesi genelinde karbon depolama analiz sonuçları (Ton)

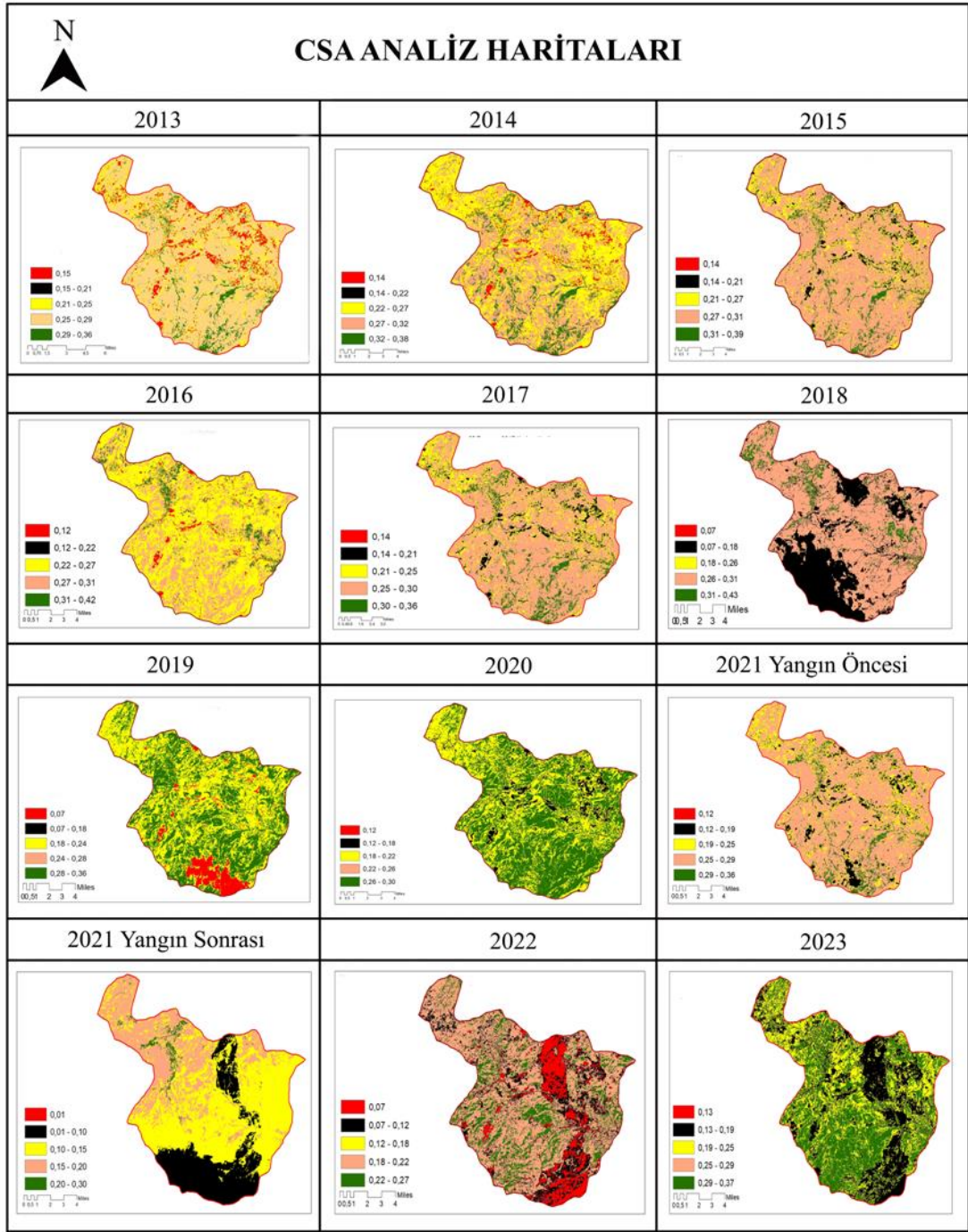
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak alan	0	0	0	0	0	0	0	0
Otsu alan	357,74	52	200	-14	331,77	41	378,43	61
Çalı alan	4165,56	234	4125,25	231	3457,58	177	3021,44	175
Ağaç alan	7620,59	-19	5477,52	-41	5131,26	-45	5235,2	-44
Orman alanlar	5975,9	-11	364,28	-94	3922,98	-41	3539,58	-41
Toplam	18119,79		10167,05		12843,59		12574,65	

Tablo 3.12. Orman yangını alanı karbon depolama analiz sonuçları (Ton)

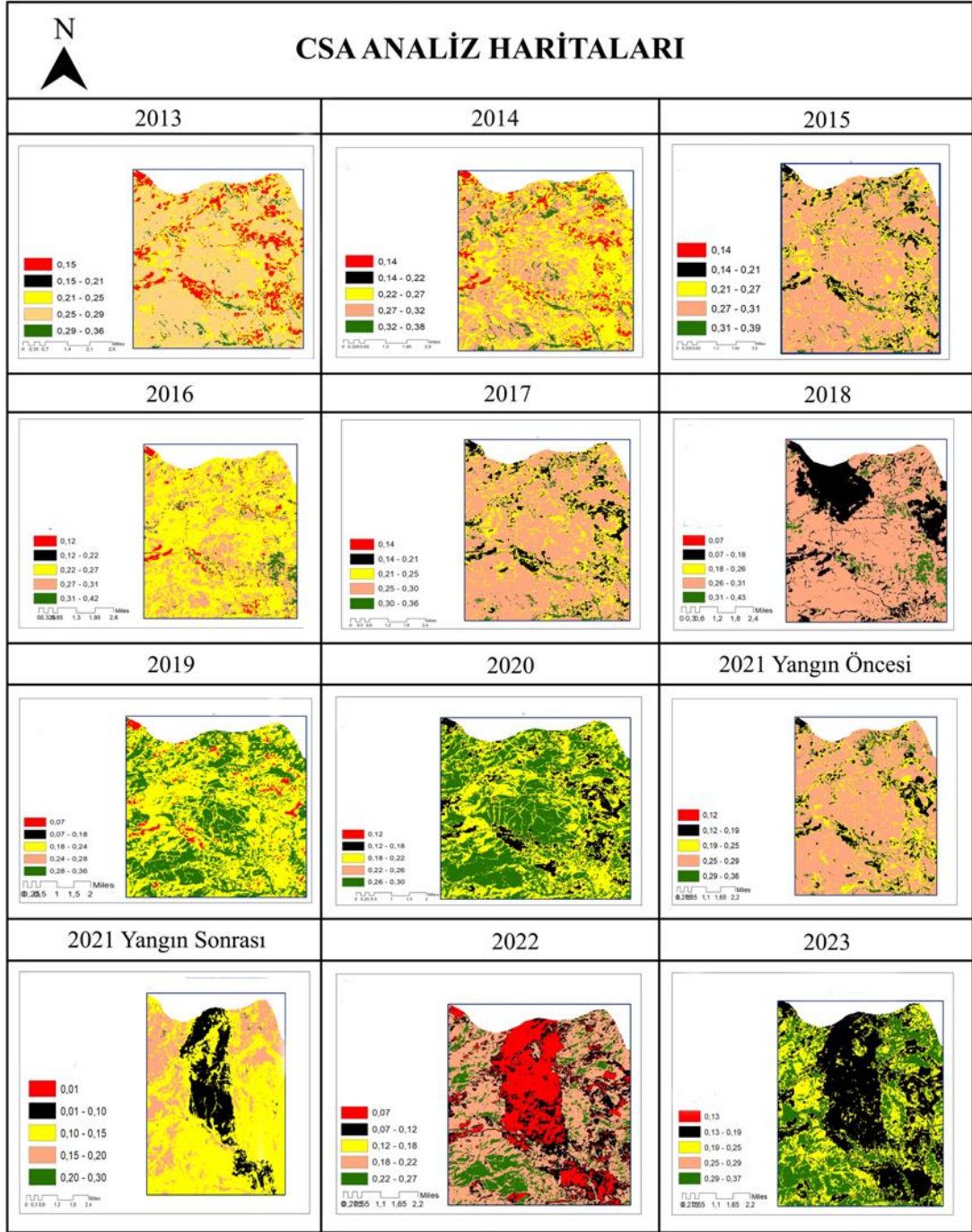
Sınıflama Kategorileri	2013 Değer	2014 Değer	%	2015 Değer	%	2016 Değer	%	2017 Değer	%	2018 Değer	%	2019 Değer	%	2020 Değer	%
Toprak Alan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otsu alan	108,44	20,37	-81	28,43	-73	35	-67	216,71	99	148,46	36	0	-100	971,9	796
Çalı alan	388,78	1330,62	242	363,69	-6	99,13	-74	797,43	105	1236,53	218	919,9	136	1025	163
Ağaç alan	1492,72	1818,03	21	1793,02	20	1362,38	-8	1522,76	2	1650,35	10	5764	286	746,6	-49
Orman Alan	5414,18	5032,4	-7	5193	-4	5588,45	3	5610,93	3	4118,22	-23	879,3	-83	4998	-7
Toplam	7404,12	8201,42		7349,71		7049,96		7350,4		7153,56		7563		7742	

Tablo 3.12. (Devam) Orman yangını alanı CSA analiz sonuçları (Ton)

Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın Öncesi		2021 Yangın sonrası		2022		2023	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	Değer	%
Toprak Alan	0	0	0	0	0	0	0	0
Otsu alan	70,79	-34	127,6	17	202,16	86	289,74	167
Çalı alan	101,8	-73	69,62	-82	493,3	26	465,31	19
Ağaç alan	3202,2	114	704,6	-52	670,64	-55	875,74	-41
Orman Alan	5368,06	-1	58,7	-98	696,55	-87	2791,66	-48
Toplam	8742,85		960,5		2062,7		4422,45	



Görsel 3.18. Kavaklıdere ilçesi karbon depolama analiz haritaları



Görsel 3.19. Orman yangını alanı karbon depolama analiz haritaları

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Orman ekosistemleri, küresel ısınmanın ana sorumlusu olarak kabul edilen atmosferdeki karbon miktarının azaltılmasında rol oynayan en önemli doğal karbon yutak alanlarıdır. Özellikle tropikal ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu kuşakta yer alan ılıman ormanlar, yoğun biyokütle ve toprak organik maddeleri sayesinde yüksek karbon depolama kapasitesine sahiptir. Son araştırmalar, ormanların küresel karbon döngüsündeki önemini vurgulayarak, karasal ekosistemlerin her yıl fosil yakıt kaynaklı karbon emisyonlarının %30 ila 40'ını dengeleyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu yüzden, ormanların korunması ve sürdürülebilir orman yönetimi stratejileri, bu yutak işlevinin devamlılığını sağlama noktasında kritik öneme sahiptir (Diaz vd. 2020; Pan vd. 2011; Saleem vd. 2023).

Ormanların sahip olduğu eşsiz karbon yutak potansiyeli, ormansızlaşma ve orman tahribatı gibi temelde insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle tehlike altındadır. Bu antropojenik etkiler sonucunda peyzaj karakteristiğinde meydana gelen alansal bozulmalar, parçalanmalar ve kayıplara bağlı olarak bitki örtüsünde meydana gelen değişimler karbon tutma potansiyelini de etkilemektedir. Net karbon tutma potansiyeli hareketliliği, bu tahribatlar ile yeni oluşan/gelişen bitki biyokütlesi arasındaki dengenin sonucunda şekillenmektedir. Tahribatın fazla olduğu yerde karbon tutma potansiyelinde azalma, biyokütle artışının fazla olduğu yerde ise karbon tutma potansiyelinde artış beklenmektedir (Gizachew vd. 2016; Işık 2023; Vashum & Jayakumar 2012).

Yangınlar, orman ekosistemlerinin doğal ya da antropojenik olarak tahrip edilmesine sebep olan en önemli unsurlardan biridir. Yangın faktörü, her ne kadar doğal ekosistemlerin dinamik döngüsünde önemli bir rol oynasa da, özellikle biyoçeşitliliğin devamlılığı ile peyzaj kalitesi üzerinde ekolojik temelli felaketlere neden olmakta ve bu nedenle ormanların karbon yutak potansiyelini ciddi şekilde azaltan faktörlerin başında gelmektedir (Gandhi vd. 2015; Ovejero vd. 2023; Page vd. 2008). Orman yangınları sonucunda biyokütle yanarak atmosfere büyük miktarda karbon salınımı yapılmakta ve topraktaki organik karbon depoları tükenmektedir. Özellikle yüksek sıcaklık ve uzun süreli kuraklığın arttığı günümüz iklimsel koşullarında yangınların sıklığı ve şiddeti de artmaktadır. Bu durum, ormanların karbon yutak kapasitelerini sınırlayarak iklim değişikliğinin etkilerini daha da artırıcı bir döngüye neden olmaktadır (Bowman vd. 2009). Yangınların bölgenin karbon yutak kapasitesine olan etkileri dışında, flora ve

fauna kayıpları başta olmak üzere, erozyon, heyelan, alanda iklimsel değişiklikler, insanların yaşam alanlarını tehdit vb. gibi pek çok olumsuz etkilere de sahiptir (Zacharakis & Tsihrintzis 2023). Bu nedenle, orman yangınlarına karşı önleyici tedbirler ve etkili yangın yönetimi stratejileri, karbon yutaklarının korunması ve küresel iklim hedeflerinin başarılmasında kilit önem taşımaktadır.

Son 10 yılda Türkiye’de 24 bin ila 26 bin arasında orman yangını meydana gelmiştir. Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre bu yangınların çoğu insan kaynaklı olup, yılda ortalama 9 bin hektar ormanlık alan zarar görmüştür. Bu dönemde özellikle 2021 yılında meydana gelen büyük yangınlar ciddi bir orman kaybına yol açmış olup, sadece o yıl 139 bin hektarlık alan yangınlardan etkilenmiştir (Yılmaz & Dengiz, 2021). Araştırma alanı olarak seçtiğimiz Kavaklıdere (Muğla) ilçesinde meydana gelen orman yangını da 2021 yılında meydana gelmiş olup, yangın sonucunda 5511,7 ha alan etkilenmiştir (Muğla Tabip Odası Büyüme Raporu). Ülkemizde yazların oldukça sıcak geçtiği ve Akdeniz ikliminin etkisi altında bulunan Muğla dışında, Antalya ve İzmir gibi iller de yangına hassas bölgeler olarak ön plana çıkmaktadır (Durgun & Kılıç 2021).

Bu tez çalışmasında, 10 yıllık süreçte ekosistemde meydana gelen zamansal ve mekansal değişimler yangın faktörüne dayalı olarak Kavaklıdere ilçesi (Muğla) özelinde incelenmiştir. Bu kapsamda, alanın bitki örtüsü, peyzaj metrikleri ve alansal kapasitelerindeki değişimler yangın unsuru ile ilişkilendirilerek NDVI, NDWI, kuraklık, yanan alan, yanma şiddeti, normalize fark yanma oranı, sıcaklık ve karbon depolama değişkenleri bağlamında irdelenmiştir.

NDVI analizleri, bitki örtüsünün sağlık durumu, biyokütle miktarı ve karbon emilim kapasitesi gibi temel ekosistem özelliklerinin belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Özellikle orman ekosistemlerinin izlenmesinde NDVI, yangın, kuraklık ve insan kaynaklı tahribatların etkilerini değerlendirmek için güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır (Pettorelli vd., 2005). Yangın sonrası NDVI değerlerinde gözlenen düşüşler, biyolojik çeşitlilik ve toprak sağlığı üzerinde oluşan baskıları yansıtırken, bu düşüşlerin iyileşme süreci boyunca izlenmesi, ekosistem restorasyon çalışmalarının başarısını değerlendirmeye olanak sağlar (Epting & Verbyla 2005; Yang vd. 2017). Aynı zamanda, kuraklık gibi çevresel stres faktörlerine karşı hassasiyeti sayesinde NDVI, iklim değişikliği ve sürdürülebilir tarım politikalarının etkinliğini izlemek için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Rouse vd. 1974; Pettorelli 2013). Sonuç olarak,

NDVI analizleri, çevresel değişimlerin uzun vadeli izlenmesi ve ekosistem yönetimi açısından bilim dünyası için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada da, 2013 yılından başlamak üzere hem ilçe geneli için hem de orman yangının gerçekleştiği alan için NDVI analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında toprak alanların 1508,74 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca görüntülerin alındığı zamana (mevsime) da bağlı olarak bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve 2021 yılı yangın sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak %319'luk bir artışla 6325,03 ha büyüklüğünde bir alana ulaştığı görülmektedir. Alanda otsu alanların 2013 yılında 2474,09 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve yangın sonrasında otsu alanların %1288 oranında artarak 5647,78 ha alana ulaştığı belirlenmiştir. Yine çalı alanların 2013 yılında 5722,23 ha alan kaplarken, 2021 yılında gerçekleşen yangın sonrasında %74'lük bir düşüşle 1435,8 ha alana düştüğü saptanmıştır. Ağaç alanların ise 2013 yılında 8590,12 ha alan kapladığı, bu miktarın 2021 yılı yangın sonrası için %3'lük azalışla 8280,83 ha alana düştüğü görülmektedir. Ormanlık alanlara gelindiğinde ise, 2013 yılında 11894,81 ha alan kaplarken, yangın sonrasında bu alanın %87'lik bir düşüşle 1500,55 ha alana indiği belirlenmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangın alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında toprak alanların 173,56 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve 2021 yılı yangın sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak %1248'lik bir artışla 2340 ha büyüklüğünde bir alana ulaştığı görülmektedir. Bölgede otsu alanların 2013 yılında 1024,02 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve yangın sonrasında otsu alanların %20 oranında azalarak 810,5 ha alana ulaştığı belirlenmiştir. Yine çalı alanların 2013 yılında 1677,49 ha alan kaplarken, 2021 yılında gerçekleşen yangın sonrasında %38'lik bir düşüşle 1035 ha alana düştüğü saptanmıştır. Ağaç alanların ise 2013 yılında 1774,23 ha alan kapladığı, bu miktarın 2021 yılı yangın sonrası için %4'lük azalışla 1685 ha alana düştüğü görülmektedir. Ormanlık alanlara gelindiğinde ise, 2013 yılında 3457,24 ha alan kaplarken, yangın sonrasında bu alanın %99'luk bir düşüşle 18,85 ha alana indiği belirlenmiştir.

Her ne kadar geçmişe ait uydu verilerine ulaşmak mümkün olsa da, uydular bir bölgenin üzerinden belirli periyotlarla geçmektedir. Öyle ki, bazı aylara ait sadece 1 ya da 2 görüntüye ulaşılabilmekte hatta bu günlerde bulutluluk oranı yüksekse o aya ait görüntülere ulaşılammamaktadır. Bu nedenle farklı yıllar değerlendirilirken, tüm yıllarda aynı aya ait verilere ulaşılammamıştır. Bu da mevsimsel farklılıklara göre bitki örtüsü çeşidinde de değişikliklere sebep olabilmektedir. Bunun dışında farklı bulutluluk oranları da alana ait uydu verilerinin değerlendirilmesinde zorluklara ve sapmalara neden olmaktadır. Ayrıca bölgede ormancılık faaliyetleri sırasında orman sağlığını temin etmek amacıyla zaman zaman çalışmalar (seyreltme çalışmaları gibi) gerçekleştirilmektedir. Tüm bu etkenlerin, çalışma alanında belirlenen sınıflarda (toprak, otsu, çalı, ağaç ve orman) bazı dalgalanmaların görülmesine neden olduğu düşünülmektedir. Yangın sonrasında ise toprak alanların artarak, bitki örtüsünü temsil eden alanların azalmasının ise tamamen yangın ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Özellikle yangın sonrasında otsu alanların orman yangını alanında artması yangının ağırlıklı olarak bir tepe tacı yangını olabileceğini ya da otsu bitkilerin alanda yangın sonrasında çok hızlı bir şekilde baskın hale gelmiş olabileceğini düşündürmektedir (Yılmaz vd. 2022; Özdemir ve Demir, 2022). Aynı zamanda yangından sonraki yıllarda diğer vejetasyon unsurlarında da artış görülmesi, toprağın yalıtım görevi görerek toprak altı dokuların canlı kalmasını ve buna bağlı yangın sonrası doğal yenilenme sürecinin başlamasını sağladığını düşündürmektedir (Tavşanoğlu 2021).

Gerek Türkiye’de gerekse dünyada NDVI ve/veya orman yangınlarını konu alan çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalar, yangın sonrası orman alanlarının NDVI değerlerinde belirgin bir düşüş yaşandığını, bu düşüşün özellikle yoğun biyokütle kaybının ve toprak erozyonunun artmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (Akyürek 2023; Ashok vd., 2021; Gülçiçek vd., 2020; Hajı, 2023; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Karakoç, 2019; Kshetri, 2018). Örneğin, Akdeniz bölgesinde 2021 yangınları sonrası yapılan bir çalışma, NDVI değerlerinde ciddi bir azalma olduğunu ve bu alanlarda bitki örtüsünün yeniden toparlanmasının yıllar sürebileceğini ortaya koymuştur (Çavuşoğlu ve Akay, 2022). Yurtdışında yapılan araştırmalar da benzer sonuçlara işaret etmekte; ABD ve Avustralya gibi sık yangın görülen ülkelerde yangın sonrası NDVI izlemeleri, bu bölgelerdeki ekosistemlerin karbon döngüsüne ve biyolojik çeşitliliğe olan etkilerini değerlendirmede önemli bilgiler sunmaktadır (Hudak vd. 2007; Mallinis ve Koutsias 2013). Dolayısıyla, NDVI

analizleri, yangın sonrası restorasyon çalışmalarının etkinliğini izlemek ve ekosistem sağlığını yeniden kazanma sürecini değerlendirmek için değerli bir araç olarak öne çıkmaktadır.

NDWI, 1996 yılında McFeeters tarafından su yüzeylerini belirleme amacıyla geliştirilmiş bir indeks olup, uzaktan algılama tekniklerinde sıkça kullanılan bir analiz yöntemidir. Özellikle su içeren alanların diğer yüzeylerden ayrımını sağlamada etkili bir araç sunar ve hem içme suyu kaynaklarının izlenmesi hem de taşkın yönetimi gibi birçok çevresel uygulamada geniş kullanım alanı bulmuştur (Xu 2006; Gao 1996). İndeks, su yüzeylerinin tespiti dışında, tarımsal sulama alanlarının yönetimi, kuraklık izleme ve sulak alanların korunması gibi geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir (Feyisa vd. 2014). Özellikle iklim değişikliğiyle birlikte su kaynaklarının izlenmesinin daha büyük önem kazandığı günümüzde, NDWI'nin sunduğu detaylı analiz imkânları, karar vericiler için kritik bir veri kaynağıdır (Jackson vd. 2004; Doxaran, Froidefond ve Castaing 2002). Örneğin, NDWI, geleneksel yöntemlerle zor veya maliyetli olabilecek alanlarda su/nem durumu hakkında güvenilir bilgiler sunarak, çevre ve kaynak yönetiminde sürdürülebilir kararlar alınmasını kolaylaştırmaktadır (McFeeters 1996; Melesse, Weng, & Anagnostou, 2007). Bununla birlikte, NDWI, diğer indekslerle birlikte kullanıldığında, yüzey suyu/nemi haritalama doğruluğunu artırarak daha kapsamlı çevresel değerlendirmeler yapılmasına olanak tanır (Islam 2010). Son dönemlerde küresel ısınmanın tetiklediği sıcaklık artışları ve buna bağlı olarak çevrede azalan nem düzeyinin bütünleşik etkisi, artan orman yangınlarının temel nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu nedenle, orman yangını odaklı bu tez çalışması kapsamında NDWI analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 2882,96 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca görüntülerin alındığı zamana (mevsime) da bağlı olarak bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve 2021 yılı yangın sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak %99'luk bir azalmayla 16,1 ha büyüklüğünde bir alana ulaştığı görülmektedir. Alanda orta su stresine sahip alanların 2013 yılında 5326,78 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve yangın sonrasında orta su stresine sahip alanların %10 oranında artarak 5900,75 ha alana ulaştığı belirlenmiştir. Yine düşük su stresi alanlarının 2013 yılında 7392,45 ha alan kaplarken, 2021 yılında

gerçekleşen yangın sonrasında %14'lük bir artışla 8467,57 ha alana yükseldiği saptanmıştır. Minimum su stresine sahip alanların ise 2013 yılında 9238,89ha alan kapladığı, bu miktarın 2021 yılı yangın sonrası için %21'lik artışla 11258,21 ha alana yükseldiği görülmektedir. Su stresi yok alanlarına gelindiğinde ise, 2013 yılında 5348,95 ha alan kaplarken, yangın sonrasında bu alanın %14'lük bir düşüşle 4547,36 ha alana indiği belirlenmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangın alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında çok yüksek su stresine sahip alanların 729,82 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve 2021 yılı yangın sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak %100'lük bir azalmayla 0 ha büyüklüğünde bir alana ulaştığı görülmektedir. Bölgede orta su stresine sahip alanların 2013 yılında 1897,97 ha bir alan kapladığı, takip eden yıllar boyunca bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve yangın sonrasında orta su stresine sahip alanların %43 oranında artarak 2721,49 ha alana ulaştığı belirlenmiştir. Yine düşük su stresine sahip alanların 2013 yılında 2569,21 ha alan kaplarken, 2021 yılında gerçekleşen yangın sonrasında %2'lik bir düşüşle 2507,09 ha alana düştüğü saptanmıştır. Minimum su stresine sahip alanların ise 2013 yılında 2449,83 ha alan kapladığı, bu miktarın 2021 yılı yangın sonrası için %8'lik artışla 2656,55 ha alana ulaştığı görülmektedir. Su stresi yok alanlarına gelindiğinde ise, 2013 yılında 459,6 ha alan kaplarken, yangın sonrasında bu alanın %51'lik bir düşüşle 221 ha alana indiği belirlenmiştir.

NDVI verilerindeki yıllar içinde gözlemlenen değişimlerin nedenleri, NDWI için de geçerlidir. Sadece belirli aylarda 1 veya 2 uydu görüntüsüne erişilebilmesi, görüntülerdeki farklı bulutluluk oranları ve bazı yıllarda aynı ay için uygun görüntüye ulaşılamaması gibi kısıtlar, görüntülerin farklı aylara ait olmasına neden olabilmektedir. Bu durum, mevsimsel değişikliklere bağlı olarak su ve nem miktarlarında farklılıklar yaratmaktadır. Yine küresel ısınma nedeniyle artan sıcaklıkların da etkisi gözardı edilmemelidir. Ayrıca, ormancılık faaliyetleri gibi insan müdahaleleri sonucunda bitki biyokütlesinde ve dolayısıyla su tutma kapasitesinde değişimler meydana gelmektedir; bu durum da NDWI değerlerindeki dalgalanmalara katkıda bulunmaktadır. NDWI değerlerinde yangın sonrasında sulak/nemli alanlarda gözlemlenen ani düşüş ise, yangının etkisi ve aşırı sıcaklık nedeniyle ortamda artan nem kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

NDWI, su kaynaklarının izlenmesi için geliştirilmiş olsa da, son yıllarda orman yangınlarının belirlenmesi ve izlenmesi amacıyla da etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Dünya genelinde yapılan çalışmalar, NDWI'nin orman yangınlarının başlangıç ve yayılım noktalarını tespit etme, yangın sonrası çevresel değişimleri izleme ve yangın etkisini değerlendirme konusunda başarılı olduğunu ortaya koymaktadır (Maki ve diğerleri, 2004; García ve Caselles, 1991). Örneğin, Avustralya'da gerçekleştirilen araştırmalarda NDWI, yangın sonrası toprağın nem kaybını gözlemleyerek yeniden yapılanma sürecinde etkili kararlar alınmasını sağlamıştır (Smith 2007). Türkiye özelinde yapılan çalışmalar da NDWI'nin, yangınların yoğun olduğu Akdeniz ve Ege bölgelerinde yangın sonrası hasarın haritalanmasında yüksek doğruluk sunduğunu göstermiştir (Kumar, 2016; Turan ve diğerleri, 2019). Özellikle NDWI'nin farklı uzaktan algılama indeksleri ile birleştirilmesi, yangın alanlarının genişliğinin belirlenmesinde ve yanan bitki örtüsünün haritalanmasında daha hassas sonuçlar vermektedir (Yıldız ve diğerleri, 2021). Küresel iklim değişikliği ile birlikte sıcaklık ve kuraklık artışının yangınları daha sık ve şiddetli hale getirdiği günümüzde, NDWI'nin yangın risk yönetimi ve ekosistem restorasyon çalışmalarındaki rolü her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir (Chuvieco vd. 2010; Dash vd. 2016).

Kuraklık, ekosistemlerin dengelerini bozarak habitat kayıplarına neden olmaktadır. Ormanlar, sulak alanlar ve diğer doğal yaşam alanları kuraklık nedeniyle tehlike altındadır. Ekosistemin durumunu izlemek için yapılan kuraklık analizleri, doğal afetlerin olması ihtimalinde uzun vadeli değerlendirmelerin yapılmasını sağlamaktadır (Zhao vd. 2019). Ayrıca biyoçeşitliliğin korunması için planlamaların yapılmasına imkan tanımaktadır (Yılmaz vd. 2021).

Kuraklık (DA) analizi, ekosistemlerdeki kuraklık durumunun ve su stresinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan önemli bir yöntemdir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla kuraklık durumları, toprak nemi, bitki örtüsü sağlığı ve hidrolojik döngülerin izlenmesine imkan sunmaktadır (Jain ve Shah 2017; Vicente Serrano vd. 2020; Dutta & Sethi 2021). Bu sayede tarım faaliyetlerinin etkilerinin incelenebilmesi, su kaynaklarının yönetimi ve planlanması, çevresel etkilerin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Mishra ve Singh 2010). Bu doğrultuda dünyada ve Türkiye'de yapılan çalışmalarda özellikle su kaynaklarının korunması,

tarımsal faaliyetler ve canlılık için artan su talebi ve kıtlık durumlarına ilişkin çalışmalar yapılmıştır (Stewart vd. 2021; Thuong vd. 2017).

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 1569 ha alansal büyüklüğe sahip olduğu ve takip eden yıllar boyunca görüntülerin alındığı zamana (mevsim) da bağlı olarak bazı dalgalanmaların olduğu ve 2021 yılı yangın sonrasında %151'lik bir artışla 3939,16 ha büyüklüğünde bir alana ulaştığı görülmektedir. Alanda şiddetli kuraklık 2013 yılında 4323 ha alanı kaplamaktayken takip eden yıllarda bazı dalgalanmaların meydana geldiği ve yangın sonrasında %1'lik bir düşüşle 4268,95 ha alana ulaştığı görülmektedir. Yine orta kurak alanların 2013 yılında 8034,99 ha alanı kapladığı görülmekle birlikte 2021 yılında gerçekleşen yangın sonrasında %22'lik bir azalmayla 6205,04 ha alana düştüğü tespit edilmiştir. Orta hafif kurak alanların 2013 yılında 9819 ha alansal büyüklükte olduğu ve 2021 yılı yangın sonrasında %11'lik azalma ile 8736,32 ha alana düştüğü görülmektedir. Hafif kurak alanların 2013 yılında 5447 ha alanı kapladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında %28'lik bir artışla 6994,63 ha alana ulaştığı saptanmıştır. Kuraklık yok alanlarının ise 2013 yılında 997 ha alanı kapladığı görülmekte ve 2021 yılı yangın sonrasında %95'lik bir azalma ile 45,9 ha alana indiği belirlenmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangın alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında aşırı şiddetli kurak alanların 700,91 ha alanı kapladığı ve takip eden yıllarda meydana gelen bazı dalgalanmalarla birlikte 2021 yılı yangın sonrasında %100'lik bir azalma ile 0 hektara düştüğü görülmektedir. Şiddetli kurak alanlar 2013 yılında 1399,33 ha alanı kaplarken 2021 yılı yangınından sonra %115'lik bir artışla 3021 ha alana yükselmiştir. Orta kurak alanların 2013 yılında 2433,02 ha alanı kapladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında %5'lik artışla 2575 ha alana yükseldiği görülmektedir. Orta hafif kurak alanların 2013 yılında 2564,66 ha alanı kapladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında %2'lik bir azalma ile 2510 ha alana düştüğü saptanmıştır. Hafif kurak alanların 2013 yılında 904,83 ha alanı kapladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında %75'lik bir azalma ile 221 ha alana düştüğü tespit edilmiştir. Kuraklık yok alanlarının 2013 yılında 103,77 ha alanı kapladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında %100'lik bir azalma ile 0 ha alana indiği görülmektedir.

Kuraklık analizlerinde yıllar içinde görülen değişimlerin iklim değişikliğine bağlı olarak meydana geldiği ve yangınla birlikte yok olan bitki örtüsünün kuraklık

değerlerindeki artışı açıkladığı görülmektedir. Buradan hareketle yangın faktörü kuraklığın artmasına neden olmaktadır. Özellikle yangın sonrasında şiddetli kurak alanlardaki %115’lik artış, yangının kuraklığın artmasına neden olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Ormanların yok olması toprağın nem tutma kapasitesini azaltarak daha hızlı kurumasına ve kuraklık riskinin artmasına sebep olmaktadır (Şahin vd. 2020; Kayam vd. 2017).

Dünyada ve Türkiye’de kuraklık analizi ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde kuraklığın iklim değişikliği ve insan etkileri ile arttığı ortaya çıkmaktadır. 2013 yılından 2023 yılına kadar olan süreçte dünyadaki kara alanlarının yaklaşık %29,7’sinin orta veya şiddetli kuraklığa sahip olduğu belirlenmiştir (Feng vd. 2014). Küresel ısınmaya bağlı olarak artan sıcaklıklar daha yüksek buharlaşma oranlarına yol açarak toprak neminin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum kuraklık koşullarını kötüleştirmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli’ne (IPCC) göre, iklim değişikliğinin yağış düzenlerini bozarak ve aşırı hava olaylarının olasılığını artırarak özellikle zaten kurak bölgelerde şiddetli kuraklıkların sıklığını artırması beklenmektedir. Orman alanlarının yok edilmesi, kentleşme ve tarımsal genişleme gibi insan faaliyetleri de kuraklık koşullarının kötüleşmesine yardımcı olmaktadır (NOAA 2023).

Yanan Alan İndeksi (BAI), yangının ardından tahribatın ve yanmanın değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir uzaktan algılama yöntemidir. Genellikle yanma sonrasında bitki örtüsündeki kayıpları belirlemek için kullanılmaktadır. BAI, özellikle geniş alanlardaki yayılmaların dağılımı için etkilidir çünkü yüksek miktardaki uydu verileriyle geniş çapta hızlı bir şekilde analiz edilmektedir. Yangının dağılımının belirlenmesini sağlayarak bu alanlardaki büyüme, büyüme yönetimi ve onarım çalışmaları için veri sunmaktadır. Yanan alan (BAI) analizleri sadece tahribat büyüklüğünün belirlenmesi ile kalmayıp, aynı zamanda bu alanlardaki biyolojik çeşitlilik kaybı, toprak tahribatı ve ekosistem sağlığı hakkında bilgi vermektedir (Chuvieco vd. 2008). Örneğin, Avustralya’daki orman büyümelerini değerlendiren çalışmalar, BAI analiziyle bozulmanın bölünmesi ve tahribatın bozulması haritalanmış ve büyümenin ardından ekosistemlerin yenilenmesi için gerekli adımlar belirlenmiştir (Tatem ve diğerleri, 2001). Akdeniz bölgesinde yapılan başka bir çalışmada, BAI analizleri ile geniş çapta orman ürünlerinin alanları haritalanmış ve yanma dağılımı ile

bitki örtüsünün yenilenme tutarları karşılaştırılmıştır (Chuvieco ve diğerleri, 2008). Sonuçlar, yanma sıcaklığının yüksek olduğu bölgelerde bitki örtüsünün daha uzun sürede toparlandığını göstermiştir. Benzer şekilde, Güney Amerika'daki Amazon ormanlarında yapılan araştırmalar, BAI analizleri ile geniş tropikal alanların ve bu alanlarda karbon salınımı tahminlerinde bulunabildiğini ortaya çıkarmıştır (Mendoza-Pérez ve diğerleri, 2020).

BAI analizi ile Kavaklıdere ilçesi genelinde 2021 yılında meydana gelen yangında nerelerin yandığı ve kaç hektarlık bir alanda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yanan alan 2021 yılına ait yangın haberleri ve Orman Genel Müdürlüğü'nün yangına ilişkin yayınlarından elde edilen verilerle analiz sonuçları doğrultusunda belirlenmiştir. Buna göre yanan alanlar ilçe geneline göre siyah renkle ifade edilmiştir. Bu sayede yaşanan yangının büyüklüğü ve konumu tespit edilmiştir.

Yanma şiddeti analizi (NBR), bitki örtüsündeki bozulmalar, toprak hasarları ve doğal yenileme süreçlerini belirlemek amacıyla uzaktan algılama teknikleriyle yapılan bir inceleme yöntemidir (Key ve Benson, 2006). Orman yangınlarının durumu ve etki alanlarının belirlenmesi ile ağaç örtüsünün ve su akışının yeniden gelişim sürecini takip etmek amacıyla kullanılmaktadır (Gitas ve Koutsias, 2004). Dünya genelinde orman yangınlarının ayrıntıları ve bunların belirlenmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde, Landsat uydu verileri kullanılarak, orman yangınlarının yarattığı yanma dağılımı haritalanmış ve büyüme sonrasında orman alanlarındaki bitki örtüsü kaybı ile tahribatı değerlendirilmiştir (Key ve Benson, 2006). Benzer şekilde, Avustralya'da yapılan araştırmalarda, büyük yangın olaylarının ardından NBR kullanılarak yangının ardından toprak ve bitki örtüsündeki değişiklikler analiz edilmiş, bu değişimin çoğalmasının yanı sıra sıra ekosistemlerin geri kazanılabilir süreci de izlenmiştir (Gitas ve Koutsias, 2004). Ayrıca, Endonezya'daki orman yangınlarında NBR analizi kullanılarak, hem orman yangınlarının hem de orman yangınlarının kaybının belirlendiği, bu bölgedeki büyüme yönetim politikalarına katkı sağlanmıştır.

NBR analizi sonucunda Kavaklıdere ilçesi genelinde yangın sonrası haritaları incelendiğinde yüksek değerlerdeki alanlar yanma şiddeti yüksek olan alanları ifade etmektedir. Buna göre yangından etkilenmeyen alanlardaki bitki örtüsü varlığı ve bitki örtüsünün durumu olası bir yangında bu alanların yanma potansiyeline sahip olduğu

şeklinde yorumlanmıştır. Bununla birlikte koyu renkli ve yanma şiddeti düşük alanlar yangının yaşandığı alanlar olarak belirlenmiştir. Bu alanlarda yangına bağlı tahribat nedeniyle düşük yanma şiddetinin görülmesi, tekrar yanma durumunun olmadığını ve yaşanan yangının etkilerini göstermektedir.

NBR analiz sonuçlarının yorumlanması, büyüme süreçlerinin ekosistemlerinin yönetilmesi ve yenilenme süreçlerinin anlaşılması için kritik bir adımdır. NBR değeri, büyüme öncesi ve sonrasında bitki örtüsündeki değişiklikler yansıtılarak, büyümenin zararları ve etkilenen alanlar ortaya çıkarmaktadır. Yüksek NBR değerleri, sağlıklı bitki örtüsünün ve ekosistemlerin varlığını gösterirken, düşük NBR değerleri, yanma nedeniyle oluşan ciddi tahribatı işaret etmektedir (Key ve Benson, 2006). Yangın sonrasında NBR değeri, yangının etki göstergesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Değerlerin aşırı azalması, bitki örtüsünün tamamen yok olması veya ciddi şekilde zarar gördüğünü gösterirken, daha yüksek değerler, bitki örtüsünün kısmi olarak zarar gördüğünü veya daha az tahribat yaşandığını ifade etmektedir (Gitas ve Koutsias, 2004). Ayrıca, NBR'nin zamansal analizleri, yangın sonrasında iyileşme süreçlerini izleme imkanı tanımakta ve yangının etkilerinin uzun dönemli değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

dNBR (*delta Normalized Burn Ratio*) analizleri, yanma öncesi ve sonrasında NBR değerleri arasındaki farkı hesaplayarak yanma etkilerinin aralıkları ve sıcaklık değerleri için kullanılan önemli bir uzaktan algılama yöntemidir. Bu analiz, özellikle orman bitkilerinin varlığını haritalamak, yanma hücrelerini görmek ve ekosistem üzerindeki uzun vadeli sonuçları izlemek için kullanılmaktadır. Örneğin, ABD'deki Yellowstone Ulusal Parkı'nda yapılan bir çalışmada, dNBR ile büyüme sonrasında bitki örtüsü kaybı ve toprak durumu başarılı bir şekilde tespit edilmiş ve yanma miktarına göre ekosistemin yenilenme durumu modellenmiştir (Key & Benson, 2006). Akdeniz bölgesindeki başka bir çalışmada ise, dNBR, yanma sıcaklığının toprak parçaları ve su kaynakları üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılmıştır (Epting vd. 2005).

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 929,28 ha alan yüksek önem seviyesinde yanmıştır. 6005 ha alan orta yüksek önem seviyesinde yanmıştır. 3525 ha alan orta düşük önem seviyesinde yanmıştır. 7823 ha alan düşük önem seviyesinde yanmıştır. Yanmamış alanlar 9978 ha alansal büyüklüktedir. Toplamda 18282,28 ha alan yandığı sonucu elde edilmiştir. Bu durumun elde edilen

görüntülerin yansıma değerlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çünkü yangın haberlerinde yanan alanların 5511,7 ha alanın yandığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda yanan alan lokasyonları üzerinden işaretlemeler yapılarak asıl yanan alan belirlenmiştir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangını alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 412,61 ha alan yüksek önemli seviyede yanmıştır. 823,46 ha alan orta yüksek önem seviyesinde yanmıştır. 2405,13 ha alan orta düşük önem seviyesinde yanmıştır. Düşük önem seviyesinde yanan alanlar 1870,50 ha alanda gerçekleşmiştir. 2338,59 ha alan yanmamıştır. Sonuç olarak 5511,7 ha alanın yandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yeryüzü sıcaklık analizi (TSA), karasal alanlarda sıcaklık durumunu ölçerek iklim değişikliği, kentsel ısı bölgesi etkisi, su yönetimi gibi koşullarda kullanılan kritik bir uzaktan algılama yöntemidir (Wan & Dozier, 1996). Kentsel ısı adalarının tespit edilmesi, sıcaklık değerlerindeki dalgalanmaların modellenmesine imkan sunan yeryüzü sıcaklık analizleri ile iklim değişikliğine bağlı olarak çıkarımlarda bulunmak mümkün olmaktadır. Örneğin, Hindistan'da yapılan bir çalışmada sıcaklık analizleri kullanılarak tarım alanlarındaki alansal büyümelerin nasıl değiştiği ve etkin sulama yöntemlerinin bitki örtüsü artışı ortaya konulmuştur (Bhattacharya vd, 2019). Benzer şekilde, Avrupa'da yapılan analizler ile kentsel ısı etkilerinin yoğun olarak yapılaşmış olduğu ve bu bozulmanın enerji tüketimi üzerinde olumsuz etkilerin tespit edildiği görülmektedir (Voogt ve Oke, 2003). Ayrıca, Afrika'daki savan iklimi verileri, otlakların kuruma oranlarını ve bunun yerel ekosistemler üzerinde mevcut olup olmadığını belirlemek için kullanılmış, bu da iklim değişikliğinin biyoçeşitlilik üzerinde olup olmadığını izlemek için kritik bir araç olduğunu kanıtlamıştır (Nemani vd. 1996). Bu çalışmalar sıcaklık analizlerinin tarımdan şehir yayılmasına, iklim değişikliğinden ekosistem sağlığına kadar geniş bir aralıkta kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında en düşük sıcaklık değerleri 22,40 °C ile 24,54 °C aralığında 4512,91 ha alansal büyüklükteyken yıllar içinde meydana gelen dalgalanmalarla birlikte 2021 yılı yangın sonrasında 18,33 °C ve 26,89 °C aralığına ulaşarak %29'luk bir azalma ile 3192,15 ha alana inmiştir. 2013 yılında düşük sıcaklık değerleri 27,54 °C ile 29,76 °C aralığında 8180,14 ha alansal büyüklükten 2021 yılı yangın sonrasında 26,89 °C ile 32,14 °C sıcaklığına ulaşmış ve %25'lik bir artışla 10228,29 ha alana ulaşmıştır. Orta sıcaklık

değerleri 2013 yılında sıcaklık değerleri 29,76 °C ile 31,92 °C aralığında 7936,33 ha alanı kapladığı görülürken 2021 yılı yangın sonrasında 32,14 °C ile 36,56 °C sıcaklığa ve % 37'lik bir artışla 1088,42 ha alansal büyüklüğe ulaşmıştır. Yüksek sıcaklıkta 2013 yılında sıcaklık değerleri 31,92 °C ile 34,42 °C aralığında 6046,43 ha alanı kaplarken 2021 yılı yangından sonra sıcaklık değerleri 36,56 °C ile 49,00 °C aralığına ve %3'lük bir düşüşle 5840,25 ha alana inmiştir. 2013 yılında en yüksek sıcaklık değerleri 34,42 °C ile 40,12 °C aralığında 3488,38 ha alansal büyüklükteyken 2021 yılı yangın sonrasında sıcaklık değerleri 49,00 °C ile 88,78 °C aralığına %99'luk bir azalma ile 32,41 ha alana düşmüştür.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangını alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında sıcaklık değerleri en düşük sıcaklık değerleri 22,40 °C ile 27,54 °C aralığında 81,75 ha alanı kaplarken 2021 yılı yangın sonrası sıcaklık değerleri en düşük 18,33 °C ile 26,89 °C aralığında %97'lik bir azalma ile 2,35 ha alana düşmüştür. 2013 yılında düşük sıcaklık değerleri 27,54 °C ile 29,76 °C aralığında 1559,83 ha alana sahipken 2021 yılı yangın sonrasında düşük sıcaklık 26,89 °C ile 32,14 °C aralığına ve %14'lük bir artışla 1780,86 ha alana ulaşmıştır. Orta sıcaklık değerleri 2013 yılında 29,76 °C ile 31,92 °C aralığında 2877,43 ha alanı kaplarken 2021 yılı yangın sonrasında orta sıcaklık 32,14 °C ile 36,56 °C aralığına ve %39'luk bir artışla 4027,2 ha alana ulaşmıştır. Yüksek sıcaklık değerleri 2013 yılında 31,92 °C ile 34,42 °C aralığında 2178,22 ha alansal büyüklükteyken 2021 yılı yangın sonrasında yüksek sıcaklık değerleri 36,56 °C ile 49,00 °C aralığına ve %5'lik artışla 2296,38 ha alansal büyüklüğe yükselmiştir. 2013 yılı en yüksek sıcaklık değerleri 34,42 °C ile 40,12 °C aralığında 1408,85 ha alanı kaplarken 2021 yılı yangın sonrasında en yüksek sıcaklık değerleri 49,00 °C ile 88,78 °C aralığına ve %100'lük bir düşüşle 0 ha alana ulaşmıştır.

Son yıllarda yapılan sıcaklık analizlerine dayalı çalışmalarda, bitki örtüsüne dayalı sıcaklık dinamiklerinin iklim değişikliği ile önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Örneğin, 2000-2020 yılları arasında yapılan, kara yüzey sıcaklıklarında (Kara Yüzey Sıcaklığı, LST) %0,2 ila %0,4 oranında artışlar rapor edilmiştir. Bu artış, özellikle tropikal bitki örtüsü bozulmasında azalma meydana getirirken, kuzey ormanlarında ise artan fotosentez oranlarıyla birlikte karbon tutma potansiyelinde %3-5'lik bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca bitki örtüsünün sıcaklık artışlarında kritik bir rol

oyunarak yerel sıcaklıkları %1-2 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kuraklık ve aşırı sıcaklıkların yoğun olduğu alanlarda, bitki örtüsü dağılımlarında, yerel sıcaklıkların %5'e kadar arttığı görülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda bitki örtüsü ve sıcaklık arasındaki ilişkilerde belirgin değişimler görülmektedir. 2001-2022 döneminde küresel bitki örtüsü alanında yaklaşık %1.88'lik bir artış gözlenmiş olup, bu artışın özellikle ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde iklim sıcaklıklarında ortalama %0.3'lük bir azalmaya sebep olduğu kaydedilmiştir (Chen vd., 2019). Bununla birlikte, tropikal bitki örtüsü ve ormansızlaşmanın yoğun büyüme alanlarında bitki örtüsündeki azalma, sıcaklıkların %1.2 oranında artmasına neden olmuştur (Piao vd. 2006). Kentsel alanlarda yeşil alanların büyümesi, şehir ısı bölgesinin düzenlenmesi yerel yerleşimde %0.5'lik bir düşüş sağlamıştır (Voogt ve Oke, 2003). Ayrıca planlı sulama uygulamalarının yaygınlaşması, bazı ayarlarda yerel bölgedeki sıcaklıklarda %0,3'lük bir azalmaya yol açmıştır (Bhattacharya vd., 2019). 2023 yılı, küresel ortalama sıcaklıklar açısından rekor kırmıştır ve bu durum hem karasal hem de okyanusal alanlarda bitki örtüsü dinamiklerini etkilemiştir. Özellikle sıcaklık koşulları, artan sıcaklıklar ve iklim koşulları nedeniyle bitki örtüsü yoğunluğu ve sağlığında azalma yaşandığı gözlenmiştir. Bununla birlikte kuraklık stresine duyarlı bitkilerde yaygın yaprak durumu ve büyüme hızlarında düşüş rapor edilmiştir. Öte yandan, bazı çalışmalarda iklim değişikliğine de bağlı olarak karbon tutma kapasitesinde azalmalar, ekosistem sistemlerini tehdit etmektedir (IPCC 2021). Buna göre yangının sıcaklık değerlerinde artışa neden olduğunu söylemek mümkün olmakla birlikte iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıkların yangını tetiklediği de görülmektedir. Özellikle yangından önceki süreçte görülen dalgalanmalar yüksek ve en yüksek değerdeki sıcaklıkların arttığını ve yangından sonra en yüksek sıcaklıkların %100 oranında azalması yangının sıcaklık ile olan ilişkisini göstermektedir. Yangınlar ve yeryüzü sıcaklıkları arasındaki ilişki, son yıllarda daha da önem kazanmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, sıcaklığa bağlı yangınlar ve yangınların artışına bağlı olarak bitki örtüsünün kurumasına ve bunun daha hızlı olmasına yol açmaktadır. Örneğin, 2020'deki orman yangınları, dünya çapındaki ortalama sıcaklıkların 1,2°C yükselmesiyle doğrudan ilişkilendirilmiştir. Yüksek sıcaklıklar, ormanlardaki su gerilimini arttırmakta ve kullanılan ürünün karşı direncini azaltmaktadır. Bu durum, yeryüzü sıcaklıklarının yangınların başlaması ve işleyişinde kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, yangının ardından yükselen

sıcaklıklar, yerel iklimi etkileyerek yeniden bitki örtüsünün gelişmelerini zorlaştırabilmektedir (Rosado vd. 2019; Roy ve Bari 2022; Çolak ve Sunar 2018).

Karbon depolama hesaplamaları ekosistemlerin, özellikle ormanların ve diğer doğal ortamların atmosferdeki karbonu ne kadar etkili bir şekilde depolayabildiğini tespit etmek ve değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Ormanlar, atmosferik karbonun önemli bir kısmını emerek karbon depolama alanı olarak işlev görmektedir. Bu noktada karbon depolama oranlarının değerlendirilmesi iklim değişikliği stratejilerinde kritik bir rol oynamaktadır. Uzaktan alma yöntemleri, bu hesaplamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Uydu ayrıntıları, LiDAR (Işık Algılama ve Menzil Belirleme) ve hiperspektral sensörler gibi araçlar, bitki örtüsünün biyokütlesini, yaprak alan indeksini ve fotosentetik kesilmesini tespit ederek karbon stoklarının uzamsal ve zamansal değişimlerini yüksek doğrulukla belirleme imkanı sağlamaktadır (Russo vd. 2014; Terror vd. 2021).

Kavaklıdere (Muğla) ilçe geneli için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında toprak alanların 0 ton karbon depoladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında da toprak alanların 0 ton karbon depoladığı görülmektedir. Karbon hesaplamalarının bitki örtüsü tabanlı yapılmış olmasına dayanarak bitki örtüsü olmayan toprak yüzeyler ve ev gibi nesnelerin hesaplamalarda 0 olarak sonuç verdiği görülmektedir. Otsu alanların 2013 yılında 234,45 ton karbon depoladığı görülürken 2021 yılı yangın sonrasında %14'lük bir kayıpla 200 tona düştüğü görülmektedir. Çalı alanların 2013 yılında 1244,07 ton karbon tutarken 2021 yılı yangın sonrasında %231'lik artışla 4125,25 tona ulaştığı saptanmıştır. Ağaç alanların 2013 yılında 9431,61 ton karbon depoladığı görülürken 2021 yılı yangın sonrasında %41'lik bir azalma ile 5477,52 ton karbon depolandığı tespit edilmiştir. Orman alanlarında 2013 yılında 6759,35 ton karbon depolanırken 2021 yılı yangın sonrasında %94'lük bir kayıpla 364,28 tona indiği belirlenmiştir. 2013 yılında toplamda 17669,48 ton karbon depolanırken 2021 yılı yangın sonrasında toplam miktarın 10167,05 tona indiği görülmektedir.

Kavaklıdere (Muğla) ilçesi orman yangını alanı için, sonuçlar değerlendirildiğinde 2013 yılında toprak alanların 0 ton karbon depoladığı ve 2021 yılı yangın sonrasında da toprak alanların 0 ton karbon depoladığı görülmektedir. Otsu alanlar 2013 yılında 108,44 ton karbon depolarken 2021 yılı yangın sonrasında %17'lik bir artışla 127,6 tona çıkmıştır. Çalı alanların 2013 yılında 388,78 ton karbon depoladığı

görülürken 2021 yılı yangın sonrasında %82'lik bir kayıpla 69,62 tona düştüğü görülmektedir. Ağaç alanlar 2013 yılında 1492,72 ton karbon tutarken 2021 yılı yangın sonrasında %52'lik bir kayıpla 704,6 tona indiği belirlenmiştir. Orman alanların 2013 yılında 5414,18 ton karbon depoladığı görülürken 2021 yılı yangın sonrasında %98'lik bir azalma ile 58,7 tona düştüğü görülmektedir. 2013 yılında toplamda 7404,12 ton karbon depolanırken 2021 yılı yangın sonrasında 960,5 ton karbon depolanabildiği tespit edilmiştir.

Karbon oranlarında yıllar içinde meydana gelen dalgalanmalar bitki örtüsündeki değişimler, orman alanlarında yapılan planlama çalışmalarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen sıcaklık artışları, kuraklık gibi faktörler de bitki örtüsünü etkileyerek karbon tutma oranlarında dalgalanmalar meydana getirmektedir. Yangın gibi etmenler karbon tutma oranlarındaki değişimleri olumsuz yönde etkilemektedir. Yangın sonrasında karbon tutma miktarlarında ciddi boyutlarda düşüşler meydana gelmiştir. Yangın sonrasına ilişkin tüm analiz sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir. Analiz sonuç haritaları Görsel 4.1 ve Görsel 4.2'de yer almaktadır.

Ormanlar, karasal karbonun yaklaşık %80'ini depolamakta ve yıllık 2-3 gigaton (2-3 milyar ton) karbonu atmosferden çekerek fosil yakıttan kaynaklanan emisyonların yaklaşık %30'unu dengelemektedir. Ancak iklim değişikliği ve orman yangınları bu kapasiteyi ciddi derecede tehdit etmektedir. Yangın sırasında, ormanların biyokütlesinde depolanan karbon büyük miktarda atmosfere salınmakta ve bu süreç, karbon emisyonlarını artırarak iklim değişikliği etkilerine katkıda bulunmaktadır. Örneğin kuzey ormanlarındaki yangınlar, 2001-2023 yılları arasında karbon emisyonlarını yaklaşık üç kat artırmıştır. Yangın sonrasında ormanların karbon depolama kapasitelerinde %30-50 oranında azalma gözlenmiştir (Khapse vd. 2021; Manickam vd. 2014). Türkiye'deki ormanların karbon depolama kapasitesinin 2,5 milyar ton civarında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, orman yangınları, ormansızlaşma ve arazi kullanım bozuklukları gibi faktörler, bu kapasitenin zayıflamasına yol açmaktadır. Yapılan bir araştırma, Akdeniz Bölgesi'ndeki orman yangınlarının karbon emisyonlarını %40 oranında artırdığı ve ormanların bu süreçte karbon depolama miktarında düşüşler yaşandığı belirlenmiştir. Ormanların karbon tutma kapasitesinin artırılması amacıyla ormancılık yönetimi ve yeniden ağaçlandırma

projeleri geliştirilmektedir. Bu projeler, hem karbon yutaklarının korunması hem de sürdürülebilir orman yönetimi için kritik öneme sahiptir.



Tablo 4.1. Kavaklıdere ilçesi genelinde yangın sonrası analiz sonuçları hesaplama değerleri

NDVI (Ha)			NDWI (Ha)			KURAKLIK (Ha)		
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası		Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası		Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası	
	Alan	%		Alan	%		Alan	%
Toprak alan	6325,03	319	Çok yüksek su stresi	16,1	-99	Aşırı şiddetli kuraklık	3939,16	151
Otsu alan	5647,78	128	Orta su stresi	5900,75	10	Şiddetli kuraklık	4268,95	-1
Çalı alan	1435,8	-74	Düşük su stresi	8467,57	14	Orta kurak	6205,04	-22
Ağaç alan	8280,83	-3	Minimum su stresi	11258,21	21	Orta hafif kurak	8736,32	-11
Orman alan	1500,55	-87	Su stresi yok	4547,36	-14	Hafif kurak	6994,63	28
						Kuraklık yok	45,9	-95

Tablo 4.1. (Devam) Kavaklıdere ilçesi genelinde yangın sonrası analiz sonuçları hesaplama değerleri

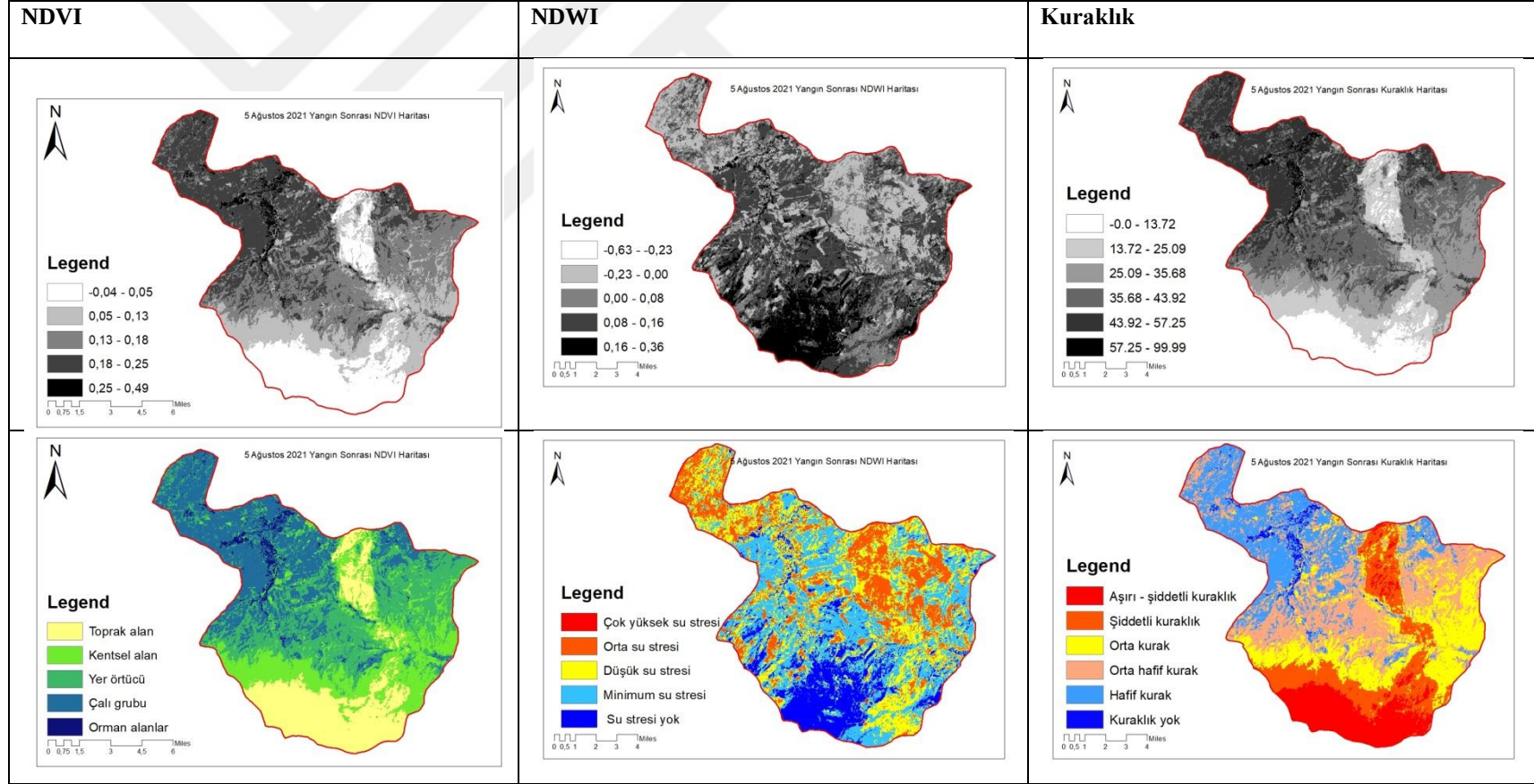
Yeryüzü sıcaklık (Ha, °C)				Karbon Depolama (Ton)		
Sınıflama Kategorileri °C	2021 Yangın sonrası			Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası	
	Sıcaklık Değeri	Alan	%		Ton	%
En düşük	18,33 – 26,89	3192,15	-29	Toprak alan	0	0
Düşük	26,89 – 32,14	10228,29	25	Otsu alan	200	-14
Orta	32,14 – 36,56	10887,42	37	Çalı alan	4125,25	231
Yüksek	36,56 – 49,00	5840,25	-3	Ağaç alan	5477,52	-41
En yüksek	49,00 – 88,78	32,41	-99	Orman alan	364,28	-94

Tablo 4.2. Orman yangını alanı yangın sonrası analiz sonuçları hesaplama değerleri

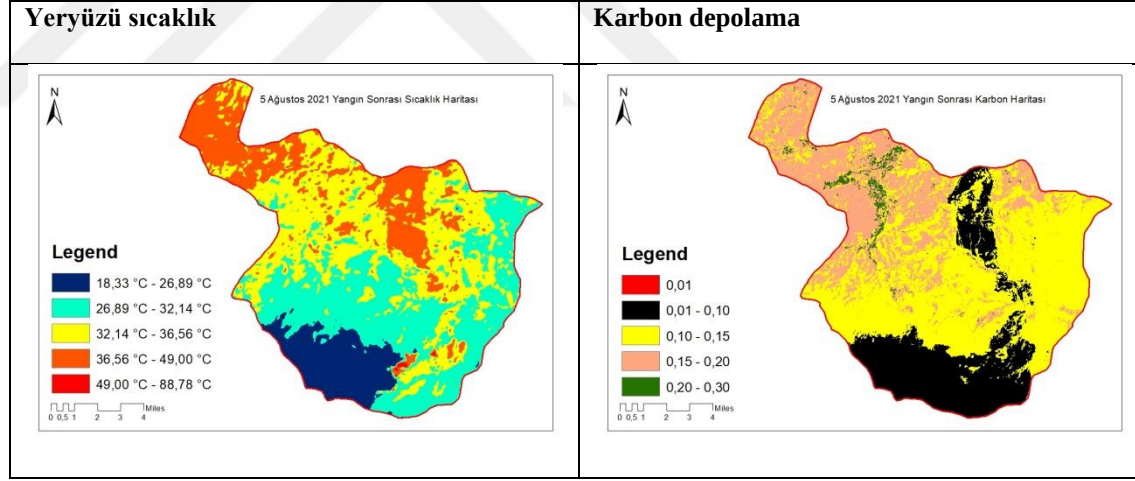
NDVI (Ha)			NDWI (Ha)			KURAKLIK (Ha)		
Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası		Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası		Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası	
	Alan	%		Alan	%		Alan	%
Toprak alan	2340	1248	Çok yüksek su stresi	0	-100	Aşırı şiddetli kuraklık	0	-100
Otsu alan	810,5	-20	Orta su stresi	2721	43	Şiddetli kuraklık	3021	115
Çalı alan	1035	-38	Düşük su stresi	2507	-2	Orta kurak	2575	5
Ağaç alan	1686	-4	Minimum su stresi	2657	8	Orta hafif kurak	2510	-2
Orman alan	18,85	-99	Su stresi yok	221	-51	Hafif kurak	221	-75
						Kuraklık yok	0	-100

Tablo 4.2. (Devam) Orman yangını alanı yangın sonrası analiz sonuçları hesaplama değerleri

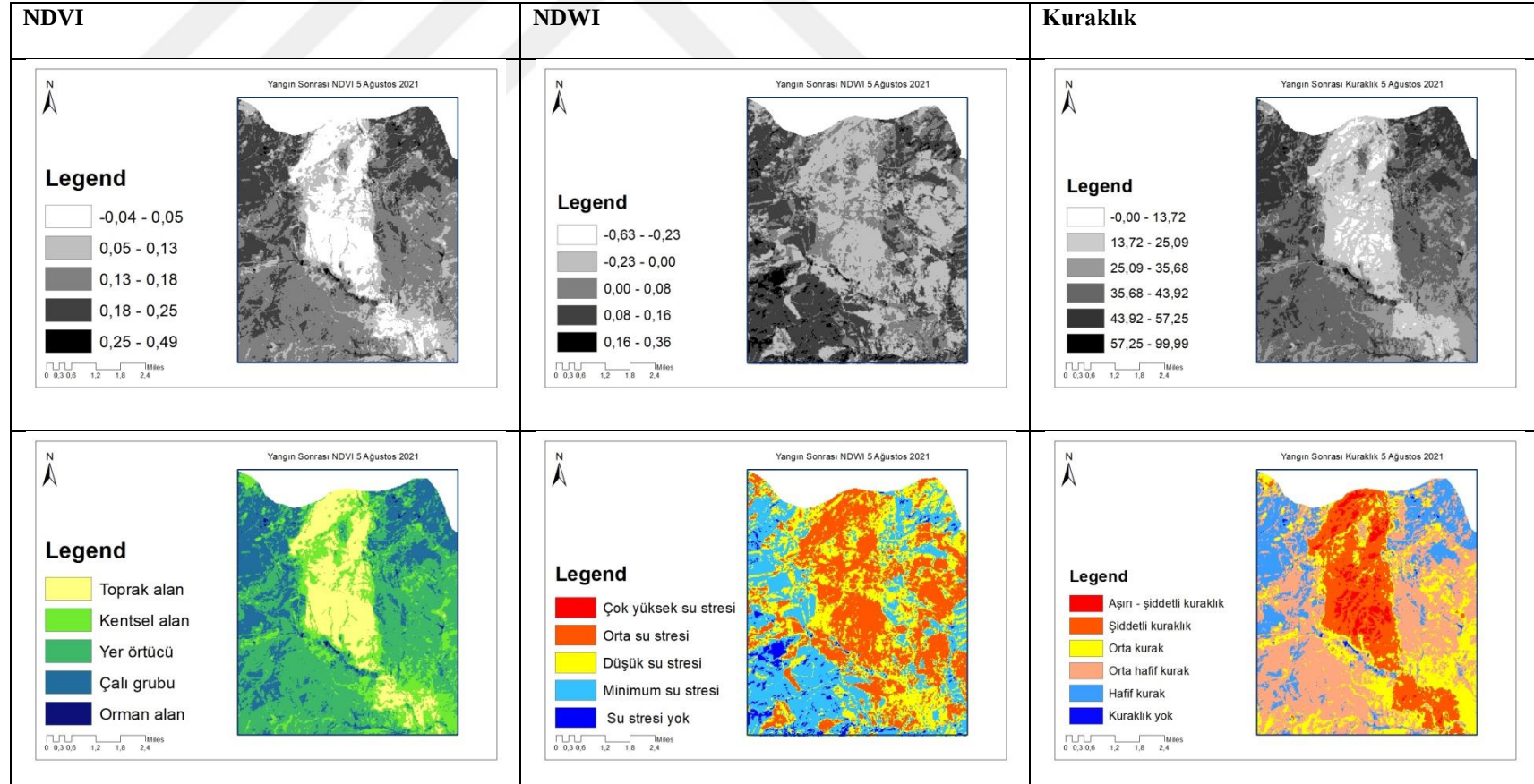
Yeryüzü sıcaklık (Ha, °C)				Karbon Depolama (Ton)		
Sınıflama Kategorileri °C	2021 Yangın sonrası			Sınıflama Kategorileri	2021 Yangın sonrası	
	Sıcaklık Değeri	Alan	%		Ton	%
En düşük	18,33 – 26,89	2,35	-97	Toprak alan	0	0
Düşük	26,89 – 32,14	1780,86	14	Otsu alan	127,6	17
Orta	32,14 – 36,56	4027,2	39	Çalı alan	69,62	-82
Yüksek	36,56 – 49,00	2296,38	5	Ağaç alan	704,6	-52
En yüksek	49,00 – 88,78	0	-100	Orman alan	58,7	-98



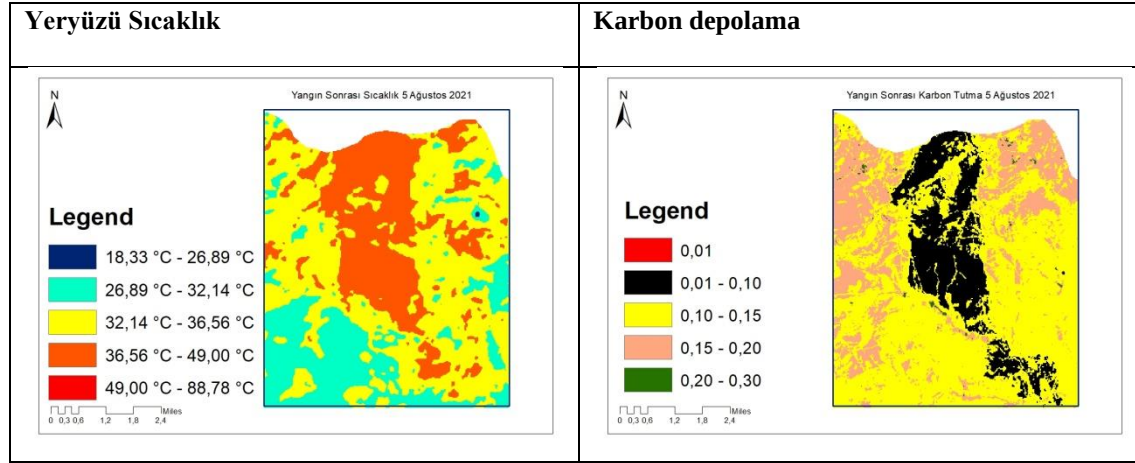
Görsel 4.1. Kavaklıdere ilçesi yangın sonrası analiz sonuç haritaları



Görsel 4.1. (Devam) Kavaklıdere ilçesi yangın sonrası analiz sonuç haritaları



Görsel 4.2. Orman yangını alanı yangın sonrası analiz sonuç haritaları



Görsel 4.2.(Devam) Orman yangını alanı yangın sonrası analiz sonuç haritaları

Yapılan yanlış planlamalar orman yenilemesini geciktirebilmektedir. Bu nedenle yangın sonrası planlama eylemlerinden önce yapılması gereken ilk temel durum; içerdiği tohum zenginliği nedeniyle toprağın korunmasıdır. İkinci önemli eylem ise istilacı türlerin gelişmesini önlemektir. Çünkü yangın sonrası açık hale gelen alan türlerin gelip yerleşmesi için uygun hale gelmiş olacaktır (Kemer, 2022). Yangın sonrası toprak yapısının korunmasına yönelik yonga, dal vb. materyaller ile toprak örtülmektedir. Çünkü sonrasında hemen bir planlama çalışması başlatmak mümkün olmayacaktır (Akyürek, 2023). İstilacı türlerin alana yerleşmesi böylece engellenmiş olacaktır (Aşur, 2017). Ayrıca doğanın kendini yenileme potansiyeline de izin vermek gerekecektir. Bu noktada her türlü olasılık ve durumlar değerlendirilerek bütüncül yaklaşımlarla hareket edilmelidir. Sonraki dönemlerde yaşanabilecek yangınların etkilerini minimuma indirecek düzeyde alan planlamaları yapılmalıdır (Kemer, 2022).

Yangın sonrası planlamalarda aynı türün devam ettirilmesi yerine biyolojik çeşitliliğe sahip flora ve fauna zenginliğini sağlayan bütüncül bir yapı oluşturulması ekolojik dengenin ve tür çeşitliliğinin sağlanması yönünden önemlidir (Bellon vd. 2017). Bu noktada aynı tür ağaçtan oluşan orman alanlarının yangın sonrasında aynı şekilde devam ettirilmesine gerek olmadığı sonucu çıkarılmaktadır (Fidanboy vd., 2022; Huang, 2020). Yapılan birçok yangın sonrası planlamada aynı tür fidan dikimine dayalı pasif orman alanları, diğer bir ifadeyle orman tarlaları oluşturulmaktadır (Durgun ve Kılıç, 2021). Ancak bunun yerine çeşitliliği yüksek ve flora ve fauna oluşumuna dayalı orman alanları hedeflenmelidir. Yapılan yangın sonrası planlamalarda bu ekolojik çeşitlilik dikkate alınmalıdır (Hurteau vd., 2014). Yangın sırasında yapılanlar ve sonrasında yapılan işlemler ekolojik dengenin korunması ve devamlılık yönünden çok büyük öneme sahiptir. Özellikle Akdeniz iklimine sahip alanların planlamasında vejetasyonun kendi kendini yenileyebilme özelliğinin baskın olduğu ve bu bağlamda kendi haline bırakma şeklindeki stratejilerin uygulandığı bilinmektedir (Tüfekçioğlu vd. 2022). Ancak orman kalitesi ve ağaç türleri bağlamında koridorlar açılarak kademeli olarak yangından etkilenme durumlarına uygun ve müdahale etme durumu da dikkate alınarak yangın sonrası düzenlemeler önerilmektedir (Kemer, 2022). Yapılan planlamalarda yangına dayanıklı ağaç türleri seçilmelidir. Bu türler doğal yayılış göstermesi, hızlı büyümesi, yanmaya karşı dayanıklı olması ve rüzgar kesici özelliği ile dikim alanlarının planlamasında yangının ilerlemesini kontrol altında tutmaya imkan veren özelliği nedeniyle Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens*), kabuğunun kalın

yapıda olması ve yapılan çalışmalarda yangına dayanıklı olduğunun kontrol edilmesine dayanarak sahil sekoyası (*Sequoia sempervirens*), karaçam (*Pinus nigra*) gibi türler hayati dokuları zarar görmeden yangına dayanabilmektedir. Ayrıca bazı bitki türlerinde tohum yapısı sıcaklık etkisiyle ortaya çıkabilmektedir. Bu durum da yangın sonrası çimlenme ve yaşayan dokuların yeniden filizlenmesi ile doğal onarım sürecini başlatmaktadır. Toprakaltı uzuvları yaşayan türler de yangından sonra uygun ortam koşulları sağlandığında çimlenmeye başlamaktadır (Sabuncu ve Çalışkan, 2008; Güler, Kulaç ve Özyürek, 2020; Deniz ve Hiç, 2022). Bunun yanı sıra oluşturulacak orman alanların planlamasında da bu faktörler esas alınmalıdır.

Orman ekosistemlerinde toprak uzun yıllar boyunca bünyesinde tohum depolamaktadır. Toprağın bünyesinde yer alan ve uyku halinde bulunan tohumlar yangın nedeniyle toprak üstünde biriken yoğun sıcaklığa bağlı olarak tohumun kabuk yapısının su girişine aktif hale gelmesi ile meydana gelmektedir. Yangın sonrası yaşanan ilk yağışlarla birlikte çimlenme ve yeni sürgünlerin verilmesi eylemleri yaşanmaktadır (Tavşanoğlu, 2021). Yangın sonrasında aktif hale gelen tohum bankaları nedeniyle bitki örtüsünde çeşitlilik görülmektedir. Bazı ağaç türleri de tepe kısımlarında tohum depo ederek yangın sonrası devamlılığın sağlanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle çam türlerinde bu koruma sistemi yer almaktadır. Kozalağın dış yapısı tohumları yangından korumaktadır. Özellikle Akdeniz bölgesinde yaşanan yangınlardan sonra alanın doğal yapısında yangın öncesindeki türlerin tekrar görüldüğü gözlenmiştir. Bu noktada aynı ekosistemin devamlılığı da söz konusudur. (Tavşanoğlu, 2021). Kemer'in 2022 yılı çalışmasına göre Akdeniz Bölgesi ve içinde bulunduğu subtropik kuşak ormanları yangın ile evrimleşmiştir. Bu doğrultuda, orman yangınları ekolojik çeşitliliğin yaşanması ve kaybolan türlerin yeniden kazanılması yönünden bir noktada olumlu etki sunmaktadır. Ancak bu durum yıkıcı etkisini ortadan kaldırmamaktadır. Yangın sırasında ekosistem tarafından doğal olarak gelişen koruma eylemleri de yangın sonrası yeniden ormanlaşmanın yaşanmasını (progresif ilerleme) sağlamaktadır. Yangın sonrası yaşanan doğanın mevcut progresif ilerlemesinde izlenen ilerleme basamakları ele alındığında göç basamağı yerine göçle birlikte yangın koyularak birleşik olarak devam edildiği gözlenmektedir.

Yangın - Yangın sonrası çimlenme + Çimlenme - Ecesis (Yerleşme) – Rekabet – Klimaks şeklinde ilerleme gözlenmektedir. 2. defa yer alan çimlenme basamağı rüzgârla

ve hayvanlar aracılığıyla taşınan tohumların oluşturduğu çimlenmedir. Orman popülasyonlarının eski formlarına geri dönebilmeleri için belirli bir zaman geçmesi gerekmektedir. Yangın sonrası makilerin 5 ile 10 yıl içerisinde, kızılçamların ise 30 ile 40 yıl içerisinde eski yapılarına döndükleri gözlenmiştir (Tavşanoğlu, 2021). Literatüre bakıldığında ormanın yangın öncesi kapasitesine dönebilmesi için yaklaşık 100 ile 130 yıl arasında bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır (Başkent, 2022).

Yangın sonrası orman iyileşme durumu 3 aşamada gerçekleşmektedir. Başlangıçtaki ilk 3 yılda ot toplulukları meydana gelmektedir. Çeşitlilik bakımından zengin yapıya sahiptir. 2. aşamada çalı grupları yer almaktadır ve 4. yıldan itibaren alanda görülmektedir. 2. aşama 20. yıla kadar sürmektedir. Bu aşamanın sonucunda alan yangın öncesi konumuna ulaşmaktadır (Kavgacı ve Tavşanoğlu, 2010).

Kuraklık analizlerine göre, yangına bağlı olarak yaşanan alan tahribatının kuraklığın artmasına neden olduğu görülmektedir (Feng vd. 2014; Lemonkova ve Debeir Olivier, 2022). Bununla birlikte iklim değişikliği ile birleştiğinde çok farklı senaryolar oluşmaktadır (Kara ve Yereli 2022). Bunlardan birisi bitki örtüsündeki çeşitliliğin yok olması ve arazi tahribatına bağlı olarak kuraklık seviyelerinin artması ve toprak alanların genişlemesi ile erozyon gibi durumların meydana gelmesidir (Üstün vd. 2022). Bu noktada yangın sonrası planlamalarında toprak kayması ve erozyon gibi olayları önlemek amacıyla teraslamalar yapılmalı ve örtü doku oluşturularak toprağın korunması gerekmektedir (Turgut ve Tırnakçı 2020). Su tutma alanları ve akış kanalları oluşturulmalıdır (Pobescu vd. 2022). Böylece alandan toprak ve mineral madde kaybı önlenmektedir. İstilacı türlerin kontrol altında tutulmasına yönelik alanlar oluşturulmalıdır (Şimşek ve Durduran 2023). Otsu bitkilerden odunsu türlere, çalı gruplarına ait tohumlama ile çeşitli bitkilerin birlikte bulunduğu biyolojik çeşitliliğin sağlandığı ormanlık alanların oluşmasını sağlayan alanlar oluşturulmalıdır (Tüfekçioğlu vd. 2022).

Sıcaklık analizlerine dayalı olarak araştırma alanının bulunduğu bölgenin iklim özelliklerine göre sıcaklık değerleri belirli seviyelerde devam etmektedir. Çalışma alanının Akdeniz İklimine sahip olması ve iklim değişikliği ile küresel ısınmaya paralel olarak kurakçıl yapısı sıcaklık seviyesini normal değerlerin üzerine taşımaktadır (Diren Üstün, 2022 ve Üstün vd. 2022). Buna bağlı olarak Akdeniz Bölgesi'nde meydana gelen yangınların daha da büyüdüğü görülmektedir (Tüfekçioğlu vd.2022).

Antropojenik kaynaklı iklim değışikliğı nedeniyle sıcak hava dalgaları ve kuraklık gibi olayların artmasına bağılı olarak özellikle Akdeniz iklimine sahip bölgeler yangın riskinin yüksek olduğı bölgeler olarak tanımlanmıştır (Zacharakis ve Tsihrintzis, 2023). Bunun yanı sıra yangınla birlikte bitki örtüsünün alandan yok olması da sıcaklığın yangın sonrası yüksek seviyelerde olmasını açıklayan etmenler arasındadır (Tian, 2015, Şensoy 2017). Bu noktada sıcaklık ve yangın arasında iki yönlü bir etkileşim söz konusudur. İlk durum iklim değışimine bağılı olarak yağışların azalması sıcaklık değerlerini denge durumunun üstüne taşımakta ve bu durum yangına sebep olmaktadır (Arslan, 2019). İkincil durum yangın sonrası meydana gelen tahribat ve ormansızlaşma sıcaklık değerlerinin arttırmaktadır (Lindner, 2010; Sargıncı ve Beyazyüz, 2022). Ortaya çıkan analiz haritalarında dengeli bir sıcaklık durumu söz konusudur. Yangınla birlikte bu denge bozularak sıcaklık seviyesi artmıştır. Bununla birlikte zemin sıcaklığının artmasına bağılı olarak topraktaki organik maddeler ölmektedir (Şensoy vd. 2017). Bitki kökleri ve tohumlarda bu sıcaklıktan etkilenmektedir (Ar vd. 2022). Yangın sonrası toprak üstü yapıları yok olan bitkiler toprağın daha fazla ısınmasına sebep olmakta ve su dengesini bozmaktadır (Sabuncu ve Özener, 2019). Ormansızlaşma ile birlikte meydana gelen daha sıcak ve kuru hava alanı ile çölleşmenin artmasına bağılı olarak bitki örtüsü de yer değıştirmektedir (Rincon vd. 2023). Bu durum normal hava değerini bozarak karbon dengesini de etkilemektedir (Chakravarty, vd. 2012 ve Şensoy vd. 2017).

Yangının derecesine bağılı olarak alan tahribatı çok derin ve buna bağılı alan kayıpları veya yüzeysel yanma sonucunda bitki çeşitliliğinin artması şeklinde görölmektedir (Kocaman ve Durkaya, 2020). Bu noktada analiz verileri incelendiğinde yangına bağılı olarak arazi örtüsünün durumu karbon tutma potansiyeli ile doğrudan ilişkilidir (Nadeeshani vd. 2021).

Arazi tamamıyla tahrip olmuş olsa bile bütün analiz haritalarında belirli alansal sınıflamalar dışında karbon tutma potansiyeli söz konusudur. Arazinin tahribat derecesine bağılı olarak karbon tutma oranlarında değışim görölmektedir. Bu durum yangın şiddetinin yüzeysel olma ihtimaline ve tahribata bağılı olarak bitki örtüsünün yaşayan ve yaşamaya devam eden yangından etkilenmeyen uzuvları karbon depolamaya devam etmektedir sonucuna ulaşılmıştır (Başkent, 2022). Yangın sonrası boş kalan arazinin karbon tutma durumu yangın öncesine kıyasla çok düşük seviyelerde

kalmaktadır. Bu durum sera gazı etkisi ve sıcaklığın aşırı artmasına neden olmaktadır. Bu noktada atmosferdeki karbondioksit termal kızılötesi radyasyonu emerek kara yüzeyinin albedosundaki artışı etkilemektedir (Chakravarty, vd. 2012). Bu durum yangın sonrası alanlarında su stresinin azalmasının temel nedenini açıklamaktadır. Artan sıcaklık değerleri ve buna bağlı su stresi ve kuraklık durumları ile alansal değişimler sonucunda karbon tutma potansiyeli düşmektedir (Kavehei vd. 2018). İklim değişikliği ile karbon tutma potansiyeli arasında sera gazı salınımlarına bağlı olarak ormansızlaşma ile birlikte düşüşler meydana gelmektedir (Barron vd. 2016). Bu konuda yapılan planlamalarda gelecek senaryoları üzerinden çıkarımlar yapılmaktadır (Parisien vd. 2023). Sonuç olarak karbon tutma potansiyeli ile bitki örtüsü birbiriyle alansal sınıflandırma kategorisine bağlı olarak doğrudan ilişkilidir. Karbon tutma işlevi arazinin sınıfsal değişikliğine bağlı olmaksızın devam etmektedir. Sadece karbon tutma oranlarında alansal sınıflama kategorisi doğrultusunda değişim görülmektedir. Bu değişiklik karbon tutma oranının düşmesi şeklinde olup alansal büyüklüğe bağlı olarak hesaplama sonucuna yansımaktadır. Elde edilen sonuçlardan hareketle orman alanların planlanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar ekolojik kökenli olup bütüncül yaklaşımları kapsayan sürdürülebilir eylemlerden oluşmalıdır. Arazinin topografisi, biyoçeşitlilik, peyzaj kalitesi, doğal afetler, yangın faktörü, ekolojik ve beşeri eylemler, iklim değişimi, kuraklık, artan sıcaklıklar, karbon emisyonları ile sera gazı salınımlarına yönelik yaklaşımlar dikkate alınarak planlamalar yapılmalıdır.

Karbonun orman amenajman planlarına uyarlanması, alan verimliliğine bağlı olarak biyoçeşitliliğin artması, orman iyileştirme faaliyetleri ile doğrusal ilerlemektedir (Sargıncı ve Beyazyüz, 2022). Avrupa’da karbon depolamanın korunması ve ormanların karbon depolama miktarının arttırılmasına yönelik Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve anlaşmaya taraf ülkelerin sera gazı salınımlarını düşürmeyi hedefleyen Kyoto Protokolü yer almaktadır. Bu politikaların amacı karbon tutma potansiyeline artırmaya ek olarak küresel ısınmayı yavaşlatmak ve iklim değişikliğini azaltmaktır. Bu durum yeni orman alanları oluşturarak ve sürdürülebilir orman amenajman planlamalarıyla mümkün olmaktadır (Kırbaş ve Kucakulak, 2022; Mısır vd. 2019).

Buradan hareketle orman yangınları halihazırda doğada devam eden ekolojik değişim durumunun hızlanmasına ve beraberinde canlılık için tehlike oluşturan

olayların yaşanmasına ve yaşanacak olmasına sebep olmaktadır. Bu noktada yangını engellemeye yönelik ve yangın sırasında doğru eylem planlamalarıyla kaybın minimuma indirilmesi gerekmektedir. Yapılan planlamalar doğrultusunda orman alanlarının kullanımına ilişkin doğru çalışmaların yapılması gerekmektedir. Dünyada yapılmış çalışmalara bakıldığında Kanada ve Amerika gibi ülkelerde yangın faktörünün biyolojik çeşitliliği arttırdığı görülmektedir. Buna bağlı olarak kontrollü yangın çıkartılmakta ve mevcut yangınların tam bir müdahale olmaksızın kontrol altında tutulduğu görülmektedir (Baysal, Bilgili ve Başkent, 2016). Ancak sahip olduğu fauna ve flora toplulukları nedeniyle zengin bir biyoçeşitliliği ifade etmesi yönünden incelendiğinde yangın faktörünün yıkıcı etkisi daha baskın gelmektedir. Ayrıca yangın sonrası onarım durumu incelendiğinde toprağın yapısından hava kalitesine ve flora ve vejetasyonun eski formuna dönmesi için geçen sürecin ekolojik denge üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu görülmektedir (Güney, Mert ve Gülsoy, 2023). Bu olumsuz etkiler iklim değişikliği, kuraklık, orman parçalanması, erozyon gibi durumlardır (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018). Bu durumlara ek olarak yangın karbon tutma potansiyeli üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı ılıman kuşakta yer alan iğne yapraklı bir ormanın sağlık ve gençlik durumuna bağlı olmakla birlikte her yıl ortalama %1-5 oranında biyokütle artışı gösterdiği bilinmektedir. Biyokütle miktarının da yaklaşık yarısı karbondan oluşmaktadır. Dolayısıyla yıllık biyokütle artışının ortalama olarak %2,5 olduğu kabul edilirse, bölgede yangın öncesi karbon tutma potansiyeline ulaşılması yaklaşık 101 yıl alacaktır. Yapılan bu tez çalışmasının, yangının meydana getirdiği kayıpları ortaya koyarak, sorunla mücadelede uzaktan algılama tekniklerinin uygulanabilirliği ve ekosistem yönetimindeki katkısı ile ilgili çabalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Aktaş R., Öztürkci A., Tonyaloğlu Ersoy E.(2022). Kentsel alanlarda çoklu ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi: Didim / Aydın örneği, *ADÜ Ziraat Dergisi*, 19(2), 275 - 281.
- Akyol A ve Örucü Ö. K., (2019), İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kızılçık (*Cornus mas L.*) türünün odun dışı orman ürünleri kapsamında değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 224 - 233.
- Akyürek Ö., (2023). Türkiye’deki 2000 – 2021 Yılları arasındaki bitki örtüsü yangınlarının mekansal analizi, *Türk Uzaktan Algılama Ve CBS Dergisi*, 4(1), 33–46.
- Alkayış, M.H, Karşlıoğlu, A. ve Onur, M. İ., (2022). Muğla ili Menteşe bölgesi orman satıcısı risk potansiyeli haritası, *Geomatik*.
- Aragao M. A., Fiedler N.C., Ramalho A.H.C., Menezes R.A., vd. (2023). Risk of forest fires occurrence on a transition island Amazon Cerrado: where to act?, *Forest Ecology and Management*, 536, 120858.
- Ar B., Tuttu G., Gülçin D., vd. (2022). Response of an invasive plant species (*Cynanchum acutum L.*) to changing climate conditions and its impact on agricultural landscape, *Land Dergisi*, 31 Ağustos, 11, 1438.
- Arslan S. E., (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılımı modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia L.* örneği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20 (2), 142 - 148.
- Ashok A vd., (2021). Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based Landsat imagery, *Remote sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100547.
- Aşur F. (2017). Van kenti yakın çevresi kıyı alanı örneğinde sulak alanlar ve görsel peyzaj kalite değerlendirmesi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 506–515.
- Atak K ve Tonyaloğlu E., (2020). Alan kullanım / arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın İli Örneği, Araştırma makale, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21 (4), 489 - 497, 5.
- Atak K ve Tonyaloğlu E, (2019). Aydın ili örneğinde karbon depolama potansiyelinin mekansal ve zamansal analizi, Araştırma makalesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 778 – 786.

- Atak K ve Tonyaloğlu E, (2020). Evaluating spectral indices for estimating burned areas in the case of İzmir / Türkiye, *Eurasian Journal of Forest Science Magazine*, 8 (1), 63 – 73.
- Barron S vd. (2016). Urban forest indicators for planning and designing future forest. *Forests*, 7(9), 208.
- Başkent Z. E, (2022). Integrating carbon sequestration into forest management planning, *Journal of Architecture, Engineering and Fine Arts Magazine*, 4 (2), 324 – 342.
- Baysal İ. Bilgili E. & Başkent E. Z. (2016). Orman yangınları ve orman amenajman planları, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*.
- Bellon B vd. (2017). A Remote sensing approach for regional scale mapping of agricultural land use systems based on NDVI time series, *Remote Sensing*, 9 (6), 600.
- Bhattacharya, A., ve diğerleri (2019). Hindistan'ın tarım bölgelerindeki arazi yüzey sıcaklığı üzerinde sulamanın etkileri, *Tarım ve Orman Meteorolojisi*, 272, 48-57.
- Bowman D. M., Balch J., Artaxo P., Bond W. J., Cochrane M. A., D'Antonio C. M., & Swetnam T. W. (2009). *Fire in the earth system. Science*, 324(5926), 481-484.
- C. C. K. Van den Bosh and Gülçin D, (2021). Assessment of aboveground carbon storage by urban trees using Lidar data: The case of university campus, *Forest Magazine*, 12, 62, British Columbia University, Vancouver, Canada.
- Ceylan O. ve Gök G. (2017). Kavaklıdere Florası (Muğla/Türkiye), *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*.
- Chakravarty S vd. (2012). Deforestation: Causes effects and control strategies, *Global Perspectives on Sustainable Forest Management*, 17 - 28.
- Chen D., ve diğerleri (2019). Küresel bitki örtüsü eğilimleri ve bunların kara yüzey sıcaklığına etkisi, *İklim Bilimi Dergisi*, 34(2), 123-135.
- Chuvieco E & Congalton R. G., (1989). Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping1, *Remote Sensing of Environment*, 29 (2), 147 - 159.
- Chuvieco E., Giglio L., & Justice, C. (2010). Global characterization of fire activity: Toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 16(5), 1133–1140.
- Chuvieco E vd. (2008). Uzaktan algılama verilerini kullanarak Akdeniz Havzası'ndaki bitki örtüsü yangını etkilerinin değerlendirilmesi, *Küresel ve Gezegenel Değişim*.

- Çavuşoğlu M., Akay S. (2022). Akdeniz bölgesi 2021 yangınlarının bitki örtüsü üzerine etkileri ve NDVI analizleri, *Doğa ve Ekoloji Dergisi*, 13(1), 45-58.
- Çelik B. (2013). Yeryüzü sıcaklıklarının uzaktan algılama tekniği ile belirlenmesi, tek - kanal yöntemleri, *yüksek lisans tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.
- Çolak E ve Sunar F, (2018). Yüzey sıcaklığı ve spektral yanma indekslerinin orman yangını analizinde kullanımı, 7. Uzaktan Algılama – CBS Sempozyumu Bildirisi, 18- 21 Eylül 2018, Eskişehir.
- Çömert R ve diğerleri, (2017). Nesne tabanlı sınıflandırma ile yanmış orman alanlarının tespiti, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 27 - 34.
- Dash J., Carr, A. S., & Atkinson P. M., (2016). Remote sensing applications for forest fire management in Africa. *Forest Ecology and Management*, 361, 21–34.
- Değermenci A. S ve Zengin Hayati, (2023), Determination of carbon storage amounts in above ground biomass using NDVI based on land use land cover classes in Bolu, Research article, *Artvin Çoruh University Journal of Forestry Faculty*, 24 (1), 64 – 74.
- Deniz B. & Gülçin D., (2020). Remote sensing and gis based forest fire risk zone mapping: The case of Manisa, Türkiye, Research article, *Turkish Journal of Foestry Magazine*, 21 (1), 15 – 24.
- Deniz M. & Hiç Ö., (2022). İklim değişikliği ve tarımın değişen yüzü, artan riskler, tarımdaki daralmalar ve orman yangınları sonrası politika önerileri, *Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 12 – 22.
- Díaz, J. vd., (2020). Orman Yangınları ve Ekosistemler Üzerindeki Etkileri, *Küresel Ekoloji ve Biyoçeşitlilik*.
- Diren Üstün D. (2022). İstanbul’da şehir ısı adası ve kentsel gelişim senaryolarına bağlı değişimi, *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 55-68.
- Doxaran, D., Froidefond J. M., & Castaing, P. (2002). A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23), 5079–5085.
- Durgun, B. ve Kılıç S. (2021). Türkiye’de Orman Yangınlarının Etkileri ve Yönetim Stratejileri. *Türkiye Orman Bilimleri Dergisi*.
- Durkaya B. ve diğerleri, (2019). Karbon stok değişiminin hesaplanması Çaycuma örneği, Ziraat ve Orman Araştırmaları Uluslararası Kongresi, *Bildiri kağıdı*, Marmaris Türkiye.

- Dutta D. ve Sethi V. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı araçlarla kuraklık ve su kıtlığının analizi. *Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetimi*.
- Eastman J. R vd. (2013). Global trends in seasonality of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI, 1982 - 2011, *Remote Sensing*, 5(10), 4799 - 4818.
- Epting J. & Verbyla D. (2005). Landscape-level interactions of prefire vegetation, burn severity, and postfire vegetation over a 16-year period in interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(6), 1367-1377.
- Eugenio F. C. ve diğerleri, (2016). GIS applied to location of fires detection towers in domain area of tropical forest, *Science of The Total Environment*, 562, 542 - 549.
- Eyi G ve Buğdaycı İ. (2024). Uzaktan algılama yöntemleri ile yangın şiddetinin tespiti: Yunanistan, Rodos Adası orman yangını örneği, *Geomatik Dergisi*, 9 (3), 348-360.
- Feng S. ve diğerleri (2014). "Tarımda kuraklık etkisi ve kırılganlık." *Çevresel Dünya Bilimleri*.
- Feyisa G. L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35.
- Fidanboy M., Adar N., Okyay S., (2022). Derin öğrenmeye dayalı orman yangını tahmin modeli geliştirilmesi ve Türkiye yangın risk haritasının oluşturulması, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9 (2), 206 – 218.
- Fox D. M ve diğerleri, (2016). Postfire: a model to map forest fire burn scar and estimate runoff and soil erosion risks, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 4, 83 - 91.
- Gandhi G. M. Vd., (2015). DVI: Vegetation change detection using remote sensing and GIS: A case study of Vellore District, *Procedia Computer Science*, 57, 1199–1210.
- Gao B.-C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266.
- García, M. J., & Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data. *Geocarto International*, 6(1), 31–37.
- Gitas IZ ve Koutsias N. (2004). Uzaktan Algılama Verilerini Kullanarak Yangın Etkisinin Değerlendirilmesi: Normalleştirilmiş Yanma Oranının Uygulamaları, *Uluslararası Uzaktan Algılama Dergisi*, 2

- Gizachew B. vd. (2016). Mapping and estimating the total living biomass and carbon inlow biomass woodlands using Landsat 8 CDR data, *Carbon Balance Manage*, 11(13).
- Gül A ve diğerleri, (2021). Kentsel yol ağaçları envanteri ve karbon tutma kapasitesinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Forest Science Dergisi*, 5 (2), 516 – 535.
- Gülçiçek A., Karakoç F. (2020). "Türkiye'deki orman yangınları ve NDVI ile izleme çalışmaları." *Türk Ormancılık Dergisi*, 15(2), 102-110.
- Gülçin D. (2020). Kentsel yeşil alan kalitesinin LİDAR nokta bulutu verileri kullanılarak haritalanması, *Türkiye LİDAR Dergisi*, 2(2), 23 – 33.
- Gülçin D. (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile peyzaj çeşitliliği ve karbon depolama potansiyeli arasındaki ilişkinin incelenmesi, *ADÜ Ziraat Dergisi*, 18(1), 89 – 96.
- Güler C., Kulaç Ş., Özyürek Ö., (2020). Türkiye’de yetişen sahil sekoyası (*Sequoia sempervirens* Lamb. Endl.) odunun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (3), 832 – 840.
- Güney C. O., Mert A. & Gülsoy S. (2023). Orman yangınları sonrası ekosistem tabanlı planlamaya doğru, yanma derinliğinin sınıflandırılması, *Afet ve Risk Dergisi*, 6 (1), 206 – 225.
- Hacı G. Y. vd., (2023). Relationship of LST, NDVI and NDBI using Landsat 8 data in Duhok city in 2019 - 2022.
- Huang S vd. (2020). A commentary review on the use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the era of popular remote sensing, *Journal of Foestry Research*, 32, 1–6.
- Hudak A. T., Rickert, I., Morgan, P. (2007). "Post-fire vegetation recovery monitoring using NDVI." *Remote Sensing of Environment*, 109(2), 174-184.
- Hunter JR. M. L, (1999). Maintining biodiversity in forest ecosystems, Book, Cambridge University, 3-22.
- Hurteau M. D., Koch G. W., & Hungate B. A. (2014). Carbon protection and fire risk reduction: Toward a full accounting of forest carbon offsets. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 357-361.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IEEE Jeoloji Bilimi ve Uzaktan Algılama İşlemleri*, 34(4), 892-905.

- Islam T., (2010). A new approach to flood detection and river delineation using Landsat images. *Journal of Hydrology*, 382(1), 1–9.
- Işık S. (2023). Tekstil sektöründe karbon ayak izi hesaplanması, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Yüksek lisans tezi.
- Jackson T. J., Chen D., Cosh M. H., Li F., Anderson M. C., Walthall C. L., Doriaswamy, P. C., & Hunt, E. R. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived Normalized Difference Water Index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 475–482.
- Jain S. ve Shah S. (2017). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak kuraklığın değerlendirilmesi. *Uluslararası Uzaktan Algılama Uygulamaları Dergisi*.
- Kandemir F. A. Ve Demir N, (2023). 2021 Turkey mega forest fires: biodiversity measurements of the IUCN Red List wildlife mammals in Sentinel 2 based burned areas, *Advances in Space Research*, 71 (7), 3060 - 3075.
- Kaptanoğlu A. S ve Namlı A. (2019). Orman yangının ve yangın sonrası boşaltma kesimlerinin toprak özelliklerine etkisi, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6 (1), 29 - 46.
- Kara K.Ö ve Yereli A.B., (2022). İklim değişikliğinin yönetimi ve tarım sektörü, *Afet ve Risk Dergisi*, 5 (1), 361–379.
- Karakoç F., (2019). Orman yangınları sonrası NDVI değişimleri üzerine bir inceleme, *Çevre Bilimleri Dergisi*, 7(3), 223-232.
- Kavehei E and outhers, (2018). Carbon sequestration potential for mitigating the carbon footprint of green stormwater infrastructure, *Renewable and Sustainable Energy Reviews Magazine*, 94, 1179 – 1191.
- Kavgacı A. & Tavşanoğlu Ç. (2010). Akdeniz tipi ekosistemlerde yangın sonrası vejetasyon dinamiği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 11 (2), 149 – 166.
- Kavzoğlu T vd. (2021). Marmara Denizi’ndeki müsilaj oluşumlarının çok zamanlı otik ve termal uydu görüntülerinden makine öğrenme algoritması ile tespiti ve analizi, *Harita Dergisi*, 166, 1 - 9.
- Kayam Y. vd. (2017). Bazı kuraklık indislerinin karşılaştırılması ve iklimsel analizler; Menemen örneği
- Keleş S. Başkent E.Z & Kadioğulları A.İ., (2009). Orman amenajman planlarının simülasyon tabanlı planlanması: kavramsal çerçeve, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2), 136 – 145.
- Kemer N., (2022). Orman yangınları ve sonrası: orman ekosistem restorasyonu, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 373 - 381.

- Kesgin Atak B, (2020), Analysing the relationship between land use / land cover and urban land surface temperature using regression tree in İzmir, *International Journal of Geography and Geography Educations* (IGGE), 41, 280 – 291.
- Kesgin Atak B ve Tonyaloğlu E., (2020). Alan kullanım / arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21 (4), 489-497.
- Key C.H. ve Benson, N.C., (2006). Manzara Değerlendirmesi (LA): Örneklem ve Analiz Yöntemleri, *Yangın İzleme El Kitabı*, 2
- Khaple A. K. vd. (2021). Vegetation biomass and carbon stocks assessment using geospatial approach.
- Kırbaş İ, Kucakulak T., (2022). Burdur ili karbon ayak izinin belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24 (70), 317 – 327.
- Kocaman M. ve Durkay B., (2020). Karbon depolama miktarlarının zamansal değişimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 591 - 603.
- Kshetri T. B. (2018). NDVI, NDBI and NDWI calculation using Landsat 7 and 8, *Geomatics for Sustainable Development*, 2.
- Kumar A., vd., (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak su kaynaklarının yönetimi, *Uluslararası Su Kaynakları Geliştirme Dergisi*.
- Lemenkova P. ve Debeir Olivier, R. (2022). Libraries for remote sensing data classification by K- means clustering and NDVI computation in Congo River Basin, DRC, *Appl. Sci*, 12 (24), 12554.
- Lindner M., (2010). Climate changes impacts, adaptive, capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *Forest Ecology and Management Magazine*, 259 (4), 698 - 709.
- Maki M., Ishihara M., & Tamura M., (2004). Estimation of leaf water status to monitor the risk of forest fires by using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 441–450.
- Mallinis G., Koutsias N. (2013). "Mapping Post-fire vegetation recovery using NDVI time series in a Mediterranean Region." *Applied Geography*, 34, 1-8.
- Manickam vd. (2014). Biomass calculation for carbon sequestration in forest ecosystem, *Journal of Energy and Chemical Engineering*, 2(1), 30 - 38.
- Martin R. S ile Otle C ile Sörensson A., (2023). Fires in South American Chao, from dry forest to wetlands: response to climate depends on land cover, *Association Fire Ecology*, 19 (57).

- McFeeters S. K., (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Melesse A. M., Weng Q., & Anagnostou E. N., (2007). Remote sensing for natural resources management and environmental monitoring. *Sensors*, 7(7), 1309–1331.
- Mısır N., Mısır M., Öztürk G., (2019). İklim değişikliği üzerine ormancılık uygulamalarının etkisi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*,
- Mishra V., & Singh, V., (2010). Kuraklık ve küresel tarıma etkisi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri*.
- Muğla Tabip Odası'nın büyüme raporu: Muğla Tabip Odası Raporu
- Myeong S. vd., (2006). A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 101, 277 - 282.
- Nadeeshani et al, (2021), Carbon footprint of green roofing: A case study from Sri Lanka construction industry, *Sustainability Magazine*, 13, 6745.
- Nearya D. G. ve diğerleri, (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis, *Forest Ecology and Management*, 122 (1-2), 51 - 71.
- Nemani R.R., vd., (1996). 1982'den 1999'a kadar küresel karasal net birincil üretimde iklim kaynaklı artışlar, *Bilim*
- Nguyen N. T. ve diğerleri, (2018). Spatial pattern assessment of tropical forest fire Danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS based advanced machine learning algorithms: A comparative study, *Ecological Informatics*, 46, 74 – 85.
- NOAA (2023). 2023'te İklimin Durumu. Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi.
- Orhan O. (2014), Konya kapalı havzasında uzaktan algılama ve cbs teknolojileri ile iklim değişikliği ve kuraklık analizi, yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye.
- Ovejero R. J. vd. (2023). Estimation of aboveground biomass and carbon stocks of *Quercus ilex* L. saplings using UAV derived RGB imagery, *Annals of Forest Science*, 80(44).
- Örücü Ö. K., (2019). Phoenix theophrasti Gr'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20 (3), 274-283.
- Özcan A. U. ve diğerleri, (2022). Assessment of the morphological Pattern of the lebanon cedar under changing climate: The Mediterranean Case, *Land Magazine*, 11, (802).

- Özdemir S. B. Demir N., (2022). 2019 İzmir Karabağlar ilçesi orman yangın alanının uydu görüntüleri ile analizi, *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 3(1), 20-33.
- Özdemir S. ve arkadaşları, (2020). An ecological perspective on climate change scenarios, *Biological Diversity and Conservation Magazine*, 13 (3), 367-371.
- Öztürk D. ve Uzun S. (2023). Yeşilırmak Deltası'nda kıyı erezyonunun doğrusal regresyon oranı yöntemiyle analizi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 28(3), 847 - 866.
- Özvan H. vd., (2023). Alansal değişimin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknikleri kullanılarak belirlenmesi, Karataş Gölü ve çevresi örneği, *Peyzaj, Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 5(1), 30-39.
- Page Y. L. vd. (2008). Global fire activity patterns (1996 - 2006) and climatic influence; an analysis using the world fire atlas, *Atmospheric Chemistry & Physics*, 8, 1911 - 1924.
- Pan Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Hayes D., (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- Parisien M.A. vd., (2023). Abrupt, climate induced increase in wildfires in British Columbia since the mid 2000's. *Communications Earth & Environment*, 4, 309.
- Pettorelli N., (2013). *The Normalized Difference Vegetation Index*. Oxford University Press.
- Pettorelli N., Vik, J. O., Mysterud A., Gaillard J. M., Tucker C. J., & Stenseth N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510.
- Piao S., ve diğerleri (2006). Kuzey Yarımküre'de iklim kaynaklı yeşillenme eğilimi, *Nature*, 444(7121), 857-860.
- Polat N., (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (1), 10 - 15.
- Pearce D. W., (2002). The economic value of forest ecosystems, *Wiley*, 7(4), 284 – 296.
- Perry A. D, Oren R, Hart C. S, (2008). Forest ecosystems, book, 50.
- Pravaile R., (2018). Major perturbations in the Earth's forest ecosystems, possible implications for global warming, *Earth Science Reviews Magazine* 185, 544-571.

- Rincon V. Ve arkadaşları, (2023). Mapping priority areas for connectivity of yellow winged darter (*Sympetrum flaveolum*, Linnaeus 1758) under climate change, *Land Magazine*, 12, 2998.
- Rosado R. M. G. vd., (2019). Mapping the LST (Land Surface Temperature) with satellite information and software arcgis, *6th International Conference on Advanced Engineering and Thecnology (ICAET)*.
- Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., & Deering D. W., (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 1, 309-317.
- Roy B ve Bari E., (2022). Examining the relationship between land surface temperature and landscape features using spectral indices with Google Earth Engine, *Heliyon*, 8.
- Russo A. vd. (2014). Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem services Management*, 10(1), 54 - 70.
- Sabuncu A ve Özener H., (2019). Uzaktan algılama teknikleri ile yanmış alanların tespiti: İzmir Seferihisar orman yangını örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5 (2), 317 – 326.
- Sabuncu R. & Çalışkan S., (2008). Akdeniz servisinin (*Cupressus sempervirens* L.) ekolojisi ve silvikültürü, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 58 (1), 53 – 72.
- Saleem I., Mugloo J.A., Pala A. N. vd., (2023). Biomass production, carbon stock and sequestration potential of prominent agroforestry systems in north western Himalaya, India, *Forest and Global Change*.
- Sargıncı M. ve Beyazyüz F., (2022). İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisi, İklim akılcı ormancılık bakış açısı, Derleme makale, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8 (2), 142 – 149.
- Shah S., vd., (2019). Kuraklığın su temin sistemleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. *Hidroloji Dergisi*.
- Smith A. M. S. (2007). Vegetation recovery following fire: Validation of NDWI for MODIS monitoring. *Ecological Applications*, 17(3), 836–848.
- Smith M.S. ve diğerleri, (2005). Testing the potential of multi spectral remote sensing for retrospectively estimating fire severity in African Savannahs, *Remote Sensing of Environment*, 97 (1), 92 - 115.

- Stern K. ve Roche L., (1974). Genetics of forest ecosystems, *book*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 3-54.
- Stewart I., ve diğlerleri (2021). Kuraklığın tarım ve su kaynakları üzerindeki ekonomik etkileri. *Tarımsal Sistemler*.
- Szpakowski M. D., Jensen LR. J., (2019). A review of applications of remote sensing in fire ecology, *Remote Sensing Magazine*, 11 (22), 2638.
- Şahin E. vd., (2020). Türkiye'de Kuraklık ve Su Kıtılığı: 2000-2020 Analizi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*.
- Şensoy S. vd., (2017). Antalya yüzey ısı adası özelliklerinin uydu verileri ile analizi, 3. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Antalya, Türkiye.
- Şimşek F.F. ve Durduran S.S., (2023). Land Cover Classification Using Land Parcel Identification System (LPIS) Data And Open Source Eo Learn Library, *Geocarto International*, 38(1), 1–18.
- Tatem, AJ, vd. (2001). Karmaşık ekosistemlerde yanmış alanların değerlendirilmesi için uzaktan algılama verilerinin kullanımı, *Uluslararası Uzaktan Algılama Dergisi*, 22(5), 1025-1037.
- Tavşanoğlu Ç., (2021). Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanlarının yangın sonrası doğal onarımı ve ormanların geleceği için öneriler, *Orman ve Av Dergisi*.
- Terrer C. vd., (2021). A trade of between plant and soil carbon storage under elevated Co₂, 591.
- Thomas W. J. ve diğlerleri, (1993). Forest ecosystem management: an ecological, economic, and social assessment, *Book*.
- Thuong T. V. vd., (2017). The temporal variation of drought indices in times of climate change in Tien Giang province, *Disaster Advances*, 10(6).
- Tian F vd., (2015). Evaluating Temporal Consistency of Long Term Global NDVI Datasets For Trend Analysis, *Rem. Sen. of Envir*, 163, 326–340.
- Turan Z., Bayraktar, M., & Kaplan, G. (2019). Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde NDWI kullanılarak orman yangınlarının izlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 89–101.
- Turgut H. ve Tırnakçı A., (2020). Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Analizi Hatıla Vadisi Milli Parkı Örneği, *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi* 51 (1), 8–20.
- Tüfekçioğlu A. & Tüfekçioğlu M., (2018). Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1), 103 – 108.

- Tüfekçioğlu İ. ve diğerleri, (2022). Akdeniz iklim bölgesindeki alt yükselti orman ve çalılıklarında yangın sonrası hızlı ekolojik değerlendirme ile restorasyon önerilerinin geliştirilmesi: Datça Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi örneği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 23 (3), 163 - 177.
- Türkay M., (2018). Karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun (karbon ayak izinin) hesaplanması Eskişehir ili örneği, Yüksek lisans tez çalışması, Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye.
- Uçar Z. (2024). Spatial temporal analysis of carbon storage in urban areas after wildfires: The case of Marmaris Fire, *Eur j. Forest Eng* 10 (1), 43 - 53.
- Üstün D.D. vd. (2022). İstanbul'da şehir ısı adası ve kentsel gelişim senaryolarına bağlı değişimi, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 55–68.
- Wan Z. & Dozier J. (1996). A generalized split window algorithm for retrieving land surface temperature from space, *IEEE Jeoloji Bilimi ve Uzaktan Algılama İşlemleri*, 34 (4).
- Waring H. R. ve Running W. S., (2007). Forest ecosystems analysis at multiplescales, Book, 3.
- White J.D. ve diğerleri, (1996). Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery, *International Journal of Wildland Fire* 6 (3), 125 – 136.
- Wooster M.J., Zhukov B., Oertel D., (2003). Fire radiative energy for quantitative study of biomass burning: derivation from the BIRD experimental satellite and comparison to MODIS fire product, *Remote Sensing of Environment*, 86 (1), 83 – 107.
- Xu H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- Vashum K.T. & Jayakumar S. (2012). Methods to estimate above ground biomass and carbon stock in natural forests a review, *Ecosystem & Ecography*, 2(4).
- Varol Ö. & Aytepe, H.A (2022). Kavak Dağı Florası (Milas-Muğla), *Türkiye Orman Bilimleri Dergisi*.
- Vega N.A.M. ve diğerleri, (2020). Predicting forest fire kernel density at multiple scales with geographically weighted regression in Mexico, *Science of The Total Environment*, 718, 137313.
- Vicente-Serrano, S.M. ve diğerleri (2020). Kuraklık etkilerinin izlenmesinde bitki örtüsünün ve yağışın rolü. *Çevresel Araştırma Mektupları*.

- Voogt J.A. ve Oke T.R. (2003). Kentsel iklimlerin termal uzaktan algılanması, *Çevrenin Uzaktan Algılanması*, 86(3).
- Yang J., He, C., Shishkov, I., & Clarke, K., (2017). Effects of large wildfire disturbance on vegetation recovery, multi-year drought resistance and resilience across varying ecosystems in the United States. *Remote Sensing*, 9(7), 692.
- Yıldız K., Özdemir A., & Doğan U., (2021). Assessment of forest fire impact on vegetation with multispectral indices in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(5), 299.
- Yılmaz A. ve Demir S. (2021). Kuraklık Riskinin Tarımsal Üretime Etkisi, *Su ve Çevre Bilimleri Dergisi*.
- Yılmaz B. vd., (2022). Yanmış alanların sentinel 2 MSI ve Landsat 8 OLI ile tespiti ve analizi: Çanakkale /Gelibolu orman yangını, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8 (1), 76-86.
- Yılmaz M. ve Dengiz O. (2021). Küresel Isınmanın Türkiye Orman Ekosistemlerine Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* .
- Yılmaz E., (2020). Türkiye’de Thornthwaite iklim indislerindeki eğilimler, Araştırma makalesi, *Coğrafya Dergisi*, 40.
- Yılmaz M. U., (2023). Keşif kuraklık indeksi ve standartlaştırılmış yağış indeksi kullanılarak Kırklareli İlinde kuraklığın eğilimi ve zamansal değişkenliği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 341 - 364.
- Yurteri C. ve Kurttaş T., (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi, *GÜFBED / GUSTIJ*, 11 (4), 1115 - 1128.
- Zacharakis I. ve Tsihrantzis V., A., (2023). Integrated wildfire Danger models and factors: a review, *Since of the Total Environment*, 899, 165704.
- Zhang H., ve diğerleri, (2017). Uzaktan algılama kullanılarak tarımsal kuraklığın izlenmesi. *Uzaktan Algılama*.
- Zhao F., vd., (2019). Çin'deki kuraklığın ekolojik ve çevresel etkileri. *Çevre Kirliliği*.

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO:<https://orcid.org/0000-0003-1589-9699>

Ad Soyad : Kübra GÜNBEY

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2015 / 2019, Lisans Eğitimi – Peyzaj Mimarlığı
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
- 2023 / - Etnobotani program direktörü
Phoenix Arkeoloji Projesi
- 2023 / 2024 Eğitimlik
Eskişehir Odunpazarı Halk Eğitim Merkezi
- 2022 / 2024 Öğrenci asistanlık
Eskişehir Teknik Üniversitesi
- 2021 / 2022, Proje İletişim Koordinatörü
Can Mimarlık Yapı ve Taahhüt, Eskişehir
- 2019 / 2021, Grafik tasarım
Çetemenler Grup, Eskişehir

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Günbey K, Böcük H. (2024). Analysis of Landscape Structure Changes in Marmara Lake and Its Surrounding Area Using Remote Sensing Data, Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma Dergisi,
- Günbey K, Böcük H. (2024). A Remote Sensing Approach of Land and Water Content Change Between 2014 and 2024 to the Porsuk Dam and Its Near Surroundings, Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi – C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji
- Günbey, K. (2023). Antik peyzajlarda bitki örtüsü ile kültür ve medeniyet etkileşimi: Bozburun Yarımadası, Phoenix Antik Kenti. Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi, 7 (2), 103 - 116.

Kongreler

- 2024, Kongre, 6. Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Kongresi, Online
- 2024, Kongre, IFLA, 60th International Landscape Architecture World Congress, İstanbul, Türkiye
- 2023, Kongre, 5. Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Kongresi, Online

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- Phoenix Arkeoloji Projesi / ekip üyesi 2023 / -

