

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE’DE RAMSAR ALANI İLAN EDİLEN SULAK
ALANLARDAKİ ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN UZAKTAN
ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLER YARDIMIYLA TAKİBİ

ASUDE NİHAL GÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. İSMAİL ÇÖLKESEN

TEMMUZ 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE’DE RAMSAR ALANI İLAN EDİLEN SULAK
ALANLARDAKİ ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN UZAKTAN
ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLER YARDIMIYLA TAKİBİ

ASUDE NİHAL GÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ
PROGRAMI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. İSMAİL ÇÖLKESEN

TEMMUZ 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**MONITORING TEMPORAL CHANGES IN WETLANDS
DESIGNATED AS RAMSAR SITES IN TURKEY USING
REMOTELY SENSED IMAGES**

ASUDE NIHAL GUNES

MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
GEODESY AND GEOGRAPHICAL INFORMATION
TECHNOLOGIES PROGRAM

ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. ISMAIL COLKESEN

JULY 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 01/07/2024 tarih ve 2024/33 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 03/07/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Asude Nihal GÜNEŞ'in tez çalışması Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN

ÜYE

: Prof. Dr. Umut GÜNEŞ SEFERCİK

ÜYE

: PROF. DR. Eray CAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun
.../.../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Dünya genelinde canlı hayatının sürdürülebilmesi açısından en kritik doğal kaynaklar arasında su ve sulak alanlar yer almaktadır. Sulak alanların bir unsuru olan göller, ekosistemin dengelenmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye coğrafi konumu ve iklim çeşitliliği nedeniyle sulak alanlar açısından zengin bir ülkedir. Bu çeşitlilik, farklı sulak alan ekosistemlerinin oluşmasına olanak tanımaktadır. Bu özellikleri, ekosistemlerin çeşitlenmesi ve doğal yaşamın korunması için kritik bir rol oynamaktadır. Dünyadaki tüm sulak alanlarda olduğu gibi, son yıllarda iklim değişikliği, nüfus artışı ve antropojenik faaliyetler nedeniyle sulak alanlarda önemli değişimler gözlemlenmekte ve zararlı alg oluşumları gibi mevcut su kaynaklarının kalitesini olumsuz yönde etkileyen çevresel problemler ortaya çıkmaktadır. Sınırlı doğal kaynaklar arasında bulunan sulak alanların izlenmesi ve zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin tespiti sürdürülebilir çevre ve doğal kaynak yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Uzaktan algılama teknolojileri, küresel ve yerel ölçekte su kaynaklarındaki hızlı değişimlerin izlenmesinde sağladığı avantajlar nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, su kaynaklarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesi ve su kirliliğinin tespit edilmesiyle birlikte gerekli önlemlerin alınması aşamasında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, Ramsar sözleşmesinde yer alan ve tektonik göl özelliği gösteren Burdur Gölü, Kuyucuk Gölü, Manyas Gölü, Seyfe Gölü ve Uluabat Gölü özelinde zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. GEE platformu üzerinden Sentinel-2 görüntüleri ile NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ve WI spektral indeksleri kullanılarak analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte göller yöresinde yer alan Burdur, Eğirdir ve Acı Göl özelinde su kalitesini etkileyen alg oluşumlarının zamansal olarak izlenmesi ve tespiti noktasında AFAI, NDAVI ve NDTI indekslerinin kullanımı ele alınmıştır. 2016-2023 yılları arasında tektonik göllerdeki değişim analiz edildiğinde, en fazla değişimin Kuyucuk Gölü'nde yaşandığı ve gölün günümüzde tamamen kuruduğu tespit edilmiştir. %1,42 ile en az değişim yaşanan Manyas Gölü'nü, %7,51 ile Uluabat Gölü takip etmektedir. Burdur Gölü ve Seyfe Gölü'nde de durum aynı olmakla beraber su yüzeyindeki alan kayıpları ciddi seviyede seyretmektedir. Su yüzey alanındaki değişimlerde mevsimsel etkilerin sonuçları da ele alınmıştır. Her mevsim için su yüzey alanındaki toplam azalma, mevsimsel değişimlerin su kaynakları üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Çalışma boyunca kullanılan indekslerin genel bir değerlendirmesi, göllerin coğrafi özellikleri ve çevresel koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Zamansal değişim analizleri neticesinde Acı Göl'de 2019, 2021 ve 2023 yıllarında alg oluşumu gözlemlenmiştir. Burdur Gölü'nde 2017, 2021 ve 2022 yıllarında yoğun yüzen alg oluşumlarının varlığı tespit edilmiştir. Acı Göl ve Burdur Gölü'nde Mayıs-Ağustos aylarında daha belirgin alg varlığı olduğu belirlenmiştir. Eğirdir Gölü'nde ise 2020, 2021 ve 2023 yılları arasında sürekli alg varlığı görülmüş, özellikle Mayıs ve Eylül aylarında yüzen alg olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alg, Google Earth Engine, Sulak Alan, Uzaktan Algılama, Zamansal Değişim

ABSTRACT

Water and wetlands are among the most critical natural resources for ensuring the continuity of living life worldwide. Lakes, part of wetlands, are vital in regulating the ecosystem and preserving the diversity of living things. Turkey has a wide variety of wetlands due to its geographical location, topographic structure and climate diversity. These features play a critical role in the diversification of ecosystems and the protection of natural life. As in all wetlands in the world, significant changes have been observed in wetlands in recent years due to climate change, population growth and, anthropogenic activities, and environmental problems such as harmful algae formations that negatively affect the quality of existing water resources have emerged. Monitoring wetlands, which are among limited natural resources, and detecting changes over time is essential for a sustainable environment and natural resource management. Remote sensing technologies are widely used due to the advantages they provide in monitoring rapid changes in water resources on a global and local scale. In addition, it provides significant advantages in determining temporal changes in water resources, detecting water pollution, and taking necessary precautions. This thesis aimed to determine the changes that occurred over time in the Burdur, Kuyucuk, Manyas, Seyfe and Uluabat lakes, which are included in the Ramsar convention and constitute the essential tectonic lakes of our country. It is aimed to analyze Sentinel-2 images via the GEE platform using NDWI, MNDWI, AWEIsh and WI spectral indices. In addition, the use of AFAI, NDAVI and NDTI indices in the temporal monitoring and detection of algae formations affecting water quality, specifically in Burdur, Eğirdir and Acı Lake in the lake region, is discussed. When the change in tectonic lakes was analyzed between 2016 and 2023, it was determined that the most change was experienced in Kuyucuk Lake, which is completely dry today. Lake Manyas experienced the slightest change, with 1.42%, followed by Uluabat Lake with 7.51%. Although the situation is the same in Burdur Lake and Seyfe Lake, area losses on the water surface are severe. The consequences of seasonal effects on changes in water surface area are also discussed. The total decrease in water surface area for each season reveals the impact of seasonal changes on water resources. A general evaluation of the indices used throughout the study varies depending on the lakes' geographical characteristics and environmental conditions. As a result of temporal change analyses, algae formation was observed in Acıgöl in 2019, 2021 and 2023. Dense floating algae formations were detected in Burdur Lake in 2017, 2021 and 2022. It was determined that there was a more pronounced algae presence in Acı Lake and Burdur Lake in May-August. In Lake Eğirdir, algae was continuously present between 2020, 2021 and 2023, especially in May and September.

Keywords: Algae, Google Earth Engine, Wetland, Remote Sensing, Temporal Change

TEŞEKKÜR

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca bana her türlü desteği gösteren, bitirme tez konusu belirlemede, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve diğer her aşamasında değerli bilgilerini ve tecrübelerini, yardımlarını esirgemeyen değerli tez danışmanım Doç. Dr. İsmail ÇÖLKESEN'e,

Eğitimim boyunca beni birikimleri ve emekleriyle aydınlatan Gebze Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünün değerli hocalarına,

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve desteklerini aldığım Arş. Gör. Osman Yavuz ALTUNTAŞ'a,

Ayrıca eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan sevgili aileme,

Son olarak, bana her alanda desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan Mücahit ERDEM'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR/ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	3
1.2. Materyal ve Metodoloji	4
1.2.1. Materyal	4
1.2.2. Metodoloji	7
1.3. Literatür Taraması	10
2. GENEL TANIMLAR	18
2.1. Sulak Alan ve Önemi	18
2.2. Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Sulak Alanlarda Kullanımı	25
3. ÇALIŞMA ALANLARI VE VERİ SETİ	28
3.1. Çalışma Alanları	28
3.1.1. Acı Göl	28
3.1.2. Burdur Gölü	29
3.1.3. Eğirdir Gölü	30
3.1.4. Kuyucuk Gölü	31
3.1.5. Manyas Gölü	32
3.1.6. Seyfe Gölü	33
3.1.7. Uluabat Gölü	34
3.2. Veri Seti	35
4. UYGULAMA	41
4.1. Göl Alanlarındaki Değişimlerin Zamansal Olarak İzlenmesi	41
4.1.1. Burdur Gölü	41
4.1.2. Kuyucuk Gölü	52
4.1.3. Manyas Gölü	62
4.1.4. Seyfe Gölü	72
4.1.5. Uluabat Gölü	82
4.2. Göl Alanlarındaki Alg Oluşumlarının Zamansal Olarak İzlenmesi	91
4.2.1. Acı Göl	91
4.2.2. Burdur Gölü	94
4.2.3. Eğirdir Gölü	97
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	101
5.1. Burdur Gölü	101
5.2. Kuyucuk Gölü	103
5.3. Manyas Gölü	105
5.4. Seyfe Gölü	106
5.5. Uluabat Gölü	108

5.6. Acı Göl	110
5.7. Eğirdir Gölü	111
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	123
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR	124
EKLER	125

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AFAI	: Düzeltilmiş Yüzen Alg İndeksi
AMEI	: Otomatik Müsilaj Çıkarma İndeksi
API	: Uygulama Programlama Arayüzü
AWEI	: Otomatik Su Çıkarma İndeksi
DSİ	: Devlet Su İşleri
DVM	: Destek Vektör Makinesi
EPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
ETM	: Geliştirilmiş Tematik Harita
FAI	: Yüzen Alg İndeksi
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GD	: Genel Doğruluk
GE	: Google Earth
GEE	: Google Earth Engine
HAB	: Zararlı Alg
IDE	: Entegre Geliştirme Ortamı
km ²	: Kilometrekare
LDAC	: Doğrusal Diskriminant Analizi Sınıflandırması
LSTM	: Uzun Kısa Süreli Bellek Ağı
MNDWI	: Modifiye Normalize Fark Su İndeksi
MSS	: Çoklu Spektral Tarayıcı
NDAVI	: Normalize Fark Sucul Bitki Örtüsü İndeksi
NDTI	: Normalize Fark Bulanıklık İndeksi
NDVI	: Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi
NDWI	: Normalize Fark Su İndeksi
NNDWI	: Yeni Normalize Fark Su İndeksi
OLI	: Operasyonel Arazi Görüntüleyici
RCS	: Ramsar Sözleşmesi Sekreteryası
RMSE	: Kök Ortalama Kare Hatası
RO	: Rastgele Orman
SABI	: Yüzey Alg Çoğalması İndeksi
SAVI	: Toprak- Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TBA	: Temel Bileşen Analizi
TM	: Tematik Harita
UA	: Uzaktan Algılama
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu
USGS	: Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması
XGBoost	: Aşırı Gradyan Arttırma
WI	: Su İndeksi
WRI	: Su Oranı İndeksi
WWF	: Dünya Çapında Fon

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1:	GEE kod düzenleyicisi bileşenlerinin şeması. 5
Şekil 1.2:	Tez çalışmasında yürütülen işlemler ve akış şeması. 10
Şekil 2.1:	Türkiye'deki Ramsar alanları. 22
Şekil 2.2:	Uzaktan algılama çalışmalarının aşamaları. 26
Şekil 3.1:	Acı Göl'e ait Google Earth görüntüsü. 28
Şekil 3.2:	Burdur Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 29
Şekil 3.3:	Eğirdir Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 30
Şekil 3.4:	Kuyucuk Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 31
Şekil 3.5:	Manyas Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 32
Şekil 3.6:	Seyfe Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 33
Şekil 3.7:	Uluabat Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü. 34
Şekil 3.8:	Burdur Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı. 36
Şekil 3.9:	Burdur Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı. 36
Şekil 3.10:	Kuyucuk Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı. 37
Şekil 3.11:	Kuyucuk Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı. 37
Şekil 3.12:	Manyas Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı. 38
Şekil 3.13:	Manyas Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı. 38
Şekil 3.14:	Seyfe Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı. 39
Şekil 3.15:	Seyfe Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı. 39
Şekil 3.16:	Uluabat Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı. 40
Şekil 3.17:	Uluabat Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı. 40
Şekil 4.1:	Burdur Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası. 42
Şekil 4.2:	Burdur Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği. 43
Şekil 4.3:	Burdur Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. 44
Şekil 4.4:	Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası. 45
Şekil 4.5:	Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği. 46
Şekil 4.6:	Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. 46
Şekil 4.7:	Burdur Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası. 47
Şekil 4.8:	Burdur Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği. 48
Şekil 4.9:	Burdur Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. 49
Şekil 4.10:	Burdur Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası. 50

Şekil 4.11:	Burdur Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	51
Şekil 4.12:	Burdur Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	51
Şekil 4.13:	Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	52
Şekil 4.14:	Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	53
Şekil 4.15:	Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	54
Şekil 4.16:	Kuyucuk Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	55
Şekil 4.17:	Kuyucuk Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	56
Şekil 4.18:	Kuyucuk Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	56
Şekil 4.19:	Kuyucuk Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	57
Şekil 4.20:	Kuyucuk Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	58
Şekil 4.21:	Kuyucuk Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	59
Şekil 4.22:	Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	60
Şekil 4.23:	Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	61
Şekil 4.24:	Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	61
Şekil 4.25:	Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	62
Şekil 4.26:	Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	63
Şekil 4.27:	Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	64
Şekil 4.28:	Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	65
Şekil 4.29:	Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	66
Şekil 4.30:	Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	66
Şekil 4.31:	Manyas Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	67
Şekil 4.32:	Manyas Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	68
Şekil 4.33:	Manyas Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	69
Şekil 4.34:	Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	70
Şekil 4.35:	Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	71

Şekil 4.36:	Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	71
Şekil 4.37:	Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	72
Şekil 4.38:	Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	73
Şekil 4.39:	Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	74
Şekil 4.40:	Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	75
Şekil 4.41:	Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	76
Şekil 4.42:	Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	76
Şekil 4.43:	Seyfe Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	77
Şekil 4.44:	Seyfe Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	78
Şekil 4.45:	Seyfe Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	79
Şekil 4.46:	Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	80
Şekil 4.47:	Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	81
Şekil 4.48:	Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	81
Şekil 4.49:	Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	82
Şekil 4.50:	Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	83
Şekil 4.51:	Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	84
Şekil 4.52:	Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	85
Şekil 4.53:	Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	86
Şekil 4.54:	Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	86
Şekil 4.55:	Uluabat Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	87
Şekil 4.56:	Uluabat Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	88
Şekil 4.57:	Uluabat Gölü'nün AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	89
Şekil 4.58:	Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.	90
Şekil 4.59:	Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.	91
Şekil 4.60:	Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası.	91

Şekil 4.61:	Acı Göl’e ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.	92
Şekil 4.62:	Acı Göl’e ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.	93
Şekil 4.63:	Acı Göl’e ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.	94
Şekil 4.64:	Burdur Gölü’ne ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.	95
Şekil 4.65:	Burdur Gölü’ne ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.	96
Şekil 4.66:	Burdur Gölü’ne ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.	97
Şekil 4.67:	Eğirdir Gölü’ne ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.	98
Şekil 4.68:	Eğirdir Gölü’ne ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.	99
Şekil 4.69:	Eğirdir Gölü’ne ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.	100
Şekil 5.1:	Burdur Gölü’ne ilişkin üretilen alg haritaları.	103
Şekil 5.2:	Acı Göl’e ilişkin üretilen alg haritaları.	111
Şekil 5.3:	Eğirdir Gölü’ne ilişkin üretilen alg haritaları.	112

TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1: Çalışma alanlarını oluşturan Ramsar alanları ve tescil tarihleri.	2
Tablo 1.2: Sentinel-2A uydusuna ait spektral bilgiler.	6
Tablo 1.3: Çalışmada kullanılan indeksler.	7
Tablo 2.1: Sulak alanların sağladığı ekosistem hizmetleri.	20
Tablo 2.2: Türkiye'nin Ramsar alanları ve tescil tarihleri.	22
Tablo 2.3: Oluşumlarına göre göllerin sınıflandırılması.	24
Tablo 4.1: Burdur Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	42
Tablo 4.2: Burdur Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	43
Tablo 4.3: Burdur Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	44
Tablo 4.4: Burdur Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	45
Tablo 4.5: Burdur Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	47
Tablo 4.6: Burdur Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	48
Tablo 4.7: Burdur Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	49
Tablo 4.8: Burdur Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	50
Tablo 4.9: Kuyucuk Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	52
Tablo 4.10: Kuyucuk Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	53
Tablo 4.11: Kuyucuk Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	54
Tablo 4.12: Kuyucuk Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	55
Tablo 4.13: Kuyucuk Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	57
Tablo 4.14: Kuyucuk Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	58
Tablo 4.15: Kuyucuk Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	59
Tablo 4.16: Kuyucuk Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	60
Tablo 4.17: Manyas Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	62
Tablo 4.18: Manyas Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	63
Tablo 4.19: Manyas Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	64

Tablo 4.20:	Manyas Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	65
Tablo 4.21:	Manyas Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	67
Tablo 4.22:	Manyas Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	68
Tablo 4.23:	Manyas Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	69
Tablo 4.24:	Manyas Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	70
Tablo 4.25:	Seyfe Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	72
Tablo 4.26:	Seyfe Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	73
Tablo 4.27:	Seyfe Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	74
Tablo 4.28:	Seyfe Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	75
Tablo 4.29:	Seyfe Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	77
Tablo 4.30:	Seyfe Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	78
Tablo 4.31:	Seyfe Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	79
Tablo 4.32:	Seyfe Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	80
Tablo 4.33:	Uluabat Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	82
Tablo 4.34:	Uluabat Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	83
Tablo 4.35:	Uluabat Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	84
Tablo 4.36:	Uluabat Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	85
Tablo 4.37:	Uluabat Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	87
Tablo 4.38:	Uluabat Gölü için AWEI _{sh} yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	88
Tablo 4.39:	Uluabat Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	89
Tablo 4.40:	Uluabat Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km ²).	90
Tablo 5.1:	Burdur Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	102
Tablo 5.2:	Kuyucuk Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	104
Tablo 5.3:	Manyas Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	106
Tablo 5.4:	Seyfe Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	107

Tablo 5.5:	Uluabat Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km ²) ve değişim (%) oranları.	109
-------------------	---	-----

1. GİRİŞ

Dünyanın doğal hazineleri olarak kabul edilen sulak alanlar, insanlar ve diğer tüm canlılar için önemli bir kaynaktır. Sulak alanlar, doğal kaynakların muhafazası ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği bakımından kritik öneme sahip ekosistemlerdir. Bu alanlar, ekolojik dengeyi koruma ve habitat sağlama açısından hayati rol oynamakta olup, dünya çapında insan ve diğer canlıların refahını etkileyen önemli unsurlardır. Sulak alanlar, çevresel faktörlere son derece hassas olmalarının yanı sıra su rejimini düzenleme, yüksek biyolojik üretim, kuşlar gibi çeşitli türler için yaşam alanı sunma ve rekreasyonel faaliyetler için fırsatlar sağlama gibi özelliklere sahiptir. Geniş çerçevede bulundukları bölge insanına ve ülke geneline hizmet veren sulak alanlar, oldukça karmaşık doğal sistemlerdir. İnsan topluluklarının yaşamını sürdürebilmesi ve ilerleyebilmesi için kritik öneme sahiptir. Söz konusu özellikleri ile birlikte yeryüzündeki diğer ekosistemlerle karşılaştırılamayacak ölçüde değer ve işleve sahip olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, artan nüfus ve ekonomik faaliyetlerin etkisiyle sulak alanlar giderek daha fazla tehdit altına girmektedir. Tarım ve sanayi gibi insan faaliyetlerinin genişlemesi, sulak alanlara geri dönüşü mümkün olmayan zararlar vermektedir. Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Sözleşmesi, sulak alanlardaki zararları en aza indirmek ve sulak alanları korumak amaçlanarak imzalanmıştır. Sözleşme, dünya genelinde sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak için uluslararası iş birliği yaparak sulak alanların korunması ve kullanılmasını hedeflemektedir. Türkiye, Ramsar Sözleşmesi'ne 1994 yılında taraf olmuştur. 1994 yılında beş sulak alan Ramsar koruma altına alınmışken, günümüzde bu sayı on dörde ulaşmıştır. Türkiye, Ramsar koruma statüsüne sahip sulak alanların sayısını artırmak için çaba göstermektedir. Bu çaba, sulak alanların sürdürülebilir biçimde korunması ve yönetilmesi amacıyla uluslararası iş birliğinin önemini vurgulamaktadır. **Tablo 1.1**'de tez çalışmasında ele alınan Ramsar sulak alanlarının konumları ve tescil tarihleri verilmiştir.

Tablo 1.1: Çalışma alanlarını oluşturan Ramsar alanları ve tescil tarihleri [Web 1].

Ramsar Alanı	Bulunduğu İl	Tescil Tarihi
Burdur Gölü	Burdur	28.05.1994
Manyas Gölü	Balıkesir	28.05.1994
Seyfe Gölü	Kırşehir	28.05.1994
Uluabat Gölü	Bursa	15.04.1998
Kuyucuk Gölü	Kars	20.06.2009

Doğal kaynakların sınırsız olmadığı ve yenilenme kapasitelerinin günümüzde sınırlı olduğu gerçeği, insanlığın gelecekteki en büyük çevresel mücadelelerinden birini zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir ekonomi ve çevre sağlığı açısından, sulak alanlardaki değişimlerin izlenmesi ve küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliklerinin tespit edilmesi ve düzenli olarak izlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir korunması, kullanılması ve yönetilmesi için son derece önemlidir. Günümüz teknolojik imkanları, doğal çevre sağlığını koruma ve sürdürülebilir ekonomik gelişmeyi sağlama açısından gerekli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri sayesinde doğru, hızlı ve ekonomik verilere güvenilir bir şekilde erişimi mümkün kılmaktadır. Bu sayede, çalışmalar daha kısa sürede gerçekleştirilip, alınacak önlemler planlanabilmektedir. Uzaktan algılama, günümüzde birçok disiplin vazgeçilemez bir kaynak haline gelmesinin en büyük sebepleri arasında güvenilir bir temel sağlaması gelmektedir. Sulak alanların izlenmesi, değişimlerin takibi, zarar veren unsurların belirlenmesi ve sorunların çözümüne yönelik koruma ve geliştirme çalışmaları, uzaktan algılama teknolojileri sayesinde son dönemlerde büyük önem kazanmıştır.

Uydu görüntüleri kullanılarak su ile kaplı alanların diğer alanlardan doğru bir şekilde ayırt edilmesi ve su içeriğinin belirlenmesi amacıyla çeşitli su çıkarım indeksleri geliştirilmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen su indeks görüntüleri, herhangi bir yer ve zamanda meydana gelen değişikliklerin tespitine imkân sağlamaktadır. Aynı zamanda küresel ısınmanın sebep olduğu iklim değişikliğinin meydana getirdiği değişimlerin tespit edilmesi ve düzenli olarak izlenmesi çalışmalarında kullanılmak üzere alg indeksleri geliştirilmiştir. Söz konusu indeksler sulak alanları bölgesel inceleme fırsatı sunması, sulak alanların değişiminin izlenmesi, su kalitesinin belirlenmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır.

Bu doğrultuda sulak alanların zamansal değişimini hızlı ve etkin bir şekilde belirlemek için günümüzde sıklıkla kullanılan uzaktan algılama teknolojileri ile meydana gelen değişimler izlenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen verilerle haritalar üretilerek, göllerin geçmişten günümüze kadar geçirdiği değişimler belirlenecek ve bu sayede gelecekteki durumları hakkında bir değerlendirme yapma imkânı sağlanacaktır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez kapsamında, Ramsar alanlarından olan ve Türkiye’de yer alan tektonik kökenli göller ele alınmaktadır. İnceleme kapsamındaki göller şunlardır: Burdur Gölü, Kuyucuk Gölü, Manyas Gölü, Seyfe Gölü ve Uluabat Gölü. Söz konusu göllerin yüzeysel alanlarının zamansal değişimini yıllık periyotta incelerken mevsim etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma da aynı zamanda Türkiye’de Göller Yöresi’nde yer alan ve tektonik kökenli göl özellikleri gösteren Acı Göl, Burdur Gölü ve Eğirdir Gölü’nün su kalitesini belirlemek üzere alg oluşumlarının zaman içindeki değişiminin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Türkiye’deki Ramsar alanları içinde yer alan tektonik kökenli göllerin yıllar boyunca su seviyesinde meydana gelen değişimleri belirlemek, mevsim geçişlerinin su yüzey alanı üzerindeki etkilerini belirlemek ve Göller Yöresi’nde yer alan tektonik kökenli üç gölün alg oluşumlarının zamansal varlığının araştırılması ve çoğalmalarını incelemek tezin temel amacını oluşturmaktadır. Çalışmada göllerin yüzey alanlarını saptamak üzere NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ve WI su indeksleri; alg oluşumlarının zamansal tespiti için ise AFAI, NDAVI ve NDTI indeksleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda araştırmanın hedefleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Google Earth Engine teknolojisinin kullanımının incelenmesi.
- Uydu görüntüsüne ait su alanlarının belirlenmesi.
- Su yüzey alanlarının mevsimsel ve yıllık değişimlerinin analiz edilmesi.
- Alg oluşumlarının zaman içindeki değişimlerinin tespit edilmesi.
- Değerlendirmeye alınan su indekslerinin kullanımı ve performans analizi.
- Değerlendirmeye alınan alg indekslerinin kullanımı ve performans analizi.

- Göllerin su seviyesindeki değişimlerin nedenleri ve bu değişimlerin ekosistem üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi.
- İklim değişikliği, su kaynaklarının kullanımı, kirlilik ve diğer insan etkilerinin göller üzerindeki potansiyel tehditlerinin belirlenmesi.

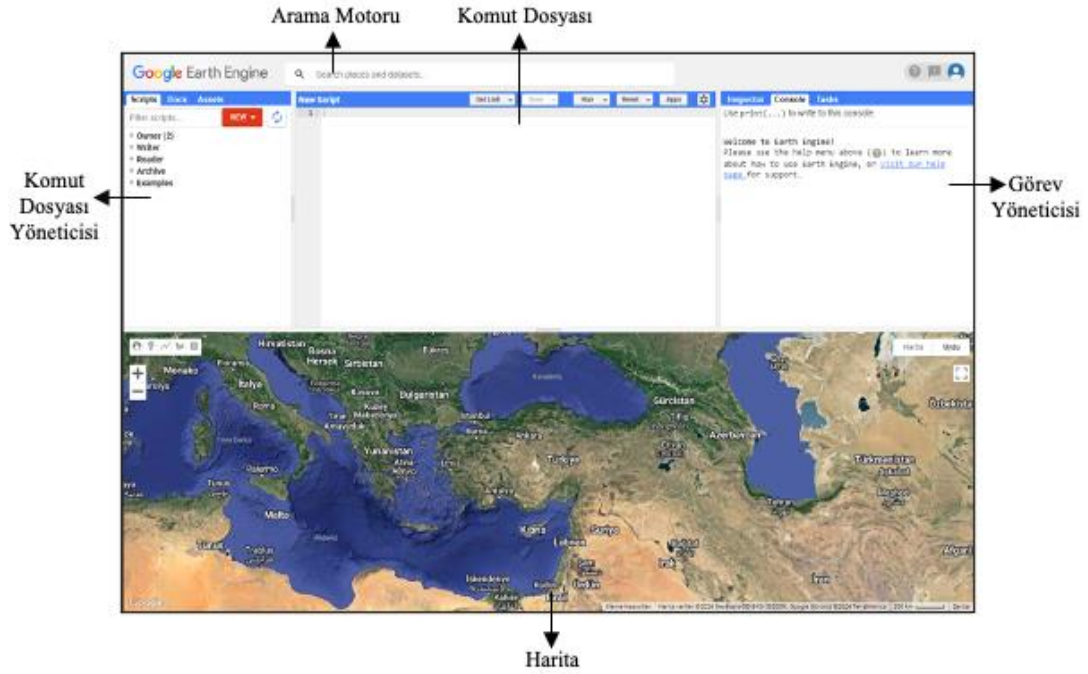
Çalışma sonucunda elde edilen haritalar, göllerin 2016-2023 yılları arasında meydana gelen değişimlerini ve su yüzey alanındaki değişimin mevsim etkilerini ortaya koyarak, bu göllerin gelecekteki durumları hakkında bir değerlendirme yapmaya olanak tanıyacaktır. Bu doğrultuda, ele alınan göllerin olası tehlikeler ve bu tehlikelerin niteliği üzerine yapılan değerlendirmeler, ilgili kurum ve kuruluşların göllerin korunması için yapacakları çalışmaları yönlendirmeleri açısından önemli bir kaynak oluşturacaktır.

1.2. Materyal ve Metodoloji

Bu bölüm, iki alt başlık içermektedir. Materyal başlığında, çalışmada kullanılan yazılım Google Earth Engine ve Sentinel-2 uydu görüntüsünün özellikleri detaylandırılmıştır. İkinci başlık olan metodolojide ise, ele alınan göllerin uydu görüntülerinin yorumlanmasında kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

1.2.1. Materyal

Google Earth Engine (GEE), bulut tabanlı bir platform olup, büyük veri kümelerini işlemek üzere yüksek performanslı bilgi işlem kaynaklarına kolay erişim sağlamaktadır. GEE, web tabanlı bir sistemdir ve uydular ile toplanan verileri kümeler halinde depolamaktadır. Bu sistem, uydu görüntülerinin işlenmesi, değerlendirilmesi ve analiz edilmesini hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [Dereli, 2018]. Platformun en belirgin avantajları arasında, uzaktan algılama verilerine tam ve eksiksiz erişim sağlaması ve bu verileri hızlı bir şekilde işleyebilme kapasitesi bulunmaktadır. GEE'nin temel bileşenlerini veri setleri, bilgi işlem gücü, uygulama programlama ara yüzleri ve kod düzenleyicisi oluşturmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: GEE kod düzenleyicisi bileşenlerinin şeması.

GEE veri kataloğu, Google veri merkezleri tarafından desteklenen ölçeklenebilir bilgi işlem gücü ile entegre edilmiş, mevcut coğrafi mekânsal iş akışlarını sorunsuz bir şekilde uygulamamıza olanak tanıyan API'lar (Uygulama Programlama Arayüzü) ile zenginleştirilmiştir. GEE'nin Kod Düzenleyici aracı, web tabanlı bir IDE (Entegre Geliştirme Ortamı) kullanılarak JavaScript API'si ile karmaşık coğrafi mekânsal iş akışlarının hızlı ve kolay bir şekilde geliştirilmesini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Kodların yazımı sırasında Kod Düzenleyici'si otomatik ipuçları verir ve hataları göstererek düzeltme imkânı sağlamaktadır. GEE, uydu görüntülerini online olarak işlemek için yardımcı komut dizinleri sunarak, bölgesel haritalama, doğal afetler, tarım alanları, bitki türleri, ormanlar ve su kaynaklarının incelenmesi gibi çeşitli araştırma alanlarında başarıyla kullanılmaktadır. Platformun veri tabanında bulunan uydu görüntüleri, arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişikliklerini incelemeye yönelik analizler gerçekleştirmeyi mümkün kılmaktadır. GEE, görüntü işleme, sınıflandırma, görüntü istatistiklerinin çıkarılması, değişim tespiti ve zaman serisi analizi gibi karmaşık analizlerin rahat ve kolay bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, yapılan analizleri haritalar, çizgiler, tablolar ve grafikler gibi görsel araçlarla sunmaktadır. Bu doğrultuda, GEE sulak alanları bölgesel olarak inceleme fırsatı sunmakta ve sulak alanların sürdürülebilirliğinin korunması ve sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Google Earth Engine platformunda çalışma alanlarına ait Sentinel-2 görüntüleri için ‘COPERNICUS/S2_SR’ veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti, Avrupa Birliği'nin Copernicus programı kapsamında faaliyet gösteren Sentinel-2 uydu serisi tarafından sağlanan yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden oluşmaktadır. Çalışma alanlarına ait veriler, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilen Sentinel-2A uydusu üzerinden Copernicus programının operasyonel ihtiyaçlarını karşılamak üzere temin edilmiştir. Sentinel-2A, kutup yörüngeli, multispektral yüksek çözünürlüklü sensöre sahip bir uydu olup, bitki örtüsü, toprak ve su alanları gibi arazi sınıflarının tespit edilmesini hedeflemektedir. Sentinel-2A'nın konumsal çözünürlükleri 10 m, 20 m ve 60 m arasında değişmekte olup, radyometrik çözünürlüğü 12 bittir. Uydu, toplamda 13 bant içermektedir ve bu bantlara ait spektral bilgiler **Tablo 1.2**'de verilmiştir.

Tablo 1.2: Sentinel-2A uydusuna ait spektral bilgiler.

Bant Numarası	Bant İsmi	Konumsal Çözünürlük (m)	Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)
1	Kıyı Aerosol (Coastal Aerosol)	60	443,9	27
2	Mavi (Blue)	10	496,6	98
3	Yeşil (Green)	10	560,0	45
4	Kırmızı (Red)	10	664,5	38
5	Bitki Örtüsü (Vegetation Red Edge)	20	703,9	19
6	Bitki Örtüsü (Vegetation Red Edge)	20	740,2	18
7	Bitki Örtüsü (Vegetation Red Edge)	20	782,5	28
8	Yakın Kızılötesi (NIR)	10	835,1	145
8A	Bitki Sıcak Nokta (Vegetation Red Edge)	20	864,8	33
9	Su Buharı (Water Vapour)	60	945,0	26
10	Kısa Dalga Kızılötesi (Cirrus) (SWIR)	60	1373,5	75
11	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	20	1613,7	143
12	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	20	2002,4	242

1.2.2. Metodoloji

Zaman içinde su yüzeylerini tespit etmek, zamansal değişimlerini izlemek ve kalitesini belirlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Su yüzeylerini daha etkili bir şekilde haritalamak amacıyla yardımcı veri setleri geliştirilmiştir. Orijinal görüntülere kıyasla yardımcı veri setleri kullanılarak elde edilen görüntülerin yorumlanabilirliği daha yüksektir. Literatürde temel bileşenler, doku özellikleri ve indeksler en sık kullanılan yardımcı veri setleri arasındadır. İndeksler, genellikle iki veya daha fazla bantın aritmetik işlemleri ile oluşturulmaktadır [Ji, Zhang ve Wylie, 2009].

Tez kapsamında, en yaygın olarak kullanılan spektral bantlar yardımıyla üretilen yardımcı veri setleri detaylı olarak incelenmiştir. Günümüzde bant kombinasyonlarına dayalı birçok indeks bulunmaktadır. Çalışmada, göl alanlarının tespiti için NDWI, MNDWI, AWEI ve WI indeksleri; alg oluşumunun belirlenmesi için AFAI, NDAVI ve NDTI indeksleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan indeksler **Tablo 1.3**'te verilmiştir.

Tablo 1.3: Çalışmada kullanılan indeksler.

İndeks	Kaynak
AFAI- Düzeltilmiş Yüzen Alg İndeksi	Wang vd. (2016)
AWEI- Otomatik Su Çıkarma İndeksi	Feyisa vd. (2014)
MNDWI- Modifiye Normalize Fark Su İndeksi	Xu (2006)
NDAVI- Normalize Fark Sucul Bitki Örtüsü İndeksi	Villa vd. (2014)
NDTI- Normalize Fark Bulanıklık İndeksi	Lacaux vd. (2007)
NDWI- Normalize Fark Su İndeksi	McFeeters (1996)
WI- Su İndeksi	Fisher vd. (2016)

AFAI, uydu görüntülerini kullanarak su yüzeylerinde yüzen algleri tespit etmek için geliştirilmiş bir spektral indekstir. Bu indeks, eşitlikte kullanılan bantların belirli spektral özelliklerine dayanarak su kütleleri ile yüzen algleri ayırt etmek amacıyla tasarlanmıştır. AFAI'ya ilişkin **eşitlik 1.1**'de verilmiştir. Eşitlikte NIR yakın kızılötesi bandı, RED kırmızı bandı, SWIR ise kısa dalga kızılötesi bandı temsil etmektedir.

$$AFAI = NIR - RED - 0.5 \times (SWIR - RED) \quad (1.1)$$

AWEI, su yüzey alanı tespitleri için en az dört bant kullanılarak **Feyisa vd. (2014)** tarafından geliştirilmiştir. AWEI yöntemi, su yüzeylerini bitki örtüsünden, gölgelerden ve diğer karanlık yüzeylerden ayırt etmek üzere kullanılmaktadır. AWEI indeksleri, $AWEI_{nsh}$ ve $AWEI_{sh}$ olarak türetilmiştir. $AWEI_{nsh}$, kentsel bölgelerde görülen koyu yüzeyleri ve su olmayan bölgeleri ayırt etmek için üretilmiştir. $AWEI_{sh}$ ise $AWEI_{nsh}$ indeksinin belirleyemediği gölge piksellerini tespit etmek ve yok etmek üzere üretilmiştir. Bu tez çalışmasında $AWEI_{sh}$ indeksi kullanılmıştır. İndeksin hesaplanmasında kullanılan formül **eşitlik 1.2**'de verilmiştir.

$$AWEI_{sh} = BLUE + 2.5 \times GREEN - 1.5 \times (NIR + SWIR1) - 0.25 \times SWIR2 \quad (1.2)$$

Çalışmada tercih edilen bir diğer su indeksi, MNDWI ise **Xu (2006)** tarafından geliştirilmiştir. İndekse ilişkin **eşitlik 1.3**'te verilmiştir. Bu indekste, yeşil (GREEN) ve orta kızılötesi bant (SWIR) kullanılmıştır. Bu bantların kullanılmasının en büyük sebebi orta kızılötesi (SWIR) ışınlarının su yüzeylerindeki emiliminin daha iyi sonuç vermesidir.

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad (1.3)$$

NDAVI, sucul bitki örtüsünün mekansal dağılımını izlemek ve değerlendirmek amacıyla uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu indeks, sucul ekosistemlerin sağlığını izlemek, su kalitesini değerlendirmek ve çevresel değişikliklerin etkilerini anlamak açısından önem taşımaktadır. Sucul bitki örtüsünün yoğunluğunu belirlemek için yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı (RED) bantlar arasındaki yansımayı kullanmaktadır. İndeksin hesaplanmasında kullanılan formül **eşitlik 1.4**'te verilmiştir.

$$NDAVI = \frac{NIR - BLUE}{NIR + BLUE} \quad (1.4)$$

Çalışmada kullanılan son alg indeksi olan NDTI, su kütlesindeki askıdaki tortu yoğunluğunu belirlemek için geliştirilmiş bir indekstir. Bu indeks genellikle su kalitesinin izlenmesi, suyun bulanıklık seviyesinin belirlenmesi veya sediment taşınımının değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. NDTI değerleri -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Pozitif değerler daha düşük tortu konsantrasyonu gösterirken, negatif değerler daha yüksek tortu konsantrasyonu göstermektedir. NDTI, uydu

görüntülerinin kırmızı (RED) ve yeşil (GREEN) bantlarını kullanarak hesaplanır ve **eşitlik 1.5**'te belirtilen formülle ifade edilmektedir.

$$NDTI = \frac{RED - GREEN}{RED + GREEN} \quad (1.5)$$

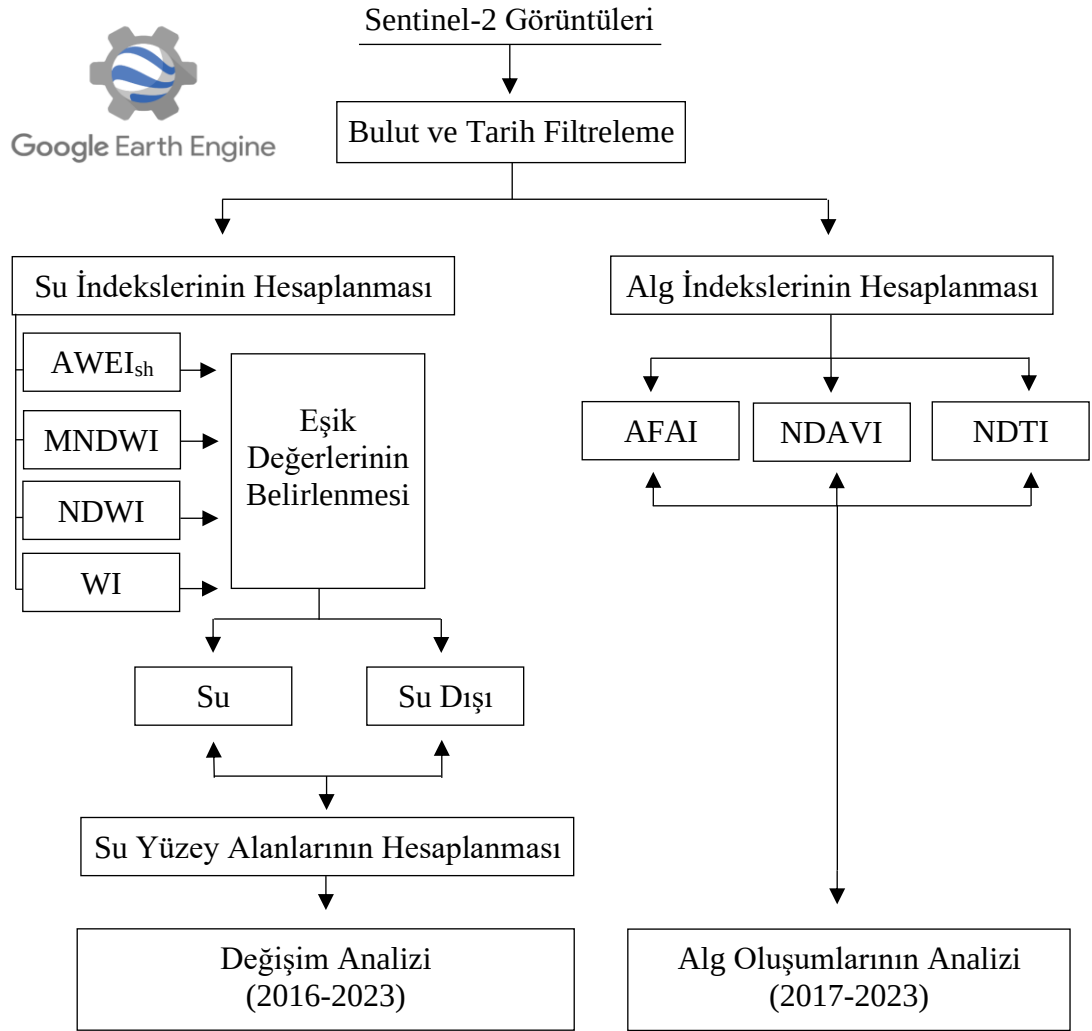
NDWI, su yüzeylerinin tespit edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. **McFeeters (1996)** tarafından geliştirilen bu indeks, kullanılan indeksler arasında en eski olanıdır. NDWI'nın hesaplanmasında kullanılan GREEN yeşil bantı, NIR ise yakın kızılötesi bantı temsil etmektedir. Yeşil ve yakın kızılötesi bantları, en yüksek değerlerde su yansımalarını tutarak diğer arazi örtülerinden ayırdığı için bu çalışmada tercih edilmiştir. NDWI indeksine ait **eşitlik 1.6**'da verilmiştir.

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (1.6)$$

Fisher vd. (2016) tarafından geliştirilen WI, çalışmada kullanılan bir diğer su indeksidir. WI2006, atmosferik yüzey emisyonunu belirlemek için standart değişkenler kullanılarak hazırlanmış bir su indeksidir. Bu indeks, farklı uyduların her bir bantının doğal logaritması, yansıma katsayısı ve etkileşim koşulları kullanılarak türetilmiştir. WI2006, 2015 yılında LDAC kullanılarak temel alınarak, su yüzeylerini en iyi segmente eden alan kategorilerini belirleyen yeni bir su indeksi olan WI2015'i oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan indekse ilişkin **eşitlik 1.7**'de verilmiştir.

$$WI = 1.7204 + 171 \times GREEN + 3 \times RED - 20 \times NIR - 45 \times SWIR1 - 71 \times SWIR \quad (1.7)$$

Bu doğrultuda tez çalışması sırasında gerçekleştirilen işlemler ve akış şeması, **Şekil 1.2**'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2: Tez çalışmasında yürütülen işlemler ve akış şeması.

1.3. Literatür Taraması

Bu başlık altında incelenen çalışmalar, genellikle su yüzeylerinin tespiti veya zamansal değişimleri konularını ele almaktadır. İncelenen çalışmalar su yüzey tespitinden alg değişimlerine kadar geniş bir yelpazede yer almakta ve bu konular üzerinde yoğunlaşmaktadır. Su yüzey alanlarının ve alg oluşumlarının belirlenmesinde kullanılan farklı indekslerin karşılaştırılması ve hangi yöntemin en doğru sonuç verdiği konusunda tartışmalar bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, su yüzeyinin değişimi ve kirliliğinin tespit edilmesi için farklı çalışma alanlarında yeni yöntemler geliştirmiş ve bu yöntemlerin dünya genelinde farklı bölgelerde uygulanabilirliğinin araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Kashaigili vd. (2006), artan insan faaliyetlerinin Usangu Ovaları sulak alanları üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymak amacıyla Usangu sulak alanları üzerine bir araştırma yapmışlardır. 1973-1984 ve 1984-2000 yılları arasında söz konusu sulak alanlarda meydana gelen uzun vadeli ve mevsimsel değişiklikleri Landsat MSS ve Landsat TM uydu görüntüleri yardımıyla incelemişlerdir. Kontrolsüz sınıflandırma algoritması ve değişim tespit analizi kullanılarak sürekli küçülen bir sulak alan tespit etmiş ve sulak alanlarda sürekli devam eden düşüşün sulak alanlarda geri dönüşü olmayan değişikliklere neden olma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sulak alanlar için rehabilitasyon çalışmalarının gerekliliğine değinilmiştir.

Özdemir ve Akar (2009), İstanbul’da yer alan Alibeyköy Barajı’nın uzaktan algılama teknolojileri yardımıyla zamansal değişiminin ortaya konulmasını amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında 1975 yılı, 1987 yılı, 2001 yılına ait sırasıyla Landsat MSS, Landsat TM ve Landsat ETM; 2007 yılına ait Ikonos uydu görüntüleri; 2007 yılına ait 1/5000 ölçekli ortofotolar kullanılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemini ele alarak Landsat ve Ikonos uydu görüntülerini sınıflandırmışlardır. Alibeyköy Barajı’ndaki su yüzey alanı değişimi ile kıyı çizgisindeki meydana gelen değişimler tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre 1987-2000 yıllarında 1975-1987 yıllarına göre barajdaki su seviyesinin daha az olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun artan nüfus ve iklim koşullarından dolayı kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır.

Akar vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada aynı coğrafi enlemde bulunan Türkiye’deki Acı Göl’de ve İran’daki Urumiye Gölü’nde meydana gelen zamansal değişimi araştırmışlardır. Çalışmada Landsat MSS, Landsat TM ve Landsat ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Acı Göl ve Urumiye Gölü üzerinde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma algoritmaları, vektörleştirme, NDWI yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Tüm kullanılan teknikler birlikte değerlendirilmiştir: Urumiye Gölü’nün iklimsel şartlardan Acı Göl’e kıyasla daha çok etkilendiği ortaya konulmuştur. Ayrıca Acı Göl’ün insan aktivitelerinden daha çok olumsuz etkilendiği belirtilmiştir.

Karaman vd. (2013), Chris-Proba Mode-2 hiperspektral uydu görünümüleri kullanılarak Acı Göl’ün hidrojeoloji dönemdeki mevsimsel değişimi ortaya koymak üzere bir çalışma yürütmüşlerdir. Kurak dönemi temsilen 17.09.2011 tarihli uydu görüntüsü, sulak dönemi temsilen 18.06.2012 tarihli uydu görüntüsü kullanılmıştır. İki uydu

görüntüsünü de ilk olarak gürültü giderimi, geometrik düzeltme, nesne çıkarımı ve sulak alanların belirlenmesi işlemleri uygulanmıştır. Acı Göl sulak alanının belirlenmesinde NDWI kullanılmıştır. Kurak dönemde sulak alan miktarı, 27.4 km²'lik alanı kapsarken yağışlı dönemde 61.2 km²'lik alanı kapsadığı tespit edilmiştir. Gölün su alanı değişiminde baskın etkenler olarak, yaz dönemi boyunca yağışların azalması, sıcaklığın ve buharlaşmanın artması gibi meteorolojik etmenlerin sebep olduğunu vurgulamışlardır.

Sarp ve Özçelik (2017), Burdur Gölü'nün 1987-2011 yılları arasındaki mekansal ve zamansal değişimini, çok zamanlı Landsat TM ve Landsat ETM görüntülerini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada, su yüzeylerinin belirlenmesi için DVM (Destek Vektör Makinesi) ile NDWI, MNDWI ve AWEI yöntemlerini ele almışlardır. DVM ve indekslerin doğrulukları RMSE (Kök Ortalama Kare Hatası) ile test edilmiş ve DVM ile MNDWI yöntemlerinin, spektral ve mekansal kalite açısından NDWI ve AWEI'ye göre en doğru sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, gölün 1987 yılından 2011 yılına kadar geçen sürede göl yüzey alanının önemli bir kısmının yok olduğunu belirtmişlerdir.

Bayrak (2018), Ege Bölgesi Manisa ilinde bulunan Marmara Gölü'ndeki zamansal değişimin tespit edilmesi üzerine bir çalışma yürütmüştür. Söz konusu değişimi belirlerken aynı zamanda göl yüzey alanındaki meydana gelen değişimde insan etkilerinin ekosistem açısından ortaya koyulmasını da hedeflemişlerdir. Çalışmada 1975 ile 2018 yıllarına ait Landsat (LSS, TM, ETM, 4-5 TM) ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. 43 yıllık değişimin incelendiği çalışma sonuçlarına göre, Marmara Gölü'nde yaklaşık 19.81 km²'lik alansal değişim söz konusudur. Marmara Gölü çevresinde en fazla yapılan ekonomik faaliyetin tarımsal faaliyet olduğunu vurgulamışlardır.

Malahlela (2019), Landsat-8 verilerini kullanarak sulak alan içerisindeki yüzen alglerin haritalanmasında spektral indekslerin mekansal ve zamansal performansını araştırmayı ele almıştır. Çalışmada Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılarak çeşitli spektral indeksler test edilmiştir. Sonuç olarak, NSMI yönteminin alg oluşumlarının çok zamanlı haritalanmasında en etkili indeks olduğunu tespit etmiştir. Test edilen indekslerin performansının, su alanlarının izlenmesi için diğer yüksek çözünürlüklü uydu verileri ile karşılaştırmalı çalışmalar yapılarak, bu indekslerin performanslarının daha geniş kapsamda değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Çağlayan vd. (2020), Akşehir Gölü'nde meydana gelen değişimi uzun yıllar bazında tespit etmek üzere uzaktan algılama teknolojilerinden faydalanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. 1984 yılı ile 2020 yılı arası meydana gelen fiziksel değişimin belirlenmesi amacıyla Ağustos 1984 ve Ağustos 2020 tarihli Landsat uydu görüntülerini kullanmışlardır. Çalışmada değişim analizini gerçekleştirmek üzere derin öğrenme, NDWI (Normalize Fark Su İndeksi) ve NDVI (Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi) yöntemleri kullanılmıştır. 1985-2020 yılları arasında, gölün su sınırının ve sulak alanının alansal olarak önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Sulak alanlardaki alansal değişimin izlenmesi ve takip edilmesinde uzaktan algılama verileri ve teknikleriyle yüksek doğrulukta belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

Eid vd. (2020), ele aldıkları gölün 1990-2019 yılları arasını yani 30 yıllık değişimini incelemişlerdir. Çalışmada, bitki örtüsü, toprak ve su özelliklerinin belirlenmesi için SAVI ve NDWI yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, özellikle 2010-2019 yılları arasında göl çevresinde önemli arazi değişiklikleri gözlemlenmiştir. Bu süreçte, çalışma alanındaki bitki örtüsünün ise %2,9'unun, su yüzey alanın yaklaşık %29,2'sinin yok olduğunu tespit etmişlerdir.

Dervisoglu (2021), Türkiye'de tüm Ramsar stastündeki tüm alanlarda meydana gelen değişimi 1985-2020 yılları arasında incelemeye almıştır. Çalışmada Google Earth Engine platformu kullanılmış olup Landsat uydu görüntüleri üzerinden NDWI yöntemi ile değişim analizi yapmıştır. Aynı zamanda her Ramsar alanı için en yakın meteorolojik istasyon verilerini incelemiş ve su yüzeyi alanlarındaki değişikliklerle ilişkilendirmiştir. Sonuç olarak 1985-2020 yılları arasında Ramsar alanlarındaki su yüzey alanlarının farklı hızla azaldığını, bahar aylarında toplam %31,38'lik alan kaybı yaşandığı ve Ramsar alanı tanımlama tarihlerinden itibaren %27,35 oranında azalma olduğunu belirtmiştir. Uzaktan algılama yöntemleri sulak alanların izlenmesi ve değişikliklerin belirlenmesi açısından büyük öneme sahip olduğu gerçeği ilgili kurumlar ve kuruluşlar tarafından sürdürülebilir yönetim ve koruma için etkili bir şekilde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır.

Long vd. (2021), Çin'in Dongting Gölü'nde Google Earth Engine yazılımı ile ilk olarak Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntüleri ile DEM verilerini kullanarak sulak alan ve çevresinin bitki örtüsü dağılımını incelemişlerdir. Daha sonra 1999-2018 yıllarındaki bitki örtüsünü analiz etmek üzere Landsat verilerini kullanmışlardır. En son bitki örtüsü türlerini ve bitki örtüsü dinamiklerini bir araya getirmiş ve değişim

türlerini tespit etmişlerdir. Değişiklik tespiti için üç farklı kategori belirleyerek bitki örtüsü kazanımı, bitki örtüsü kaybı ve değişiklik olmaması şeklinde doğruluk analizi yapılmıştır. Dongting Gölü ve çevresinde sulak alan bitki örtüsünde genel bir iyileşme olduğunu belirtmişlerdir. Ancak sulak alan bitki örtüsü, iklim değişikliğine ve insan kaynaklı problemlere hassas olması nedeniyle çalışmaların arttırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Armani vd. (2022), Büyük Göller havzasındaki sulak alanların bozulması, iklim değişikliği, kentleşme ve tarım başta olmak üzere birçok faktörden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma alanı Büyük Göller havzası belirlenerek son kırk yıllık Landsat verileri Google Earth Engine platformu üzerinden incelemeye almışlardır. Bu doğrultuda Rastgele Orman (RO) algoritması modeli geliştirilmiştir. Sulak alanlara ilişkin üretilen tüm haritaların doğruluğunun %84 ve üzeri olduğunu tespit etmiş ve geliştirilen sınıflandırma modelinin sulak alan haritalamasında yüksek kapasitede olduğunu vurgulamışlardır. 1984'ten itibaren ele alınan sulak alanlar ve çevresinin yaklaşık %16 değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışma alanındaki değişimin en yüksek artışın tarım sınıfında en düşük azalışın ise orman ve bataklık sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Baysal (2022), Türkiye'deki sulak alanların arazi kullanım değişimini Collecth Earth yazılımı üzerinden değerlendirmeye almıştır. 2000-2022 yıllarını kapsayan çalışmada sulak alan ve çevresinde meydana gelen değişimleri belirlemek üzere doksan üç farklı sulak alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Araştırmada deneme alanları oluşturularak tüm sulak alanlara uygulanmıştır. Yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de bulunan sulak alanların yaklaşık %35,38'i tarım alanı olarak kullanıldığını ve Ramsar statüsündeki sulak alanların %38,6'sının tarım alanı sınıfında yer aldığını tespit etmiştir. Bu doğrultuda Türkiye'de ele alınan sulak alanlar azalırken orman, tarım ve diğer arazi sınıflarının arttığını belirtmiştir. Sulak alanların azalmasının mevcut yasa ve politikalar kapsamında değerlendirilmesi özellikle korunmasına yönelik düzenlemeler yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Dervişoğlu (2022), Türkiye'deki kıyı Ramsar alanlarında su yüzeyi değişiklikleri Landsat, Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak Google Earth Engine (GEE) platformunda incelemiştir. Uzun dönem analizlerde Landsat TM ve OLI görüntüleri kullanılmış; kısa dönem analizlerde 2016-2020 yıllarını kapsayan Sentinel-2 görüntülerini kullanmıştır. Optik verilerin eksik olduğu dönemlerde ise

Sentinel-1 (SAR) görüntülerini kullanmıştır. Su yüzeyi alanlarının belirlenmesi için Normalize Fark Su İndeksi (NDWI) kullanılmış ve optik ve radar görüntülerinde eşikleme yöntemiyle değişiklikler belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Göksu Delta'sında 1985-2020 arası yıllık ortalama su yüzeyi azalışı %24,52, Kızılırmak Delta'sında ise %2,86 olarak tespit etmiştir. Akyatan Lagünü'nde ise aynı dönemde %7,65 bir artış olduğunu belirtmiştir. Gediz Deltası ve Yumurtalık Lagünleri ise her yıl artan bir eğilim sergilemiş; Gediz Delta'sında yıllık ortalama su yüzeyi artışı %46,01, Yumurtalık Lagünü'nde %17,31 olarak meydana gelen değişimi ortaya koymuştur.

Dervisoglu vd. (2022), Burdur Gölü'nde uzun dönemde (1985-2020) ve kısa dönemde (2016-2020) su yüzeyi alanındaki mekânsal ve zamansal değişiklikleri analiz etmeyi hedeflemişlerdir. Bu doğrultuda, uzun dönem değerlendirmelerde Landsat görüntüleri, kısa dönemde Sentinel-2 görüntülerini kullanmışlardır. İnceleme dönemlerindeki meteorolojik koşullar Devlet Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilmiş ve zamanla alan değişikliklerinin nedenlerini belirlemek üzere ele almışlardır. Uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak elde edilen veriler, göldeki su yüzeyi alanında belirgin azalmaların yaşandığını göstermiştir. Bu azalmaların ana nedenleri arasında insan etkisinin önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak, Burdur Gölü'ndeki su kaybının sürdürülebilir su yönetimi stratejileriyle dengeye getirilmesi gerektiği ve insan etkisinin azaltılması için etkili politikaların geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Karaca vd. (2022), İstanbul'un içme suyu kaynaklarının başında gelen Terkos Gölü'nün 2000-2020 yılları arasındaki meydana gelen zamansal değişimlerini incelemeyi amaçlamışlardır. Terkos Gölü'nün su yüzeyindeki zamansal değişimleri analiz edebilmek için Google Earth Engine platformunda 1160 adet Landsat TM, ETM+ ve OLI uydu görüntüsü kullanmışlardır. Gölün su yüzey alanının belirlenmesi için NDWI yöntemini ele almışlardır. Google Earth Engine üzerinde yapılan sorgulamalarla yıllık ve mevsimsel su alanı değerlerini hesaplayarak karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda Terkos Gölü'nün 2000 yılında ve 2020 yılında su alanının karşılaştırılmasıyla %6,9'luk bir azalma yaşandığını belirtmişlerdir. Bu azalmanın nedenlerinin incelenmesi sonucunda, İstanbul'daki hızlı nüfus artışı ve yağış rejimi değişiklikleri gölün yok olma riskiyle karşı karşıya olduğunu vurgulamışlardır.

Li vd. (2022), Afrika genelinde sulak alanları sınıflandırmak için Google Earth Engine (GEE) platformunda 130.000 adet Landsat uydu görüntüsü ve 270.000 örnekleme noktası kullanmışlardır. Rastgele Orman (RO) yöntemi ile yapılan bu çalışmada, Afrika'daki sulak alanların sistematik ve kapsamlı bir haritasını oluşturmuşlardır. Üretilen haritanın, sulak alanların alanını ve dağılımını 30 m mekânsal çözünürlükte, sulak alan üretici doğruluğunun %90,22 ve kullanıcı doğruluğunun %95,74 olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanada Afrika'daki mevsimsel değişiklikleri ele almak için, Otsu Eşikleme yöntemini kullanmış, 2019-2021 yılları arasındaki Afrika'daki sulak alanların 2020 yılında yaklaşık olarak 1.341.500 km² olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen sulak alan haritaları, Afrika'daki sulak alanların mevsimsel dinamiklerinin ve uzun vadeli eğilimlerinin büyük ölçekli izlenmesi için yeni temel veriler sunmaktadır. Çalışma büyük veri örneklerinin, çeşitli sulak alan sınıflandırma özelliklerinin ve GEE'deki RO yönteminin sınıflandırmada büyük ölçekli sulak alan haritalamasındaki önemli potansiyelini göstermektedir.

Liu vd. (2022), küçük ve orta büyüklükteki sulak alanlarda zararlı alg tespitinde uzaktan algılamanın uygulanabilirliğini test etmek için üç uydu (Planetscope, Sentinel-2 ve Landsat-8) görüntüsünü ele almışlardır. Çalışmada, mekânsal çözünürlük, spektral bantlar ve su alanlarının boyutunun zararlı alg tespitinde nasıl etki gösterdiği incelenmiştir. Küçük ve orta büyüklükteki su alanlarındaki zararlı alg tespiti için en iyi uydu görüntülerinin Landsat-8 ve Sentinel-2 olduğunu belirtmişlerdir. Zararlı alglerin tespiti için en kritik özelliğin kullanılan uydu bantları olduğunu ve bu bantlar ile kurulan farklı kombinasyonların belirlerleyeceği vurgulanmıştır. Ayrıca küçük ve orta büyüklükteki su alanlarının izlenmesi ve yönetimi için uzaktan algılamanın yapılacak çalışmalara entegre edilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Colkesen vd. (2023), Marmara bölgesinin en büyük tatlı su kaynağı olan İznik Gölü'nde 2022 yılında gözlemlenen yoğun yüzen alg oluşumunu tespit etmeyi ve haritalamayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda, başlangıçta müsilağ tespiti için önerilen Otomatik Müsilağ Çıkarma İndeksi (AMEI) ve Normalize Fark Su İndeksi (NDWI) kullanmışlardır. Ele aldıkları indekslerin Landsat-8 görüntüsü üzerinde alg oluşumlarının haritalamadaki performanslarını karşılaştırmışlardır. 5 Haziran 2022'de İznik Gölü'nün %12,1'inin (yaklaşık 36.35 km²) alg ile kapladığını gösteren AMEI haritasının doğruluğunu %99 olarak tespit etmişlerdir. AMEI'nin, yüzen alg patlamalarını çıkarmak için Landsat görüntülerine kolayca uyarlanabileceğini ortaya

koymuşlardır. Çalışma sonuçları ayrıca, düşük yoğunluklu alg içeren pikselleri su piksellerinden ayırmanın, spektral benzerlikleri nedeniyle zorlu olduğunu göstermiştir. Uzaktan algılama teknolojilerinin su kalitesinin izlenmesi ve alg patlamalarının yönetimi açısından önemini vurgulayan bu çalışma üretilen indekslerin farklı veri setleri ve alanlarda daha fazla test edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Colkesen vd. (2024), Burdur Gölü’nde Sentinel-2 görüntülerini kullanarak yüzen alg patlamalarını iki ana yaklaşım üzerinden tespit etmeyi amaçlamışlardır: İndeks tabanlı ve sınıflandırma tabanlı yöntem. İndeks tabanlı yöntemde Yüzen Alg İndeksi (FAI), Yüzey Alg Çoğalması İndeksi (SABI) ve Alg Çoğalması Tespit İndeksi (ABDI) yöntemlerini; sınıflandırma tabanlı yöntemde Rastgele Orman (RO) ve Aşırı Gradyan Arttırma (XGBoost) gibi piksel tabanlı yöntemler ile nesne tabanlı Uzun Kısa Süreli Bellek Ağı (LSTM) kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan indekslerin, yüksek yoğunlukta yüzen alg oluşumlarının haritalanmasında %99’un üzerinde bir başarı gösterdiğini belirtmişlerdir. RO algoritması özellikle düşük yoğunluktaki alg patlamalarını haritalamada başarılı olduğunu ve su ile yüzen alg sınıflarını ayıran iki sınıflı tematik haritalarda %99’un üzerinde bir doğruluk sağladığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma, göl ekosistemlerinde alg patlamalarının izlenmesi ve haritalanmasında Sentinel-2 görüntülerinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstererek çevre yönetimi ve koruma çabaları için önemli bilgiler sunmaktadır.

2. GENEL TANIMLAR

2.1. Sulak Alan ve Önemi

Sulak alan, ortak özellikleri bulunan ve karasal, kıyısal ve deniz yaşam alanlarını kapsayan geniş bir ekosistem yelpazesini ifade etmektedir. Bu alanlar, biyolojik üretim açısından son derece verimli sistemler olarak bilinmektedirler ve karasal ile su sistemleri arasındaki geçiş bölgelerinde bulunurlar. Bu doğrultuda yaşamsal öneme sahip ekosistemler oluşturmaktadırlar. Sulak alanlar, nehirlerin kenarlarında, göllerde, taşkın düzlüklerinde ve diğer su birikintilerinde oluşabilirler **[Kusler, 2003]**. Yüzyıllardır insanların çoğunluğuna ev sahipliği yapmış olan sulak alanlar, ekonomik değerleri, zengin biyolojik çeşitlilikleri ve taşıdıkları kültürel-ekolojik önemi ile en önemli ekosistemlerden biri konumundadır. Bu alanlar dünya üzerindeki biyolojik çeşitliliğin önemli merkezlerinden biridir. Yağmur ormanlarından sonra gelen biyolojik çeşitlilik açısından zengin ekosistemlerdir. Dünya üzerindeki tüm türlerin yaklaşık %40'ını ve tüm hayvan türlerinin %12'sini barındırmaktadırlar **[Web 2]**.

Dünyadaki devletler, bilim adamları, çeşitli kuruluşlar kendi amaçları doğrultusunda birbirinden farklı sulak alan tanımları yapmışlardır. Sulak alanlar, doğal veya yapay olabilen, devamlı veya geçici sulara sahip, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu olabilen, deniz gel-git hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinliklere sahip alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bahsedilen tanım içerisinde sulak alan kavramı, bütün suları, bataklıkları, sazlıkları ve turbalıkları içermektedir Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (EPA)'na göre ise, sulak alanlar ikinci tanıma göre, suyun toprağı yıl boyunca veya büyüme mevsimi dahil olmak üzere yıl boyunca değişen sürelerde kapladığı veya toprağın yüzeyinde veya yakınında bulunduğu alanlar olarak tanımlanmaktadır. **Fraser vd. (2005)** sulak alanları, su baskınları anaerobik ve aerobik süreçlerin hâkim olduğu topraklar ürettiğinde ortaya çıkan bir ekosistem olarak tanımlamıştır. **Mitsch and Gosselink (2015)** tarafından sulak alanlar, kuru toprak ve su kütleleri arasında bir geçiş sağlayan ekotonlar olarak tanımlanmıştır. Sulak alanlarla ilgili birçok farklı tanım bulunmasına rağmen, uluslararası literatürde genellikle kabul edilen tanım Ramsar Sözleşmesi'nde yer almaktadır. Ramsar Sözleşmesi (1971) doğrultusunda, sulak alanlar 'doğal veya

yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gel-git hareketinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, bütün sular, bataklık, sazlık ve turbalıklar' olarak tanımlanmaktadır **[Web 3]**. Biyolojik çeşitlilik bakımından, tropik ormanlardan sonra en zengin ekosistemlerden biri olan sulak alanlar, çeşitli canlı türleri için ideal beslenme, barınma ve üreme ortamları sunarlar. Bu alanlar, sadece yerel değil, aynı zamanda küresel olarak da önemli doğal bir zenginlik kaynağı sağlarlar.

Sulak alanlar, su yaşantısını ve bitkilerini destelemek amaçlı her sene uzun bir süre boyunca kara yüzeyinde ya da yakınlarındaki su tablası olarak tanımlanabilmektedir. Sürekli ya da periyodik şekilde yüzey suyu ya da daimi olarak suya doygun (hidrik) toprağa sahip su bitkileri (hidrofit) büyüeyebilen ekosistemler bilimsel açıdan sulak alanlar olarak tanımlanmıştır. Sulak alanları tanımlamak için kullanılan göstergeler, hidroloji, toprak ve vejetasyon bileşenleri birbirinden bağımsız değildir. Söz konusu özellikler, suyun ortamda bulunması sulak alan hidrolojisi kapsamında, kendine özgü toprak yapısı fizikokimyasal çevre kapsamında ve sulak alanlara uyum sağlamış olan canlılar biyolojik çeşitlilik kapsamında yer almaktadır. Sulak alanların temel bileşenleri arasında su, toprak ve canlılar yer almaktadır. Su bulunan her türlü ortamda, dağlardan denizlere kadar çeşitli şekil ve tiplerde sulak alanlar oluşabilmektedir. Bu nedenle, suyun bulunduğu çeşitli ortamlarda farklı yapı ve özelliklerde sulak alanlar gözlemlenebilmektedir.

Geçmişten günümüze insanların sulak alanları nasıl kullandığı, bu kullanımın ne kadar sürdürülebilir olduğu ve en önemlisi, insan faaliyetlerinin sulak alanların işlevlerini ve değerlerini nasıl etkilediği, önemli araştırma konuları olarak ortaya çıkmıştır **[Dugan, 1991], [Turan, 2001]**. Yüzyıllar boyunca farklı birçok uygarlık sulak alanları yerleşim bölgeleri olarak seçmişlerdir. Günümüzde de sulak alanların çevresinde yaşamak toplumun yaşantısında önemli bir konumdur. Sulak alanlar, bulundukları bölgenin ekonomisine ve kalkınmasına katkıda bulunurken, pek çok tür ve çeşitteki canlılar için uygun beslenme, üreme ve barınma ortamı sağlamaktadır. Ayrıca, bulundukları yöredeki nem oranını yükselterek, yerel iklim elemanları üzerinde yağış ve sıcaklık gibi olumlu etkiler bırakmaktadırlar. Sulak alanlar, balıkçılık, tarım, hayvancılık, saz üretimi ve turizm gibi faaliyetlerle bölge ve ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (**Tablo 2.1**).

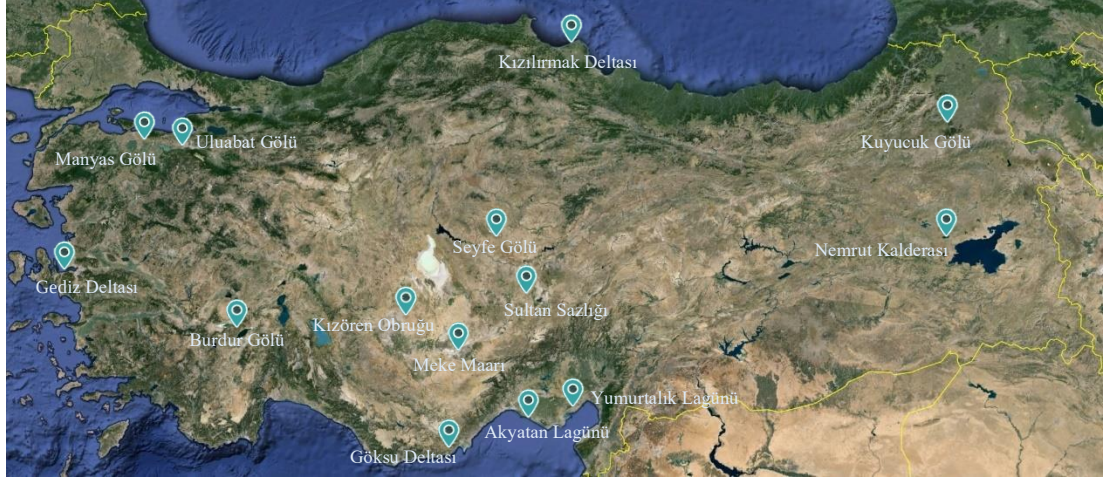
Tablo 2.1: Sulak alaların sağladığı ekosistem hizmetleri [Karakoç, 2017].

Sağlayıcı	
Gıda	Balık, meyve ve tahıl üretimi
Tatlı Su	Evsel, endüstriyel ve tarımda kullanım için suyun depolanması ve saklanması
Biyokimya	Biyotadan ilaç ve diğer maddelerin çıkarılması
Genetik Materyal	Bitki patojenlerine, süs bitkilerine dirençli genler vb.
Düzenleyici	
İklim	Yerel ve bölgesel sıcaklıkları, yağışları ve diğer iklimsel süreçleri etkileme
Su Akış Rejimi	Yeraltı suyu şarjı/deşarjı
Erozyon	Toprak ve çökeltilerin erozyona karşı korunması
Doğal Afet	Taşkın kontrolü
Tozlaşma	Tozlaştırıcılar için habitat sağlama
Kültürel	
Manevi ve İlham Verici	Birçok din sulak alanlara maneviyatı ve dinsel değerler
Rekreasyon	Rekreasyonel aktiviteler için fırsat sağlama
Estetik	Görsel açıdan bulunduğu ortamı güzelleştirmesi
Destekleyici	
Toprak Oluşumu	Tortu tutma ve organik madde birikimi
Besin Döngüsü	Besin maddelerini işleme, depolama ve geri dönüştürme

Sanayileşmenin beraberinde getirdiği baskı ve artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılama çabası, 20. yüzyılın sonrasında sulak alanların bozulmasını ve yok olmasını hızlandırmıştır. Sulak alanların yok olması veya bozulması, bu alanlara bağımlı yaşayan türler için ciddi tehditler oluşturabilmektedir. Sulak alanların hayati açıdan vazgeçilmez önemi ve sulak alanlara ilişkin tehditlerin ciddiyeti, hukuksal düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Nesli Tehlikede Olan Yabani Bitki ve Hayvan Türlerinin Ticaretinin Düzenlenmesine Dair Sözleşme (CİTES), Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamının Korunması (Bern) Sözleşmesi, Barcelona Sözleşmesi ve Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunmasına Dair Sözleşme (Barcelona Sözleşmesi), Yaban Hayvanlarından Göçmen Türlerin Korunması (Bonn) Sözleşmesi, Yaban kuşlarının korunması direktifi

(2009/409/EEC) (Kuş Direktifi, 1979), Doğal ve yarı-doğal habitatların ve yabani flora-faunanın korunmasına dair direktif (92/43/EEC) (Habitat Direktifi, 1992), Avrupa Peyzaj Sözleşmesi, Çölleşme İle Mücadele Sözleşmesi sulak alanlarla ilgili olan uluslararası sözleşmelerdir. Söz konusu sözleşmelerin tamamı, sulak alanları içeren ve bu alanlarda yaşayan canlı türlerinin yaşam alanlarının korunmasını hedefleyen sözleşmelerdir. Sulak alanlarla ilgili düzenlemeler mevcut olmasına rağmen, uluslararası düzeyde en önemli düzenleme Ramsar Sözleşmesi olarak bilinen Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanlar Sözleşmesi'dir. İran'ın Ramsar şehrinde 18 ülkenin katılımı ile imzalanan sözleşme, 1975 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşme, sulak alanlar ile ilgili en önemli atılan gelişme konumundadır. Doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanılmasına yönelik ilk sözleşme niteliğindedir. Sulak alanların korunması amacıyla imzalanan Ramsar Sözleşmesi, sulak alanların ekolojik, ekonomik ve sosyal değerlerini tanıyarak, bu alanların sürdürülebilir yönetimi ve korunması amacıyla uluslararası iş birliğini teşvik eden önemli bir anlaşmadır. Sözleşmenin amacı, bölgesel ve ulusal faaliyetlerle uluslararası iş birliği kurarak dünya çapında sürdürülebilir gelişimi desteklemek ve tüm sulak alanların korunmasını ve akılcı kullanımını sağlamaktır. Sözleşmenin üç sütunu olarak bilinen taahhütler şunlardır: Sulak alanların akılcı kullanımını sağlamak; Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanlar için bir liste oluşturarak bu tanıma uygun sulak alanları belirlemek ve etkin bir yönetimini sağlamak; sınır aşan sular, ortak sulak alan sistemleri ve ortak türler için uluslararası iş birliği yapmak **[Web 3]**. Bu taahhütler, Ramsar Sözleşmesi'nin temel prensiplerini oluşturmakta ve sulak alanların korunması, sürdürülebilir kullanımı ve uluslararası iş birliği ile yönetimi üzerine odaklanmaktadır.

Bir sulak alanın Ramsar statüsüne alınabilmesi üzere belirli kriterleri karşılaması gerekmektedir. Dünya genelinde Ramsar alanları olarak kabul edilen sulak alanlar uluslararası öneme sahiptir, ancak Türkiye'de bu kavram farklı bir tanımlamaya tabidir. Ramsar Alanı statüsü, Ramsar Sözleşmesi çerçevesinde sulak alanların uluslararası koruma altına alınmasını sağlamaktadır. Sözleşme kapsamında, 14 sulak alan Ramsar alanı olarak belirlenmiştir. Türkiye'deki Ramsar alanlarının coğrafi dağılımı **Şekil 2.1**'de gösterilmekte olup, **Tablo 2.2**'de bu sulak alanların konumu ve tescil tarihleri belirtilmiştir.



Şekil 2.1: Türkiye’deki Ramsar alanları.

Tablo 2.2: Türkiye’nin Ramsar alanları ve tescil tarihleri [Web 1].

Adı	Bulunduğu İl	Tescil Tarihi
Burdur Gölü	Burdur	28.05.1994
Manyas Gölü	Balıkesir	28.05.1994
Seyfe Gölü	Kırşehir	28.05.1994
Göksu Deltası	Mersin	28.05.1994
Sultan Sazlığı	Kayseri	28.05.1994
Uluabat Gölü	Bursa	15.04.1998
Akyatan Lagünü	Adana	15.04.1998
Gediz Deltası	İzmir	15.04.1998
Kızılırmak Deltası	Samsun	15.04.1998
Kızören Obruğu	Konya	09.02.2005
Meke Gölü	Konya	09.02.2005
Yumurtalık Lagünleri	Adana	09.02.2005
Kuyucuk Gölü	Kars	20.06.2009
Nemrut Kalderası	Bitlis	31.01.2013

Sulak alanların korunması ve akıllıca kullanılması amacıyla imzalanan Ramsar Sözleşmesi, sulak alanların sınıflandırılması ve bu alanların belirlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, Ramsar Sözleşmesi ve bazı diğer uluslararası kuruluşlar tarafından çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Sulak alanları sınıflandırmak, ekosistemleri düzgün bir şekilde değerlendirip yönetmek için öneme sahiptir. Sınıflandırma, sulak alanların bilgi ve özelliklerini sıralamada, karşılaştırmada, değerlendirmede ve haritalamada çeşitli imkanlar sağlayarak sonuçların ilgili yerlere ulaştırılmasını ve ortak bir perspektif ile anlaşılmasını sağlamaktadır. Sulak alanların

sınıflandırılabilmesi için, sulak alanların sahip olduğu farklı özelliklerden yararlanılmaktadır. Sınıflandırmalar, sulak alanların oluşum şekline, bitki yapısına, jeomorfolojisine, hidrolojisine, fiziksel ve coğrafi özellikler vb. gibi çeşitli niteliklere dayanmaktadır. **Mitsch and Gosselink (2000)**, sulak alanları üç farklı ekolojik düzeyde sınıflandırmışlardır. Sınıflandırmayı, sulak alanlarda yaşayan canlıların çeşitliliği, ekosistem yapıları ve biyosfer üzerindeki etkilerine göre yapmışlardır. **Murillo-Pacheco vd. (2016)**, sulak alanları oluşumuna göre üç farklı grupta sınıflandırmıştır: Doğal Sulak Alan, Karma Sulak Alan ve Yapay Sulak Alan. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (EPA) ise, sulak alanları hidrolojisine göre kıyı sulak alanları ve iç sulak alanları olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Ramsar Sözleşmesi'ne göre sulak alanlar üç ana grupta sınıflandırılmış ve bu gruplar altında çeşitli tipler belirlenmiştir **[Web 4]**. Ülkemiz, çok çeşitli tiplerde sulak alanlara sahip olmasıyla sulak alanlar açısından zengin bir ülkedir. Ülkenin sulak alanları, Batı Palearktık Bölgesindeki dört ana kuş göç yolunun ikisinden geçmesi nedeniyle uluslararası öneme sahiptir. Farklı iklim tiplerine ve stratejik coğrafi konuma sahip olması, çeşitli türde sulak alanların oluşmasına olanak tanır. Bu özellikler sayesinde ülkemiz, nesli tehlike altında olan ve nadir kuş türleri için bir cazibe merkezi konumundadır. Sulak alanların özelliklerine göre en uygun sınıflandırma ise Avrupa Topluluğu (European Community) tarafından 1993'te yapılmıştır **[Meriç ve Serhan, 2013]**. Bu sınıflandırmada sulak alanlar yedi grup halinde belirlenmiştir: Haliç ve deltalar, tatlı su bataklıkları, göller, nehir ve taşkın ovaları, turbalıklar, kıyısal sulak alanlar ve insan yapımı sulak alanlar. Avrupa Topluluğu, sulak alanların ekolojik, ekonomik ve sosyal değerlerini dikkate alarak bu alanları belirli kategorilere ayırmıştır. Bu kategorilerden biri olan göller grubu, özellikle tatlı su kaynakları, biyolojik çeşitlilik ve su kalitesi açısından kritik öneme sahiptir. Göller, ekolojik ve ekonomik değerleri nedeniyle korunması ve sürdürülebilir yönetimi büyük önem taşıyan doğal kaynaklardır. Göller grubu içerisindeki sulak alanlar, habitat çeşitliliği, flora ve fauna zenginliği gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Göller, karalar üzerinde su kütlelerinin biriktiği doğal veya yapay çukur alanlardır. Göller hem doğa hem de insan yaşamı için vazgeçilmez doğal kaynaklardır. Bu nedenle, göllerin korunması ve sürdürülebilir yönetimi büyük önem taşımaktadır. Göllerin sınıflandırılması genellikle oluşum şekilleri, su kimyası, ekolojik özellikler ve hidrografik özelliklere dayanmaktadır. Bu sınıflandırma, göllerin jeolojik ve hidrografik özelliklerini anlamamıza ve çeşitli ekosistem hizmetleri sağlayan bu önemli su kaynaklarını koruma stratejileri geliştirmemize

yardımcı olmaktadır. Göllerin doğal veya yapay oluşumları, ekosistemler, su kaynakları ve insan faaliyetleri açısından büyük önem taşımaktadır.

Göllerin sınıflandırılması genellikle göllerin yer aldıkları çanakların oluşum şekillerine göre yapılmaktadır. Göller, doğal ve yapay olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır. Doğal göller, jeolojik ve hidrografik süreçler sonucunda oluşan çanaklarda su birikmesiyle meydana gelmektedir. Yapay göller, doğal göllerden farklı olarak insan eliyle belirli amaçlara hizmet etmek üzere tasarlanan ve inşa edilen su birikintileridir. **Tablo 2.3**'te oluşumlarına göre göllerin sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 2.3: Oluşumlarına göre göllerin sınıflandırılması

Doğal Göller	Yapay Göller
Tektonik Göller	Baraj
Karstik Göller	Gölet
Volkanik Göller	
Buzul Göller	
Set Gölleri	
Karma Yapılı Göller	

Bu çalışmada, doğal göller başlığı altında yer alan tektonik kökenli göller incelenmiştir. Tektonik göller, yer kabuğunun hareketleri sonucunda oluşan çukurlarda su birikimiyle meydana gelen göller şeklinde tanımlanmaktadır. Tektonik kökenli göllerin oluşumunda, levha hareketlerinin etkisi altında yer kabuğunda meydana gelen çeşitli deformasyonlar ve çöküntüler belirleyici rol oynamaktadır. Bu deformasyonlar sonucu oluşan çukurlarda su birikimiyle göller meydana gelmektedir. Özellikle grabenler, yani yer kabuğunun çökmesiyle oluşan çukurlar, tektonik kökenli göllerin sıkça görüldüğü alanlardır. Fay hatları boyunca oluşan çanaklar da bu göllerin oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, volkanik faaliyetlerin neden olduğu kraterler de tektonik göllerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Tektonik kökenli göllerin oluşumu, uzun vadeli jeolojik süreçlerin karmaşık etkileşimlerinin bir sonucudur. Bu süreçler, su birikiminin yanı sıra çevrelerindeki ekosistemler üzerinde de büyük etkiye sahiptir. Bu göllerin oluşumuyla birlikte suyun akış yönü de belirlenir ve çevresindeki bitki örtüsü, hayvan yaşamı ve diğer ekosistem öğeleri bu akış yönüne göre şekillenir. Bu nedenle, tektonik kökenli göller, çevrelerindeki ekolojik ve biyolojik çeşitlilik için önemli habitatlar sağlamaktadırlar. Bu göllerin jeolojik ve

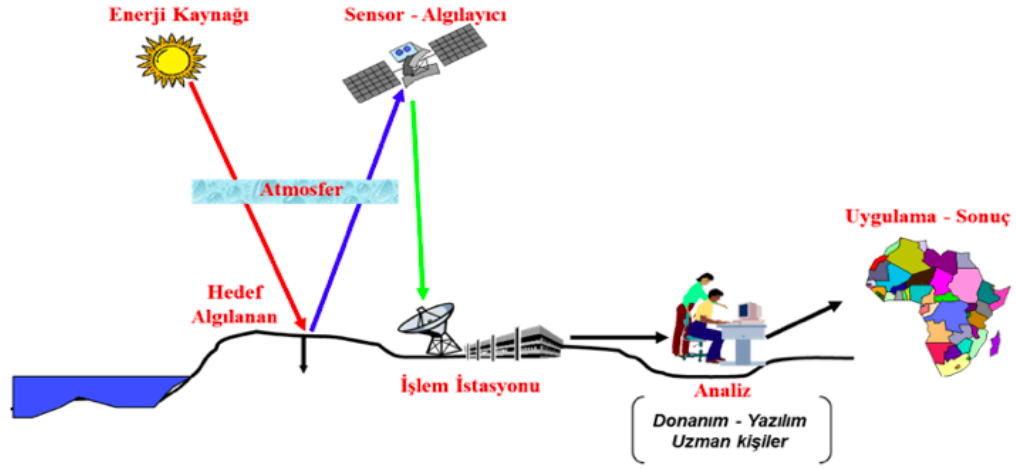
hidrografik özelliklerinin anlaşılması, bilimsel araştırmalar ve doğal kaynakların korunması ile sürdürülebilir yönetim açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Su, yaşam için vazgeçilmez bir kaynaktır. Sulak alanların ekolojik, ekonomik ve toplumsal önemlerinin daha iyi anlaşılması, suyun yenilenemezliği ve kıtlığı konusundaki algıyı etkilemiştir. Bu algı değişikliği, uzun süredir kuruyan veya zarar gören sulak alanların rehabilitasyonunun önemini vurgulamıştır.

2.2. Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Sulak Alanlarda Kullanımı

Uzaktan algılama, hızla gelişen ve yeryüzünün uzaktan izlenmesini sağlayan bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknoloji, herhangi bir cisimle fiziksel temas kurmadan, uzaktan elde edilen görüntüler üzerinden analizler yaparak yeryüzü hakkında bilgi sağlamaktadır. Uzaktan algılama ile ilgili günümüze kadar birbirine yakın birçok farklı tanımlamalar yapılmıştır. Uzaktan algılamanın tanımında iki önemli unsur vurgulanmaktadır. Birincisi yeryüzüne ait algılamanın yeryüzünden, havadan veya atmosfer üstü katmanlardan yapılması, ikincisi ise cisimlerle herhangi bir fiziksel temas olmadan gerçekleştirilmiş olmasıdır. Uzaktan algılama, yeryüzündeki cisimlerden yayılan elektromanyetik enerjinin belirli bir irtifada kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır. Veri toplama işlemi, radyo dalgaları ve morötesi (ultraviyole) spektrumu içeren dalga boylarını kapsayan, uydulara yerleştirilen çeşitli algılayıcı sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu algılayıcı sistemler, elektromanyetik spektrumun belirli bölümlerini, yani bantları kullanarak, belirli dalga boyu aralıklarındaki bilgileri toplamakta ve sayısal olarak depolamaktadır.

Uzaktan algılamada temel eleman, yeryüzünün görüntüsünü kaydetme yeteneğidir. Uzaktan algılamanın temel bileşenleri ise hedef, enerji kaynağı, iletim ve algılayıcıdır. Bu bileşenler, yeryüzü görüntüsünü kaydetme ve analiz etme amacıyla bütünleşmiş bir şekilde çalışmaktadır.



Şekil 2.2: Uzaktan algılama çalışmalarının aşamaları [Web 5].

Uzaktan algılama çalışmaları mekanik bir temas olmadan yayılan ve yansıtılan elektromanyetik enerjinin kaydedilmesi, algılanması ve analiz edilmesi, işlenmesi ve uygulanması aşamalarını içermektedir (**Şekil 2.2**). Uydu kaynaklı uzaktan algılama verilerine olan erişim, 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren belirgin bir şekilde artmıştır, bu da yeryüzü gözlem çalışmalarında önemli bir artış sağladığı görülmektedir. Yüksek spektral ve konumsal çözünürlüğe sahip IKONOS, Worldview-3 gibi uydular, bu verilerin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak, bu tür uyduların çoğu ticari olarak sunulması sebebiyle veri elde edilmesi oldukça maliyetlidir [**Varade vd., 2018**]. Son yıllarda Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından gönderilen Sentinel uyduları, uzaktan algılama teknolojisi için önemli bir kaynak haline gelmiştir. Bu uyduların gözlemleri, dünya üzerindeki çeşitli alanlarda ücretsiz olarak erişilebilir veri sağlamaktadır. Özellikle, Sentinel uydularından alınan görüntüler, doğal kaynak yönetimi, çevresel değişimlerin izlenmesi, tarım ve ormancılık gibi disiplinlerde kapsamlı analizler ve uzaktan algılama çalışmaları için kullanılmaktadır. Avrupa Uzay Ajansı tarafından yörüngeye yerleştirilen ve optik multispektral uydulardan oluşan Sentinel-2 serisi, Sentinel-2A ve Sentinel-2B olarak iki uyduyu kapsamaktadır. Bu iki uydu, aynı yörüngede 180° açıyla hareket etmektedir. Sentinel uydularından elde edilen görüntüler, 10, 20 ve 60 metrelik mekansal çözünürlüğe sahip 13 spektral bant ile yüksek mekansal ve spektral çözünürlük sunmaktadır. Ayrıca, 290 km^2 'lik geniş bir görüntülme alanına sahip uydular, her beş günde bir Dünya'nın tamamını içeren görüntüler elde etmektedir.

[Vuolo vd., 2016]. Sentinel-2 uydularının sahip olduğu bu yetenekler, pek çok çalışmada oldukça kullanışlı hale getirmektedir. Dünya yüzeyini yüksek çözünürlüklü ve çok spektral bantlarda gözlemleyerek tarım, ormancılık, çevre izleme, afet yönetimi gibi çeşitli alanlarda değerli veriler sağlamaktadır.

Uzaktan algılama, sulak alanların tespiti ve izlenmesi için önemli bir araçtır. Uydu görüntülerinden yararlanılarak geliştirilmiş yardımcı veri setleri, sulak alanların diğer arazi sınıflarından doğru bir şekilde ayırt edilmesini ve su bileşenlerinin hassas bir şekilde karakterize edilmesini mümkün kılmaktadır. Yardımcı veri setleriyle üretilen görüntüler, belirli bir amacın gerçekleştirilmesi için orijinal görüntülere göre daha yararlı olabilmektedir. Bu yeni görüntüler, tek başlarına veya orijinal görüntülerle birlikte kullanılabilmekte ve değerlendirilebilmektedir. Yardımcı veri setleri, sulak alanların bölgesel inceleme fırsatı sunması, değişiminin izlenmesini ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasını desteklemektedir. Uydu görüntülerinden üretilen su indeks görüntüleri, herhangi bir coğrafi bölgede meydana gelen zamansal değişimin takibini sağlamak için kullanılmaktadır.

Su alanlarının değişiminin izlenmesinin yanı sıra son yıllarda, küresel ısınmanın sebep olduğu iklim değişikliklerinin tespit edilmesi ve düzenli olarak izlenmesi için uzaktan algılama teknolojisi kullanılmaktadır. Bu çalışmaların başında, su kalitesinin önemli bir parçası olan alg patlamaları yer almaktadır. Mikroalgler, yaşadıkları ekosisteme olağandışı besin girişi ile hızla gelişip çoğalarak ötrofikasyon olarak bilinen durumu oluşturmaktadırlar. Alg patlamaları, su kütlesinin yüzeyini yemyeşil bir renk ile kaplar ve toksin üreterek birçok hayvan türünde hastalıklara veya ölümlere neden olabilmektedir. Ayrıca, suyun oksijen seviyesini düşürerek balık ölümlerine sebep olabilmekte ve güneş ışığını engelleyerek su çevresindeki bitki örtüsünü olumsuz etkilemektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2021’de yayınlanan bir raporda, fiziksel su kıtlığı ve tatlı su kirliliğinin yerel etkilerinin sağlık, ekonomik kalkınma ve gıda güvenliğini ciddi şekilde tehdit ettiği vurgulanmıştır. Su sıcaklığındaki hızlı değişiklikler, artan kirlilik konsantrasyonu ve ötrofikasyon nedeniyle meydana gelen bu değişiklikler, zararlı alg çoğalmaları (HAB) gibi önemli çevre sorunlarına yol açmaktadır şeklinde belirtmişlerdir. Bu doğrultuda, su alanlarında meydana gelen alansal değişimlerin analizi ve alg oluşumlarının tespiti gibi önemli etkilerin belirlenmesi için uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılması vazgeçilmez bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır [Kavzoğlu vd., 2021].

3. ÇALIŞMA ALANLARI VE VERİ SETİ

3.1. Çalışma Alanları

3.1.1. Acı Göl

Acı Göl, Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinde yer alan önemli bir tuz gölüdür. Acı Göl, göller yöresi kapalı havzasında, Denizli ile Afyonkarahisar illerini arasında yer alan tektonik oluşumlu göldür. **Şekil 3.1**'de Acı Göl'e ait Haziran 2024 tarihli Google Earth (GE) görüntüsü verilmiştir. Türkiye'nin tek doğal sodyum kaynağı olması, bu gölü hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir hale getirmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu sahip olması nedeniyle gölde sadece belirli türde organizmalar yaşamaktadır, bu da gölün biyolojik çeşitliliğini sınırlamaktadır. Aynı zamanda gölden elde edilen tuz, yerel ekonomiye büyük katkı sağlamakta ve bölgedeki tuz üretiminde kritik bir rol oynamaktadır. Göl çevresindeki tuz üretim tesisleri hem yerel istihdam yaratmakta hem de ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Ancak, gölün su seviyesi ve su kalitesi, çevresel faktörler ve insan faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Özellikle iklim değişikliği, kuraklık, tarımsal sulama ve endüstriyel faaliyetler, gölün ekosistemini ve su dengesini tehdit etmektedir. Acı Göl, tuz üretimi, kuşların göç rotasında bulunması ve çevresindeki düzlüklerde hayvancılık yapılması nedeniyle Türkiye'nin önemli verimli alanlarından biridir.



Şekil 3.1: Acı Göl'e ait Google Earth görüntüsü.

3.1.2. Burdur Gölü

Burdur Gölü, Burdur ilinde ve Isparta ilinin sınırında yer almaktadır. Türkiye'nin yüz ölçümü bakımından yedinci sırada yer alan göl, tuzlu göller içerisinde üçüncü sırada aynı zamanda Göller Bölgesi'nin en büyük gölleri arasında gelmektedir. **Şekil 3.2'**de Burdur Gölü'ne ait Haziran 2024 tarihli Google Earth (GE) görüntüsü verilmiştir. Burdur Gölü'nün bulunduğu konum yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi oldukça soğuk geçmektedir. Bu doğrultuda gölün Akdeniz iklimini yansıttığını ancak karasal iklim tipinde yaşandığını göstermektedir. Burdur Gölü, akarsularla ve içinde olduğu tektonik çukurun yeraltı suları ile üzerine doğrudan düşen yağışlarla beslenmektedir. Burdur Gölü'nün suyu tuzlu karakter özelliği göstermektedir. Bu durum, suyun yüksek sodyum, sülfat vb. içeriğinden dolayı bitki türü çeşitliliğinin azaldığı ve sadece birkaç balık türünün yaşayabildiği anlamına gelmektedir **[SYGM, 2019]**. Burdur Gölü'nde yaşayan su bitkileri ve balık gibi canlı türlerinin sayısı ve çeşitliliği sınırlı olmasına karşın gölde endemik türler bulunmaktadır. Endemik türleri içerisinde barındıran gölün sulak alan anlamında önemini arttırmaktadır. Çeşitli ekosistemlere, özellikle de birçok kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır **[Yiğitbaşıoğlu ve Uğur, 2010]**. Burdur Gölü, ekosistem olarak büyük bir öneme sahip olduğundan dolayı UNESCO 1994'te gölün yarıya yakınına Ramsar Sözleşmesi'ne kapsamına almıştır. 1998 yılına gelindiğinde gölün tamamı Ramsar alanı olarak ilan edilmiştir. Alan, Kültür Bakanlığı tarafından aynı yıl içerisinde I. Derece Doğal Sit Alanı ilan edilmiştir.



Şekil 3.2: Burdur Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.1.3. Eğirdir Gölü

Eğirdir Gölü, Türkiye'nin Isparta ilinde yer alan ve Türkiye'nin en büyük tatlı su gölleri arasında olan önemli bir sulak alanıdır. Eğirdir Gölü'ne ait Haziran 2024 tarihli Google Earth görüntüsü **Şekil 3.3**'te verilmiştir. Eğirdir Gölü hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük bir değere sahiptir. Göl, çevresindeki tarım arazileri için önemli bir sulama kaynağıdır ve aynı zamanda balıkçılık faaliyetleri için de kullanılmaktadır. Gölün çevresi, zengin bitki örtüsü ve çeşitli hayvan türlerine ev sahipliği yapmasıyla da ekolojik açıdan değerli bir alan oluşturmaktadır. Göl, aynı zamanda turizm açısından da önemli bir alandır. Eğirdir Gölü'nün su seviyesi, çevresel faktörler ve insan faaliyetleri nedeniyle zaman zaman değişkenlik göstermektedir. Özellikle iklim değişikliği, kuraklık ve aşırı su kullanımı, gölün su dengesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Tarımsal sulama için aşırı su çekilmesi, gölün ekosistemine zarar verebilmekte ve su kalitesini düşürebilmektedir. Göl, maksimum su seviyesi çevresindeki alanıyla birlikte 1. Derece Doğal Sit Alanı olarak koruma altına alınmıştır. Ayrıca, maksimum su seviyesinden 300 metre uzaklıktaki alan ise 3. Derece Doğal Sit Alanı olarak tanımlanmıştır. Eğirdir Gölü, A Sınıfı Sulak Alan kategorisinde yer almaktadır [Keskin vd., 2017]. Bu nedenle, Eğirdir Gölü'nün korunması ve sürdürülebilir yönetimi, bölgedeki ekolojik denge ve yerel topluluklar için büyük bir önem taşımaktadır. Koruma önlemleri ve su yönetimi stratejileri, gölün doğal dengesinin korunmasına yardımcı olacaktır.



Şekil 3.3: Eğirdir Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.1.4. Kuyucuk Gölü

Kuyucuk Gölü, Kars ilinin Arpaçay ilçesi sınırlarında yer alan ve adını batısında bulunan Kuyucuk köyünden alan önemli bir sulak alanıdır (**Şekil 3.4**). Göl, dünyadaki 34 biyolojik çeşitlilik noktasından birinde konumlanmaktadır. Gölün sığ yapısı nedeniyle yüksek bir kuş çeşitliliğine ev sahipliği yapmaktadır. Göçmen kuşların göç güzergahı üzerinde bulunması nedeniyle, yaklaşık 250 kuş türünün bu alanı konaklama, beslenme, barınma ve üreme amaçlı kullandığı tahmin edilmektedir. Bu özellikleriyle Kuyucuk Gölü, göçmen kuşlar için kritik bir dinlenme ve beslenme alanı sunmakta ve yerli kuş türleri için de önemli bir habitat sağlamaktadır [**Sakaoglu, 2021**]. Kuyucuk Gölü'nün bulunduğu konumun yüksekliği ve ülkenin kuzeyinde yer alması nedeniyle, sıcaklık ortalamaları genellikle Türkiye ortalamasının altında seyretmektedir. İklimsel özellikler, göl ekosisteminin dinamiklerini ve burada yaşayan türlerin yaşam döngülerini doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda göl ilkbahar ve sonbahar aylarında yüksek kuş çeşitliliğine sahip olması ile dikkat çekmektedir. Kuyucuk Gölü, çeşitli kuş türlerine yaşam alanı sağlaması ve desteklediği ekosistem açısından büyük öneme sahiptir. Konumu ve tür çeşitliliği sağlaması gibi önemli özellikleri sebebi ile, Kuyucuk Gölü 2009 yılında UNESCO tarafından Dünya Biyosfer Rezervi olarak ilan edilmiştir. Ayrıca, Ramsar Sözleşmesi kapsamında uluslararası öneme sahip sulak alanlar listesinde yer almaktadır. 2009'da Türkiye'nin on üçüncü ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde Ramsar statüsü kazanmış ilk sulak alanıdır.



Şekil 3.4: Kuyucuk Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.1.5. Manyas Gölü

Manyas Gölü, Balıkesir ilinin Bandırma ilçesinde yer almaktadır. **Şekil 3.5**'te göle ait Haziran 2024 tarihli Google Earth görüntüsü verilmiştir. Geniş ve sığ bir yüzey alanına sahip olan göl tatlı su gölüdür. Manyas Gölü, Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde bulunan ve biyolojik çeşitlilik açısından büyük öneme sahip bir sulak alandır. Kuş gözlemciliği için önemli bir merkez olan göl hem yerli hem de göçmen kuşlar için kritik bir habitat sunmaktadır. Göl, ayrıca nesli tehlike altında olan bazı kuş türleri için de kritik bir yaşam alanı sağlamaktadır. Sağladığı ekonomik faydaların yanı sıra genellikle fark edilmeyen ekolojik faydaların da önemli olduğu bir ekosistemdir. Manyas Gölü'nün kıyı kesimleri genellikle sazlıktır. Su, içinde bol miktarda kil bulunduğundan dolayı bulanıktır [Sakaoğlu, 2021]. Gölün kuzeydoğusunda yer alan Kuş Cenneti ile her sene tahmini 2-3 milyon civarında kuş geldiği bilinmektedir. 1959 yılında ise bölge Milli Park sınırları içerisine alınmıştır. Manyas Gölü'nde Akdeniz iklimi etkileri görülmektedir. Kış mevsimi ılık ve yağışlı geçerken yaz mevsimi sıcak ve az yağışlı geçmektedir. Manyas Gölü, 1959 yılında kurulan Kuş Cenneti Milli Parkı'nın bir parçasıdır. Türkiye'de Kuş Cenneti olarak nitelendirilen göl bu özelliğiyle kuşların, sulak alanların ve özellikle doğanın tanınmasına olanak sağlamıştır. Ayrıca, 1994 yılında Ramsar Sözleşmesi'ne dshil edilerek uluslararası öneme sahip sulak alan statüsü kazanmıştır. Ayrıca Manyas Gölü, Türkiye'de Ramsar Sözleşmesi statüsü kazanan ilk beş sulak alandan biridir.



Şekil 3.5: Manyas Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.1.6. Seyfe Gölü

Seyfe Gölü, Kırşehir ilinin Mucur ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Seyfe Gölü, tektonik oluşumlu bir havzada yer almaktadır. Adını batısındaki Seyfe Köyü'nden alan göl, geniş ve sığ bir göldür. **Şekil 3.6**'da Seyfe Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü verilmiştir. Seyfe Gölü'nün bulunduğu konumun fiziki coğrafya koşulları kendine özgü bir ekosistem gelişmesine olanak sağlamıştır. Seyfe Gölü ve çevresi yarıkurak iklim özelliklerine sahiptir. Tuzlu suya sahip olan göl çevresindeki tarım alanlarından ve çeşitli akarsulardan beslenmektedir. Seyfe Gölü'nde yaşayan canlılar az olmasına rağmen, gölün en önemli özelliği göçmen kuşların göç yolları üzerinde bulunmasıdır. Seyfe Gölü, kuş türleri açısından zengin bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Göl çevresinde ve içinde, son tespitlere göre 160'tan fazla kuş türü gözlemlenmektedir. Göl aynı zamanda nesli tehlike altında olan bazı kuş türleri için de kritik bir yaşam alanı sağlamaktadır. Bu doğrultuda göl hem yerli hem de göçmen kuşlar için önemli bir habitat sunmaktadır. Aynı zamanda Seyfe Gölü, içme suyu temini başta olmak üzere tarımda sulama imkânı sunması sosyo-ekonomik gelişmeye katkı sağlayan önemli bir kaynaktır. Sunduğu imkân neticesinde göl ve çevresindeki yaşayanların kalkınmasının temel girdilerini sunan en önemli kaynak özelliği taşımaktadır. Seyfe Gölü, 1989'da 1. Derece Doğal Sit Alanı ilan edilirken, 1990'da Tabiatı Koruma Alanı ilan edilmiştir. 1994 yılında Türkiye'nin Ramsar Sözleşmesine taraf olmasıyla birlikte, göl uluslararası öneme sahip sulak alan statüsü kazanmıştır.



Şekil 3.6: Seyfe Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.1.7. Uluabat Gölü

Uluabat Gölü, Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde, Bursa il sınırları içinde konumlanmış önemli bir tatlı su gölüdür. **Şekil 3.7'**de Uluabat Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü verilmiştir. Uluabat Gölü, alüvyal set gölü olarak tektonizma kontrolünde açılan bir ova içinde oluşmuştur. Uluabat Gölü, bölgedeki yerel iklim koşullarından etkilenmektedir. Coğrafi konumu nedeniyle yaz ve kış mevsiminde çeşitli basınç ve hava kütlelerinin etkisi altındadır. Bunun yanı sıra Akdeniz ikliminin yaşandığı bölgelere kıyasla kış mevsimindeki sıcaklık değerleri enlemin etkisi ile daha düşüktür. Ancak kış mevsiminin ılık geçmesi ve çok yağış alması nedeniyle göl, Akdeniz iklimine yaklaşmaktadır. Bu durum gölün, Marmara geçiş tipi iklimi olarak bilinen bozulmuş bir Akdeniz iklimi tipini gösterdiği anlamına gelmektedir [Sakaoğlu, 2021]. Uluabat Gölü, kuş türleri açısından zengin biyolojik çeşitliliği ile ülkemizin önemli gölleri arasındadır. Türkiye'nin balık ve kuş türlerini bir arada bulundurması açısından zengin göllerinin başında gelmektedir. Gölde tespit edilen kuş türleri arasında göçmen kuşlar da bulunmaktadır. Göl aynı zamanda sazlık alanları ve bitki örtüsü ile çevrili alanları ile çeşitli kuş türleri için önemli bir yaşam alanı sağlamaktadır. Aynı zamanda Uluabat Gölü, balıkçılık ve tarım gibi ekonomik faaliyetler için önemli bir kaynak sağlamaktadır. 1998 yılında Ramsar Sözleşmesi'ne dahil edilerek Ramsar Alanı olarak ilan edilmiştir. Aynı zamanda göl 4. Uluslararası Expo 2000 Konferansı'nda uluslararası Yaşayan Göller Ağı içerisine alınmıştır. Bu özelliği ile Türkiye'de Yaşayan Göl unvanına sahip tek göldür.

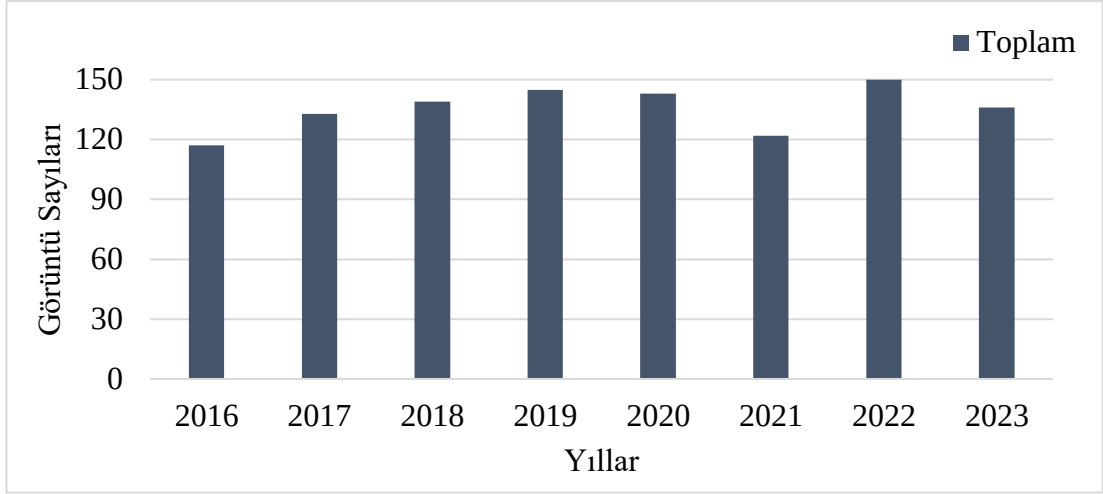


Şekil 3.7: Uluabat Gölü'ne ait Google Earth görüntüsü.

3.2. Veri Seti

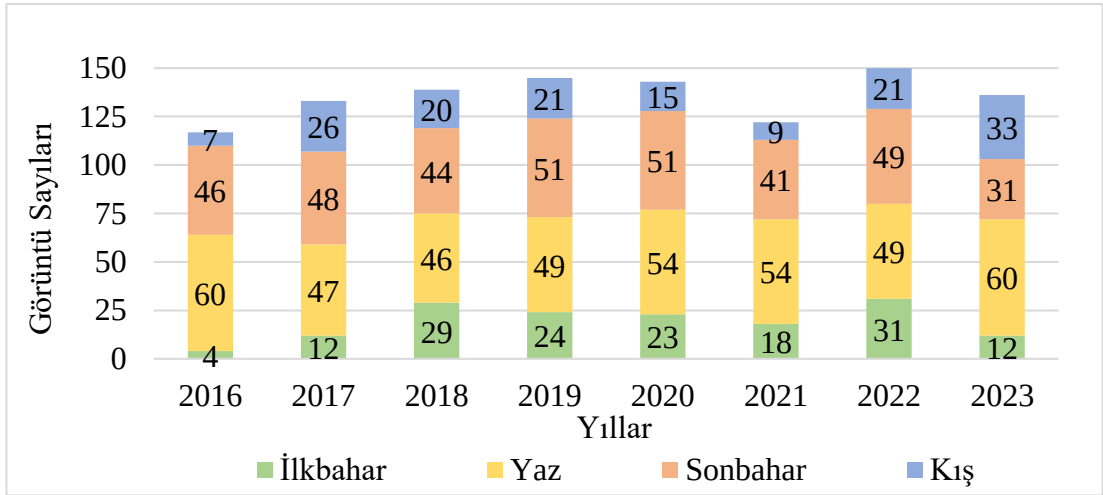
Araştırmanın temelini oluşturan sekiz farklı göle ait Sentinel-2A uydu görüntüleri, Google Earth Engine'in (GEE) ücretsiz olarak erişime sunduğu verilerden elde edilmiştir. GEE platformunda gerçekleştirilen sorgulamalar sonucunda bu görüntüler toplanmıştır. Bu çalışma kapsamında, uydu görüntülerinin analizinde GEE'nin sağladığı imkanlardan faydalanılmıştır. GEE, kullanıcıların çeşitli sorgularla uydu görüntülerine erişebilmesine ve bunları detaylı analizler için kullanabilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, araştırma kapsamında elde edilen veriler GEE platformu üzerinden sistematik bir şekilde işlenmiş ve analiz edilmiştir. Su seviyesindeki değişimlerin incelenmesi ve su yüzeyinin genel durumunun belirlenmesi amacıyla ilk olarak yıllık periyotta uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bulutların varlığı, uydu görüntülerinin netliğini ve kalitesini olumsuz etkileyerek, göl ve çevresinin detaylı olarak incelenmesini güçleştirmektedir. Bu doğrultuda uydu görüntülerinin seçiminde %10 bulut filtresi uygulanarak bulut oranı en az olan görüntüler seçilmiştir. Su yüzey alanının zaman içindeki mevsimsel değişiminin ortaya koyulması için ise uydu görüntüleri mevsimsel sınıflandırılmıştır. Mevsimsel sınıflandırma ile elde edilen görüntülerin tercih edilmesi, su seviyesindeki değişimlerin daha hassas bir şekilde belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Zamansal alg oluşumunun belirlenmesi amacıyla ise göl yüzeyinde bulut ve gölge olmayan uydu görüntülerinin seçilmesine özen gösterilmiştir.

Şekil 3.8'de Burdur Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin sayısı listelenmiştir. 1 Ocak 2016 ile 31 Aralık 2023 tarihleri arasında toplam 1085 uydu görüntüsü elde edilmiştir. Bu dönemde elde edilen uydu görüntülerinin dağılımına bakıldığında, en fazla görüntü sayısı 150 ile 2022 yılında kaydedilirken, en az görüntü sayısı ise 117 ile 2016 yılında tespit edilmiştir.



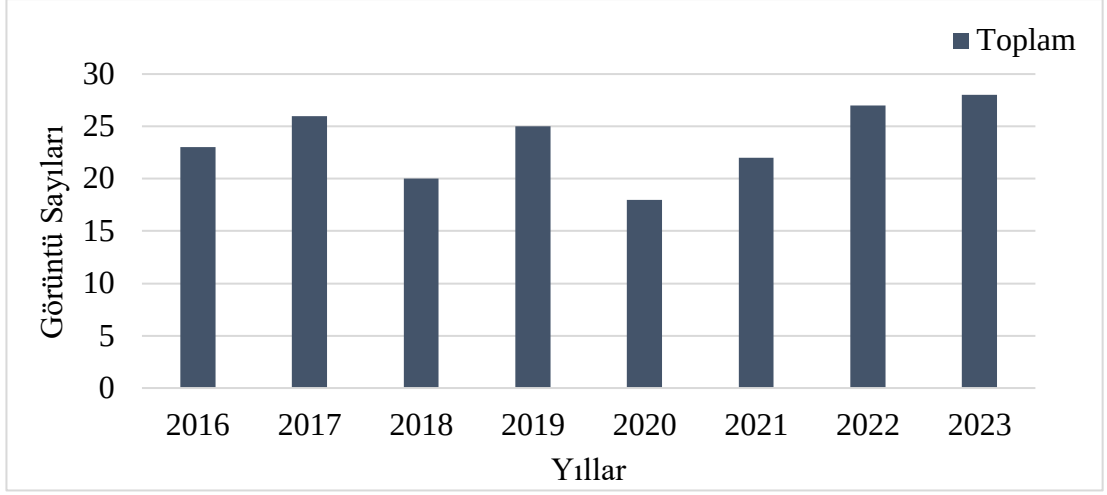
Şekil 3.8: Burdur Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı.

Burdur Gölü için elde edilen uydu görüntüleri mevsimsel sınıflandırıldığında, en az görüntü sayısı kış mevsiminde, en fazla görüntü sayısı yaz mevsiminde elde edildiği belirlenmiştir. En az görüntü sayısı 4 uydu görüntüsü ile 2016 yılının ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir. Ağırlıklı olarak her yıl yaz mevsiminde en fazla görüntü elde edildiği görülmektedir. **Şekil 3.9**'da Burdur Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin mevsimsel dağılımı verilmiştir.



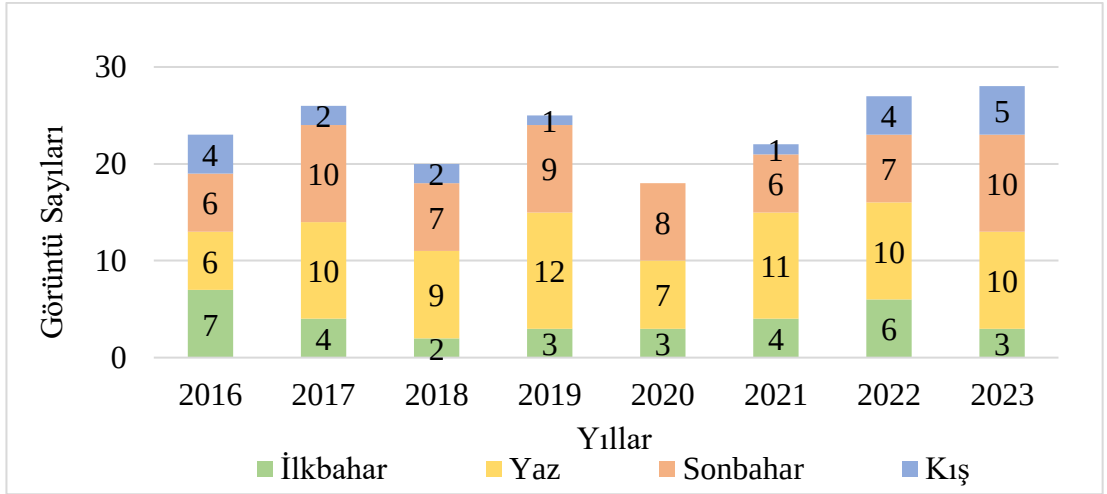
Şekil 3.9: Burdur Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı.

Kuyucuk Gölü'nün 2016-2023 yılları arasındaki değişiminin analizi için toplam 189 uydu görüntüsü kullanılmıştır (**Şekil 3.10**). Uydu görüntülerinin dağılımına bakıldığında, 2023 yılında en fazla görüntü, 2020 yılında en az görüntü elde edilmiştir.



Şekil 3.10: Kuyucuk Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı.

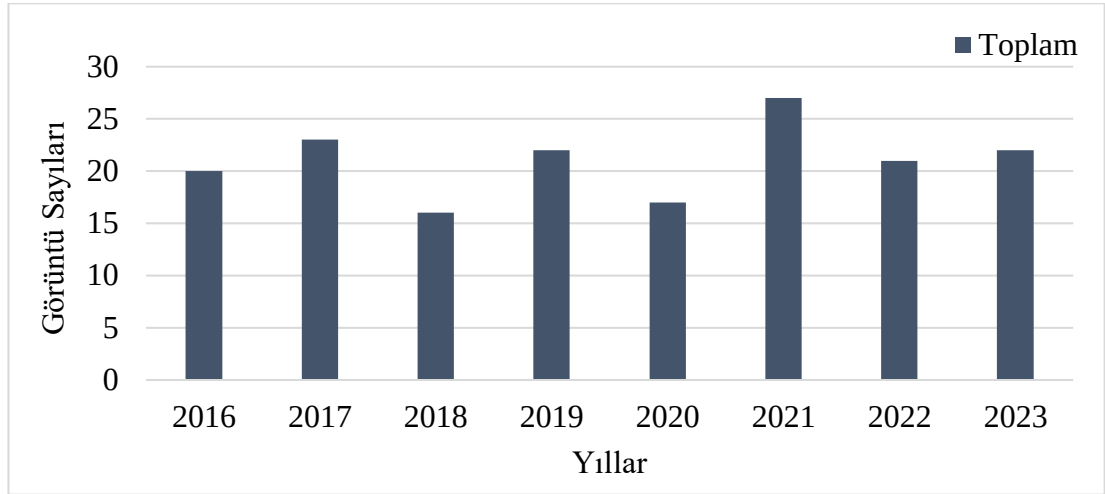
2016-2023 yılları arasında, Kuyucuk Gölü'nün uydu görüntüleri en fazla yaz mevsiminde elde edilmiştir (75 görüntü). Sonbahar mevsiminde 63, ilkbahar mevsiminde 32 ve kış mevsiminde 21 görüntü kullanılmıştır. Bu doğrultuda, en az görüntü kış mevsiminde elde edilmiştir. **Şekil 3.11**'de Kuyucuk Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin mevsimsel dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.11: Kuyucuk Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı.

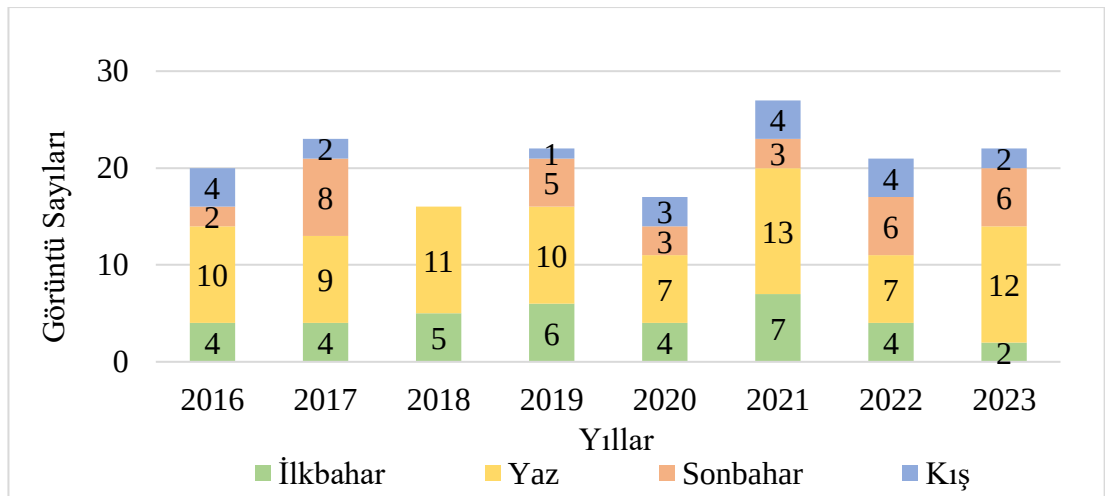
Manyas Gölü için 2016-2023 yılları arasındaki değişimi ortaya koymak üzere toplam 168 uydu görüntüsü kullanılmıştır. **Şekil 3.12**'de Manyas Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin sayısı listelenmiştir. Manyas Gölü'nün diğer çalışma alanlarına

kıyasla daha az uydu görüntüsüne sahip olmasının sebebi, göl sık sık bulut örtüsü altında kalmakta ve bu durum uydu görüntülerinin elde edilmesini zorlaştırmaktadır.



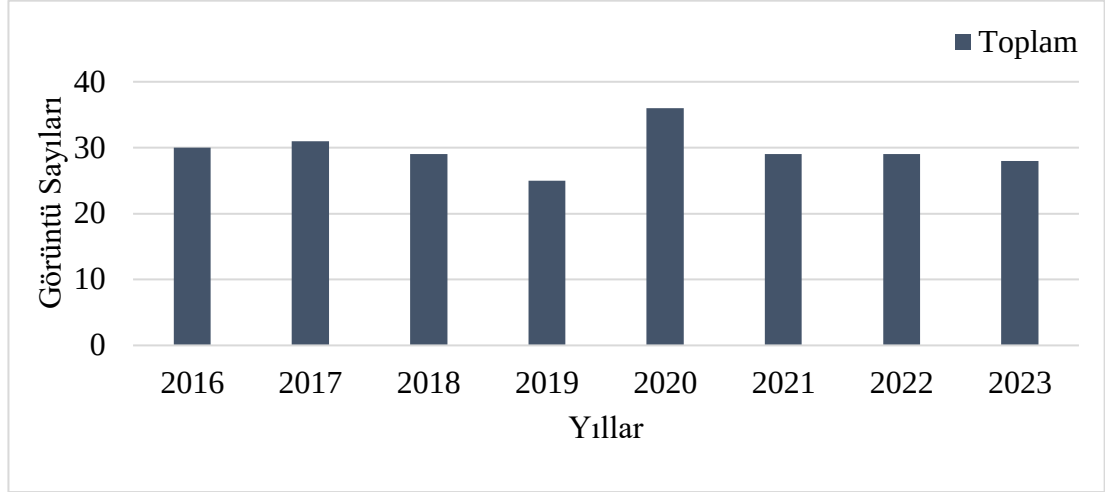
Şekil 3.12: Manyas Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı.

Manyas Gölü için sekiz yıllık uydu görüntüleri mevsimsel incelendiğinde en az uydu görüntü sayısı kış mevsiminde, en fazla uydu görüntüsü sayısı yaz mevsiminde elde edildiği görülmektedir. 2018 yılının sonbahar ve kış aylarında istenilen özelliklerde uydu görüntüsü elde edilememiştir. **Şekil 3.13**'te Manyas Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin mevsimsel dağılımı verilmiştir.



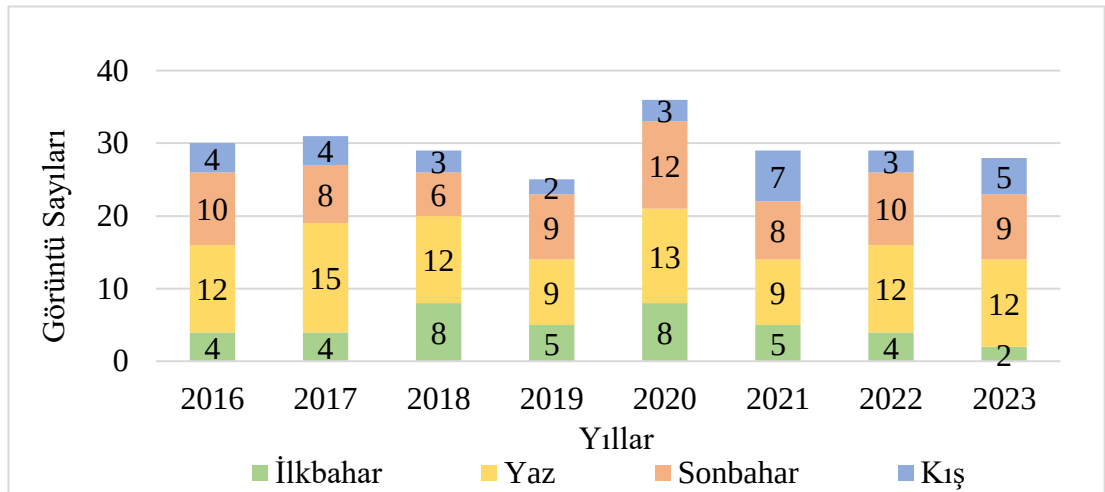
Şekil 3.13: Manyas Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı.

Şekil 3.14'te Seyfe Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin sayısı listelenmiştir. 2016 ile 2023 yılları arasında toplam 237 uydu görüntüsü elde edilmiştir. En fazla görüntü 2020 yılında (36 görüntü), en az görüntü 2019 yılında (25 görüntü) kaydedilmiştir.



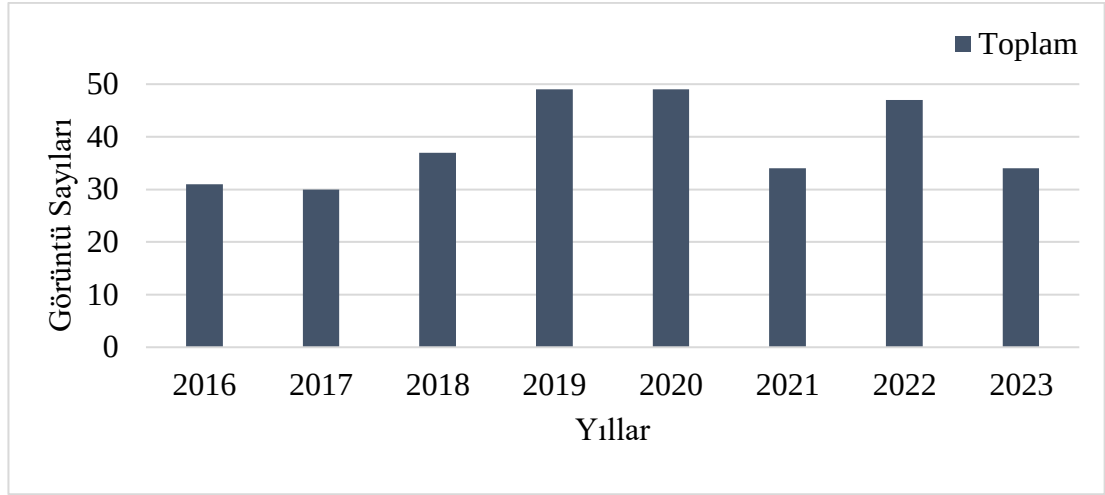
Şekil 3.14: Seyfe Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı.

Mevsimsel bazda en az görüntü sayısı kış mevsiminde, en fazla görüntü sayısı yaz mevsiminde elde edilmiştir. **Şekil 3.15**'te Seyfe Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin mevsimsel dağılımı verilmiştir. Sekiz yıllık periyotta en fazla görüntü yaz mevsiminde elde edilmiştir (94 görüntü), bunu takip eden en fazla görüntü ise sonbahar mevsiminde (72 görüntü) elde edilmiştir.



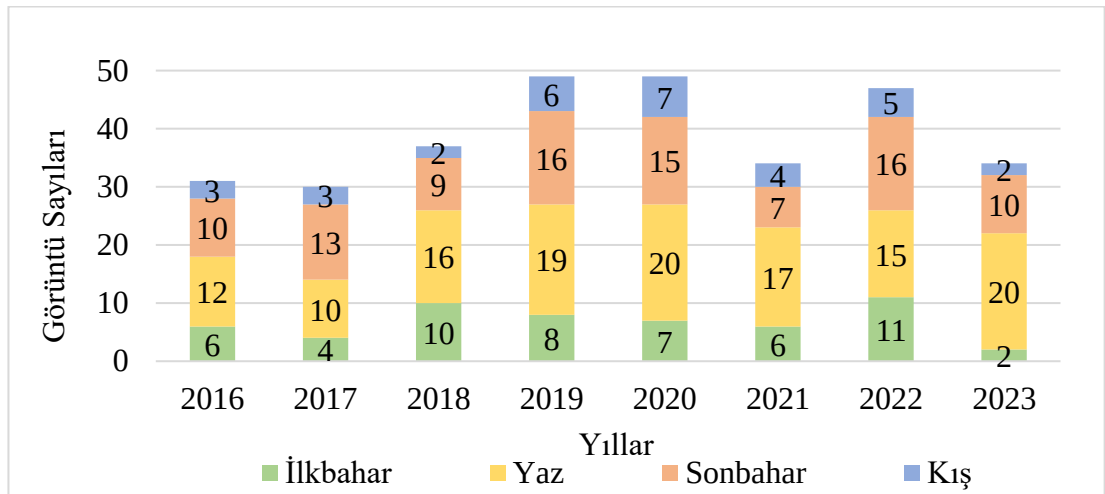
Şekil 3.15: Seyfe Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı.

Uluabat Gölü'nün 2016-2023 yılları arasındaki değişimini ortaya koymak üzere toplam 312 uydu görüntüsü kullanılmıştır. **Şekil 3.16'**da Uluabat Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin dağılımı verilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında toplam 49 uydu görüntüsü kaydedilmiştir ve bu, diğer yıllar içerisinde en fazla uydu görüntüsünün elde edildiği dönemlerdir.



Şekil 3.16: Uluabat Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısı.

Şekil 3.17'de Uluabat Gölü için kullanılan yıllık uydu görüntülerinin mevsimsel dağılımı verilmiştir. Uluabat Gölü için sekiz yıllık uydu görüntüleri mevsimsel incelendiğinde 33 görüntü ile en az uydu görüntüsü kış mevsiminde, 129 görüntü ile en fazla uydu görüntüsü yaz mevsiminde elde edilmiştir.



Şekil 3.17: Uluabat Gölü çalışma alanı için kullanılan görüntü sayısının mevsimsel dağılımı.

4. UYGULAMA

Bu bölüm iki ana bölüm altında incelenmiştir. Birinci bölümde, Ramsar alanı olarak ilan edilen tektonik kökenli beş gölün su yüzey alanında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi ve ortaya koyulması amaçlanmıştır. İkinci bölümde ise, Göller Yöresi'nde yer alan üç gölün zamansal alg oluşumlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, göllerin zamansal alg dağılımı ve yoğunluğunun tespit edilmesi, alg patlamalarının mevsimsel ve yıllık döngüleri, çevresel faktörlerle ilişkileri ve bu durumun su kalitesi ile ekosistem üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Her iki bölümde yapılan analizler Google Earth Engine yazılımında, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.1. Göl Alanlarındaki Değişimlerin Zamansal Olarak İzlenmesi

Tez kapsamında ele alınan tektonik kökenli beş gölün 2016-2023 yılları arasındaki su yüzey alanlarındaki değişimlerin tespiti amacıyla Sentinel-2 görüntüleri üzerinden öncelikli olarak göllerin yıl bazındaki su yüzey alanları NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ve WI indeksleri yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan su yüzey alanları dikkate alınarak değişimler analiz edilmiştir. Yıl bazında ortalama alanlar dışında mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış ayları dikkate alınarak ayrıca su yüzey alanları hesaplanmış ve değişimler analiz edilmiştir. Su yüzey alanı haritaları oluşturulurken eşik değeri belirlenerek su yüzey alanı diğer alanlardan ayrılmıştır. Sıfırdan büyük olan pikseller su yüzeyi olarak tanımlanmış ve sıfırdan küçük olan pikseller su olmayan (kara, bulut, buz vb.) alanlar olarak kabul edilmiştir.

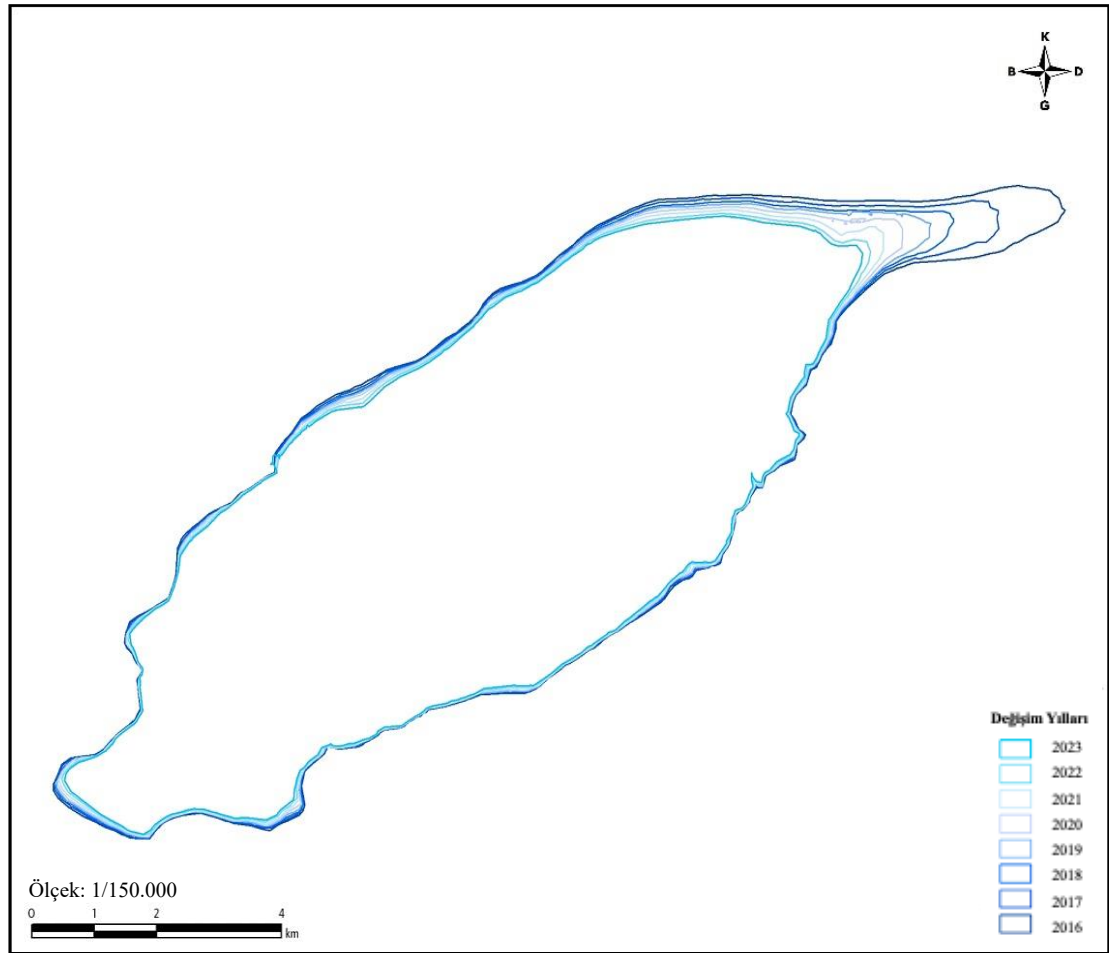
4.1.1. Burdur Gölü

Burdur Gölü'nde NDWI kullanılarak elde edilen su yüzey alanı verileri incelendiğinde, 2016 yılından 2023 yılına kadar olan dönemde, göl su yüzey alanında yaklaşık 13,88 km²'lik bir küçülme yaşadığı tespit edilmiştir. Bu değişim miktarı göl su yüzey alanının yaklaşık %10,45'inin kaybına karşılık gelmektedir (**Tablo 4.1**). 2016-2023 yıllarını kapsayan sekiz yıllık süreçte, Burdur Gölü'nde NDWI ile hesaplanan alan kaybı, diğer indeksler içerisinde en az alan kaybının olduğu indekstir.

Tablo 4.1: Burdur Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

NDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
Alan	132,81	129,46	127,45	125,70	123,85	121,74	120,00	118,93	13,88
Değişim	-	-2,52	-1,55	-1,37	-1,47	-1,70	-1,43	-0,89	-10,45

Şekil 4.1’de NDWI yöntemine göre elde edilen su yüzey alanlarına ait harita verilmiştir.



Şekil 4.1: Burdur Gölü’nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

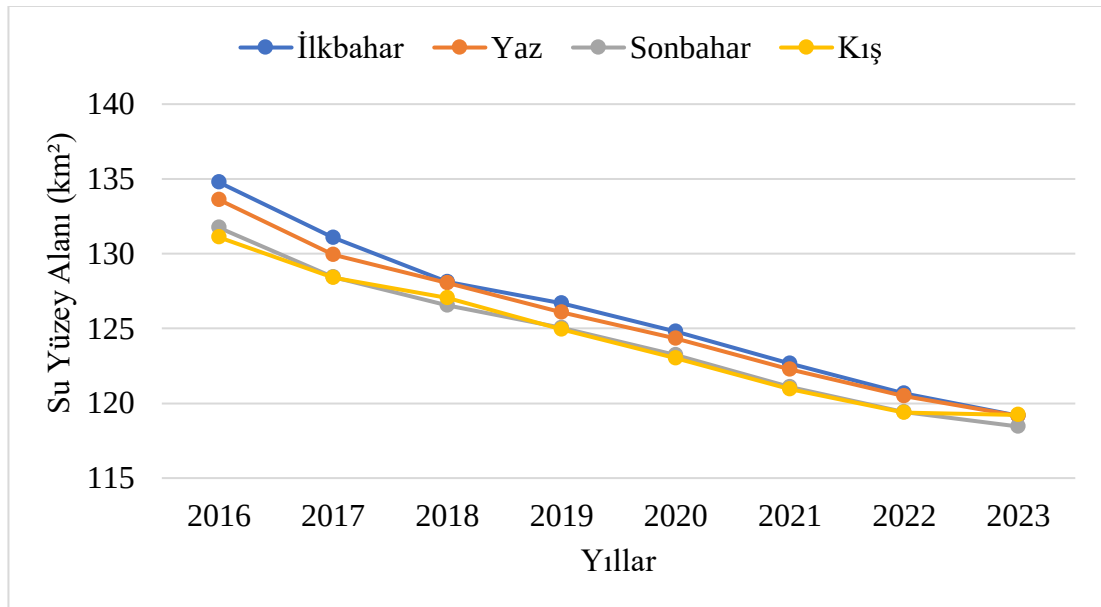
2016-2023 yıllarında meydana gelen değişimde mevsimsel etkileri ortaya koymak üzere uydu görüntüleri mevsimsel bazda sınıflandırılmıştır. NDWI’ya göre mevsimsel

su yüzey alanı verileri **Tablo 4.2**'de verilmiştir. En yüksek NDWI değerleri 2016 yılında, en düşük NDWI değerleri 2023'te görülmektedir.

Tablo 4.2: Burdur Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	134,77	131,06	128,13	126,70	124,80	122,67	120,67	119,17
Yaz	133,61	129,93	128,04	126,10	124,35	122,27	120,49	119,16
Sonbahar	131,74	128,44	126,56	125,04	123,24	121,09	119,43	118,45
Kış	131,10	128,40	127,05	124,94	123,00	120,94	119,39	119,22

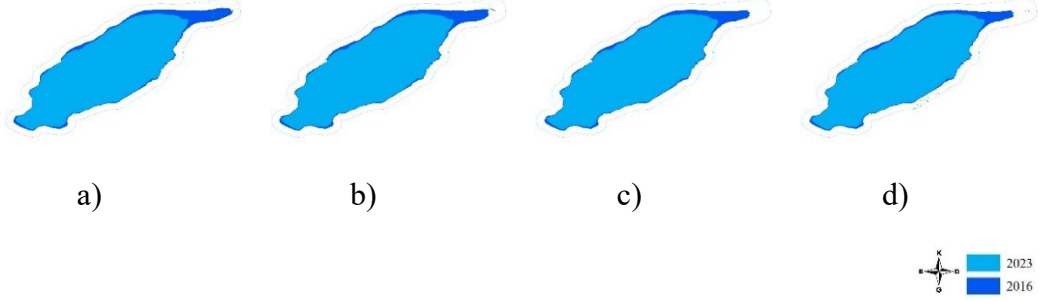
Tüm mevsimlerde 2016'dan 2023'e kadar NDWI değerlerinde belirgin bir azalma görülmektedir. İlkbahar ve yaz mevsimleri genellikle daha yüksek NDWI değerlerine sahipken, sonbahar ve kış mevsimlerinde bu değerler biraz daha düşük seyretmektedir (**Şekil 4.2**).



Şekil 4.2: Burdur Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında, su yüzeyindeki değişim değerlendirildiğinde en büyük azalma ilkbahar mevsiminde gözlemlenmiştir. Kış mevsiminde en az azalma yaşanmış ancak yine de genel eğilimin azalma olduğu tespit edilmiştir. Göl yüzey alanı, ilkbahar

mevsiminde 15,6 km², yaz mevsiminde 14,45 km², sonbahar mevsiminde 13,29 km² ve kış mevsiminde 11,88 km² azalma göstermiştir. **Şekil 4.3**'te 2016-2023 yılları arasında meydana gelen mevsimsel azalmayı gösteren haritalar verilmiştir.



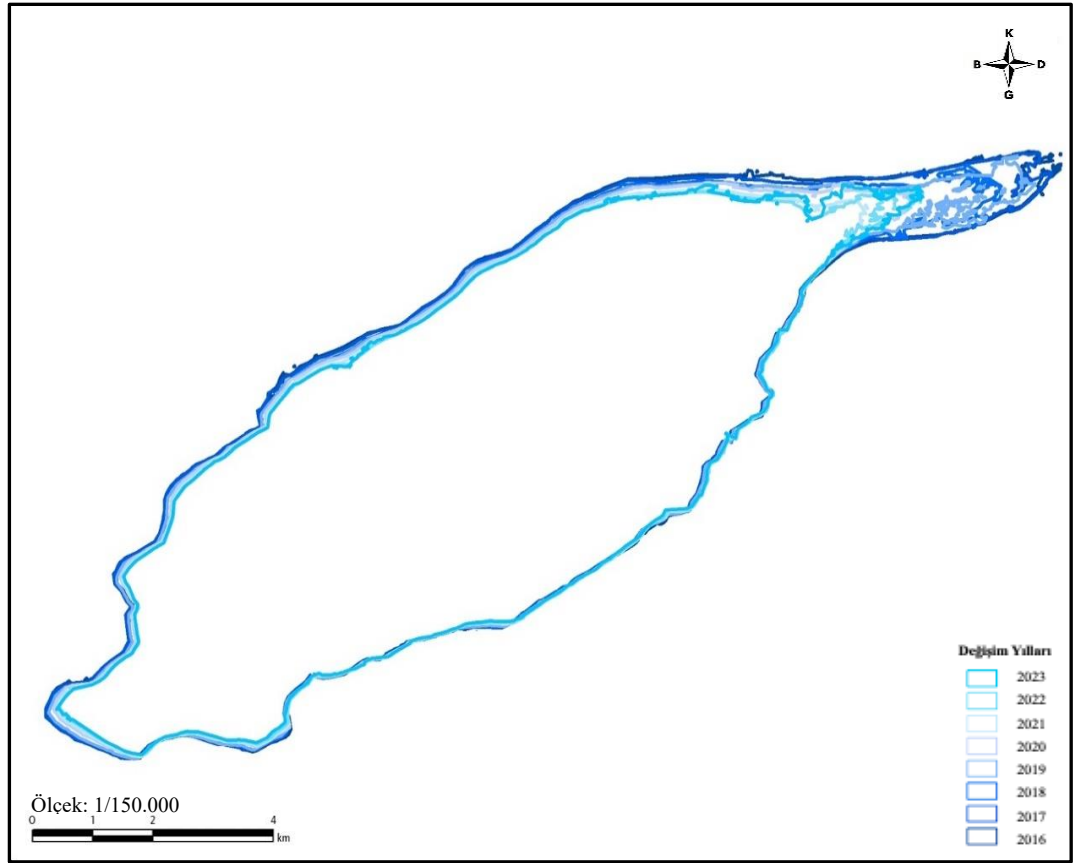
Şekil 4.3: Burdur Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

MNDWI sonuçlarına bakıldığında 2016 yılında 136,33 km² alan kaplayan göl 2023 yılına gelindiğinde 121,37 km²'ye gerilemiştir (**Tablo 4.3**). Bu indekse göre gölün yaklaşık 14,96 km² su yüzey alanını kaybettiği belirlenmiştir. Söz konusu alan kaybı diğer indeksler içerisinde en fazla alan kaybının yaşandığı ikinci indekstir.

Tablo 4.3: Burdur Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

MNDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	136,33	133,79	131,61	129,58	126,75	123,47	122,39	121,37	14,96
Değişim	-	-1,86	-1,63	-1,54	-2,18	-2,59	-0,87	-0,83	-10,97

Sekiz yıllık süre içerisinde su yüzey alanı gerileyerek gölün küçülmesi devam etmiş ve 2016'dan 2023 yılına kadar %10,97'lik negatif yönde alan değişimi görülmüştür. **Şekil 4.4**'te Burdur Gölü'nün MNDWI değişimini gösteren yüz ölçümü haritası verilmiştir.



Şekil 4.4: Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

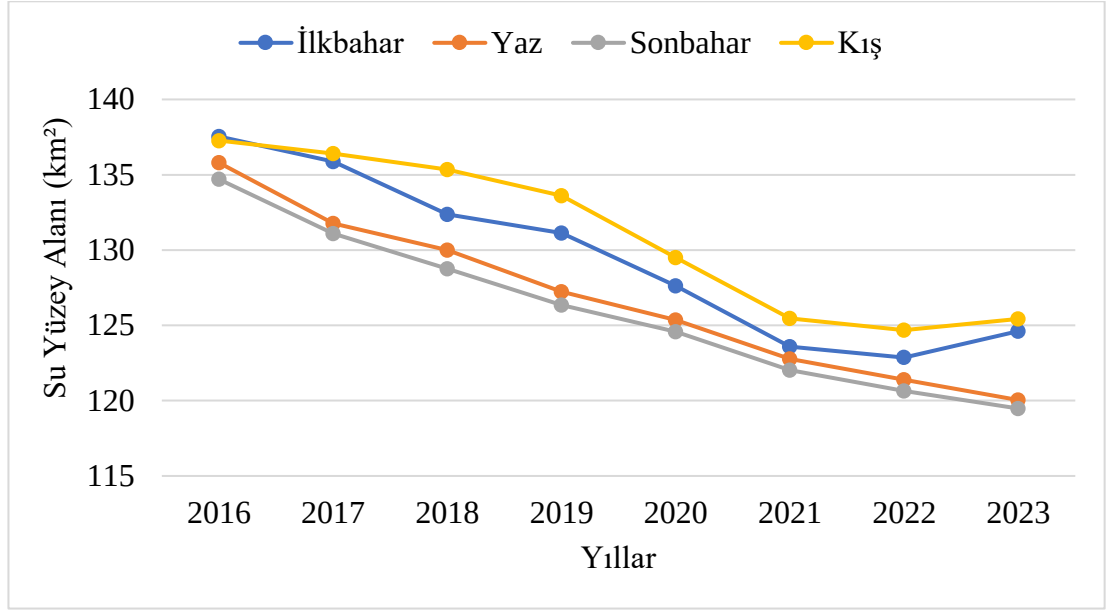
Burdur Gölü'nün MNDWI değerlerindeki ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine ait verilere göre, gölün yüz ölçümünde her mevsimde düzenli bir azalma gözlemlenmiştir (**Tablo 4.4**).

Tablo 4.4: Burdur Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	137,54	135,88	132,35	131,13	127,61	123,60	122,86	124,60
Yaz	135,80	131,76	129,98	127,24	125,35	122,77	121,38	120,04
Sonbahar	134,70	131,10	128,75	126,34	124,56	122,04	120,64	119,48
Kış	137,27	136,41	135,35	133,61	129,49	125,46	124,68	125,44

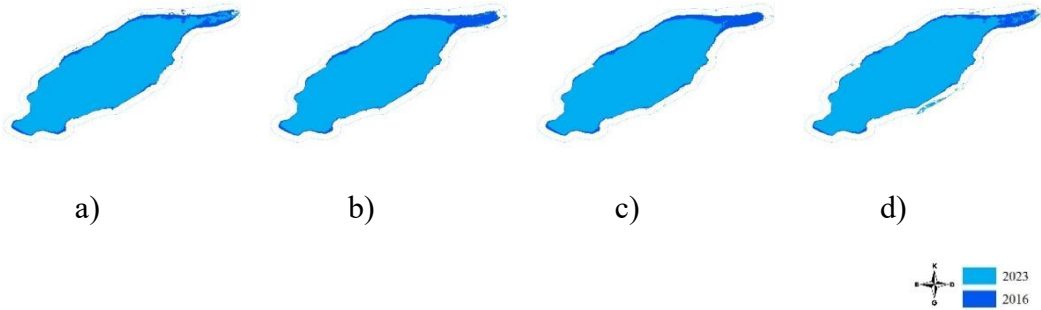
Şekil 4.5'te yıllık periyotta MNDWI değer grafiği sunularak mevsimsel değişim grafiği verilmiştir. Özellikle sonbahar ve yaz aylarında su seviyelerindeki azalma daha belirgindir. En az yüzey alanına 2023 yılında sonbahar mevsiminde 119, 48 km², en

fazla yüzey alanına 2016 yılının ilkbahar mevsiminde 137,54 km² ile olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5: Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında su yüzey alanındaki değişim ilkbahar mevsiminde 12,94 km², yaz mevsiminde 15,76 km², sonbahar mevsiminde 15,22 km² ve kış mevsiminde 11,83 km² azalış göstermiştir (**Şekil 4.6**).



Şekil 4.6: Burdur Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

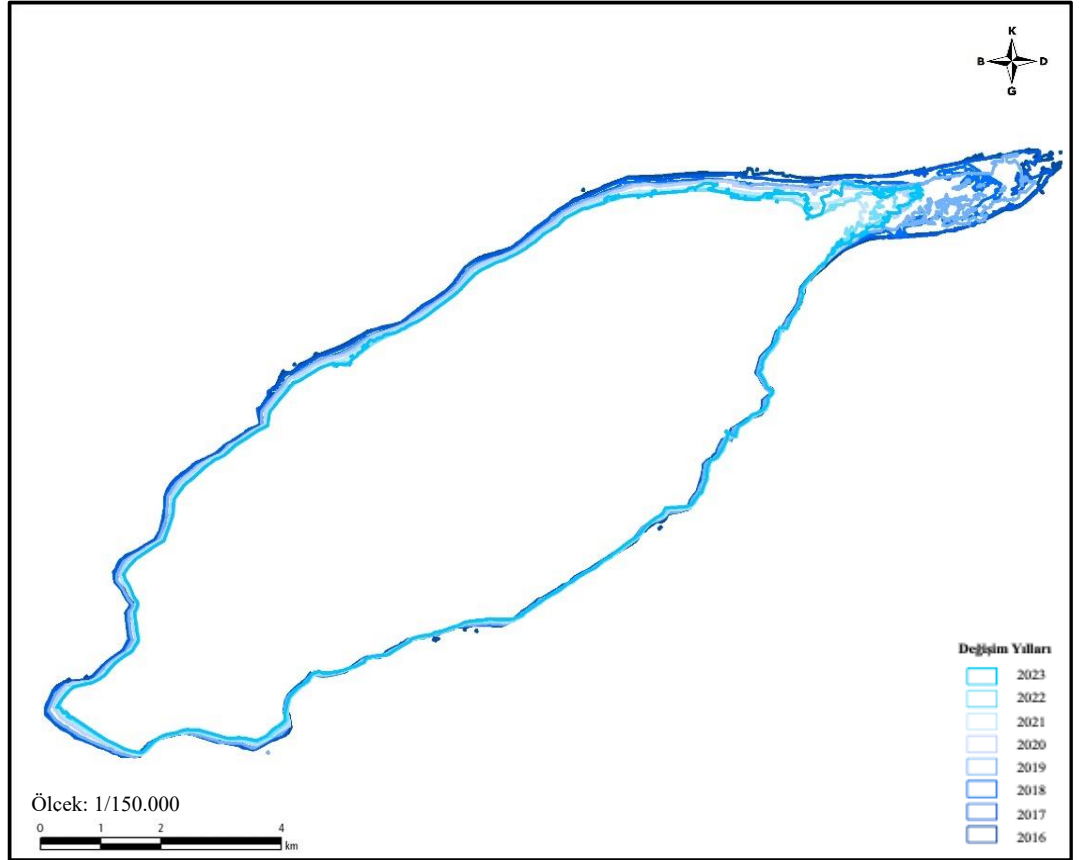
Burdur Gölü'nün AWEI_{sh} yöntemine göre 2016 ile 2023 yılları arasında sürekli olarak azalma göstermiştir. AWEI_{sh} ile gerçekleştirilen su yüzeyi alanı sonuçlarına göre Burdur Gölü, 2016 yılında yaklaşık 137,11 km² alana sahipken 2019 yılına

gelindiğinde bu alan 130,58 km²'ye gerilemiş ve 2023 yılında 122,95 km²'ye kadar düşmüştür (**Tablo 4.5**).

Tablo 4.5: Burdur Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

AWEI _{sh}	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	137,11	134,34	132,91	130,58	127,39	123,96	124,82	122,95	14,16
Değişim	-	-2,02	-1,06	-1,75	-2,44	-2,69	0,69	-1,50	-10,33

Şekil 4.7'de AWEI_{sh} yöntemine göre elde edilen yıllık su yüzey alan değişim haritası verilmiştir.



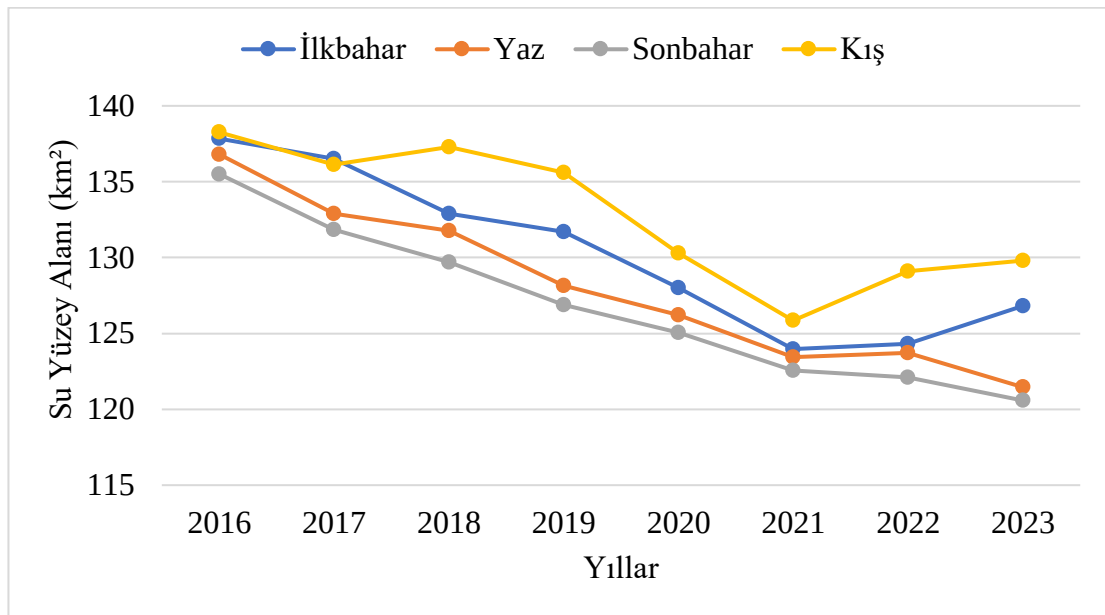
Şekil 4.7: Burdur Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.6'da $AWEI_{sh}$ yöntemine göre hesaplanan mevsimsel su yüzey alanı değerleri verilmiştir.

Tablo 4.6: Burdur Gölü için $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km^2).

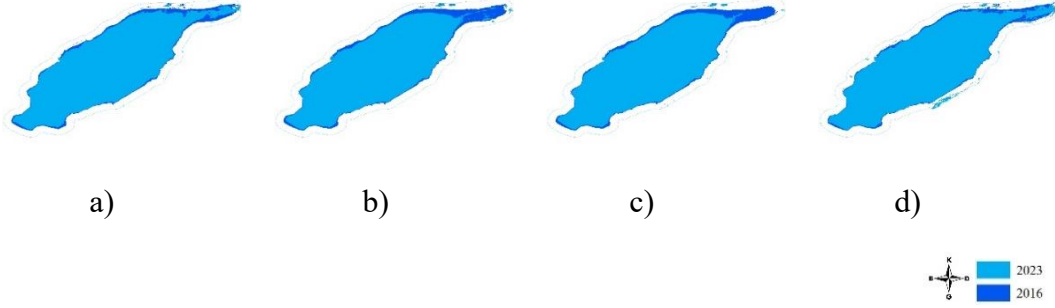
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	137,84	136,51	132,88	131,70	128,02	123,97	124,33	126,81
Yaz	136,81	132,88	131,78	128,15	126,22	123,44	123,73	121,46
Sonbahar	135,51	131,84	129,69	126,88	125,05	122,57	122,12	120,58
Kış	138,26	136,12	137,28	135,60	130,28	125,85	129,10	129,79

2016'dan 2023'e kadar, ilkbahar aylarında $AWEI_{sh}$ değerlerinde genel bir düşüş eğilimi olduğu tespit edilmiştir. 137,84'ten 126,81'e kadar olan düşüş, gölün su yüzeyinin ilkbahar aylarında yıllar içinde küçüldüğünü göstermektedir. Yaz ve sonbahar aylarında da benzer bir düşüş eğilimi gözlemlenmektedir. Kış aylarında ise 2018 ve 2019 yıllarında artış görülse de genel olarak yine düşüş eğilimi hâkim olduğu görülmüştür (**Şekil 4.8**).



Şekil 4.8: Burdur Gölü'nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında su yüzeyindeki değişim ilkbahar mevsiminde 11,03 km², yaz mevsiminde 15,35 km², sonbahar mevsiminde 14,93 km², kış mevsiminde ise 8,47 km² azalış göstermiştir. **Şekil 4.9**'da AWEI_{sh} değerlerine göre Burdur Gölü'nün 2016-2023 yılları içerisinde mevsimsel yüzey alanı değişim haritaları verilmiştir.



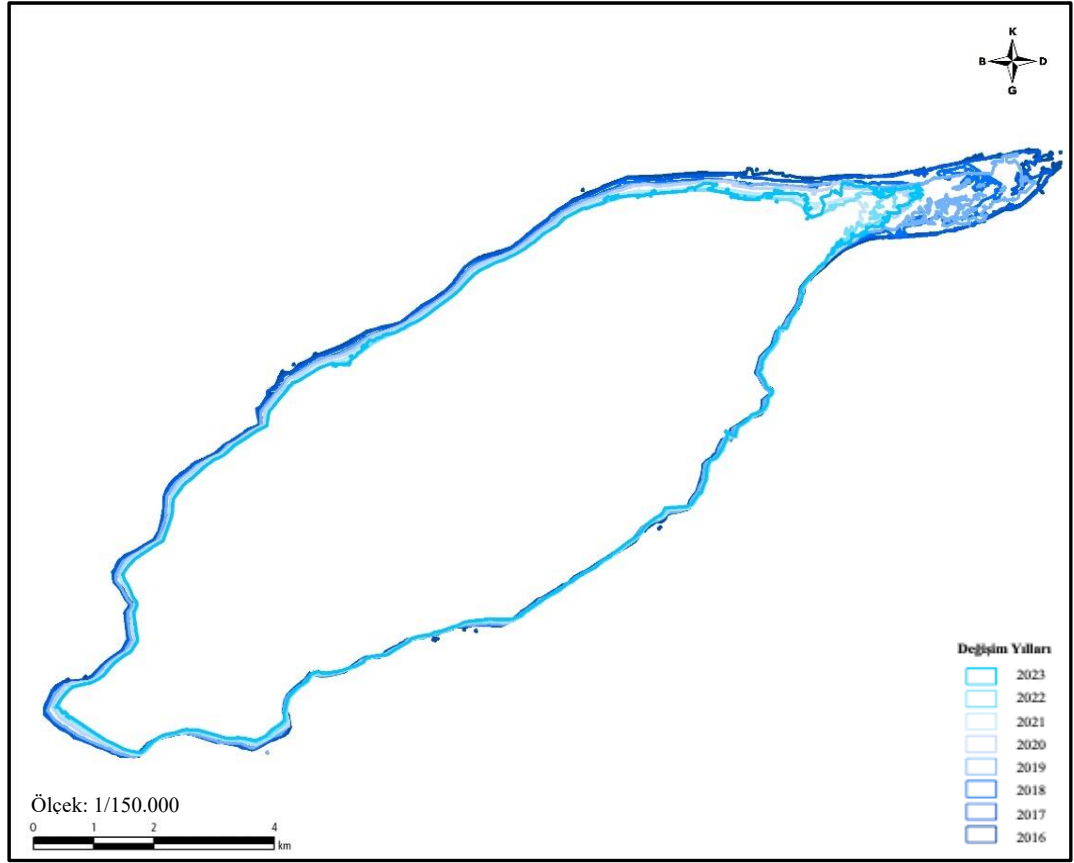
Şekil 4.9: Burdur Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

WI yöntemine göre ise göl yüzeyi 2016'da 136,51 km² iken 2023 yılında 121,30 km² olarak hesaplanmıştır. Burdur Gölü'nde yaklaşık 15,21 km²'lik alanın yok olduğu, bu alan kaybı gölün yaklaşık %11,14'lük değişime uğradığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. WI ile hesaplanan su yüzey alanlarına bakıldığında en fazla azalmanın 2019-2020 yılları arasında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu dönemdeki azalma yaklaşık 3,29 km²'dir. **Tablo 4.7**'de WI yöntemine ile elde edilen yıllık su yüzey alan değerleri ve değişim oranları verilmiştir.

Tablo 4.7: Burdur Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

WI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	136,51	134,13	132,12	130,19	126,90	123,47	122,21	121,30	15,21
Değişim	-	-1,74	-1,50	-1,46	-2,53	-2,70	-1,02	-0,74	-11,14

Sekiz yıllık süre içerisinde meydana gelen değişim ile diğer indeksler arasında en yüksek alan kaybına sahip olan WI değerlerine ait değişimi gösteren harita **Şekil 4.10**'da verilmiştir.



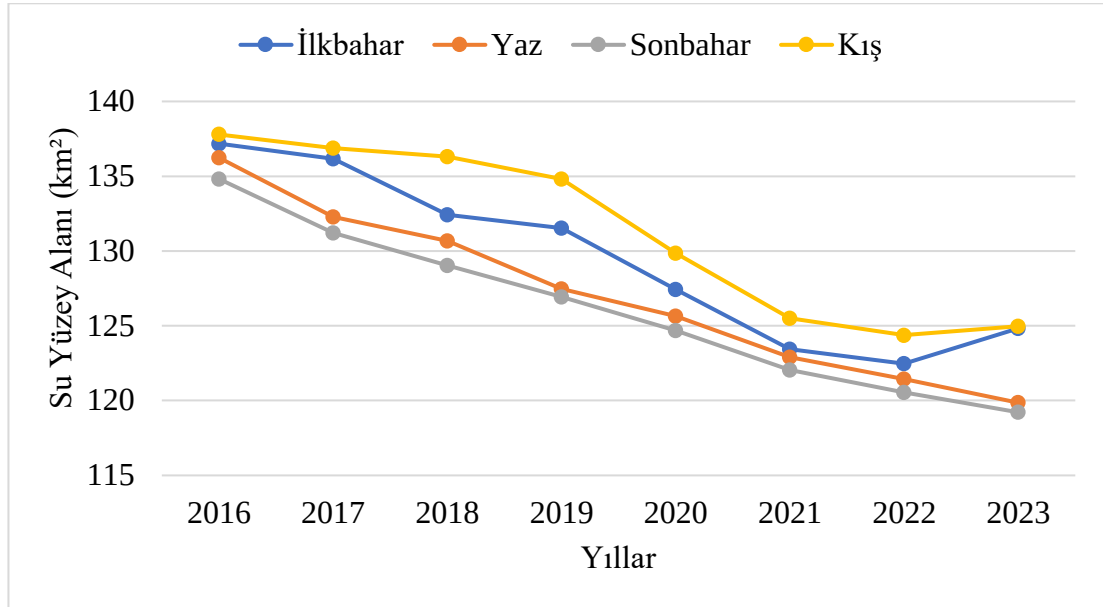
Şekil 4.10: Burdur Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Burdur Gölü'nün WI değerleri mevsimsel olarak değişmektedir. İlkbahar aylarında WI değerleri 137,18 km²'den başlayıp 124,82 km²'ye kadar düşmüştür. Yaz aylarında WI değerleri 136,24 km²'den 119,86 km²'ye kadar düşmüş, sonbahar aylarında ise 134,82 km²'den 119,22 km²'ye kadar azalmıştır. Kış aylarında ise 2018 ve 2019'da artış görülse de genel olarak yine düşüş eğilimi hakimdir (**Tablo 4.8**).

Tablo 4.8: Burdur Gölü için WI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km²).

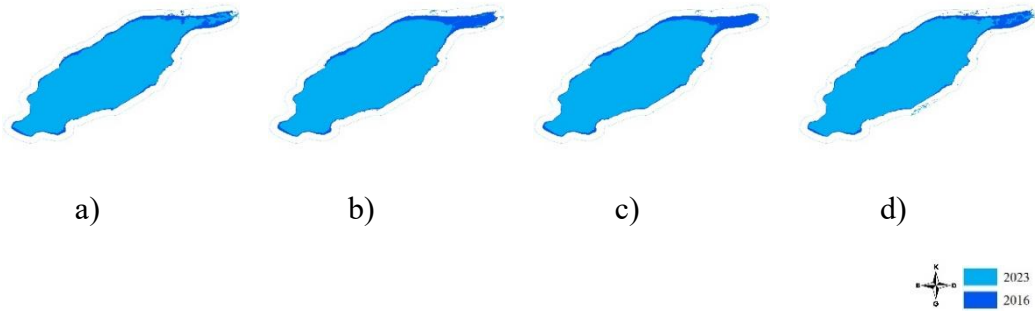
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	137,18	136,15	132,44	131,54	127,42	123,45	122,47	124,82
Yaz	136,24	132,29	130,69	127,47	125,65	122,89	121,44	119,86
Sonbahar	134,82	131,22	129,02	126,94	124,67	122,06	120,54	119,22
Kış	137,79	136,87	136,32	134,82	129,84	125,49	124,38	124,98

Şekil 4.11’de mevsimsel elde edilen WI değerleri yıllık sınıflandırılarak mevsimsel değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.11: Burdur Gölü’nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında ilkbahar mevsiminde 12,36 km², yaz mevsiminde 16,38 km², sonbahar mevsiminde 15,6 km², kış mevsiminde ise 12,81 km² azalış göstermiştir (Şekil 4.12). WI analizinde mevsim bazında yaz, sonbahar ve kış mevsiminde görülen değişim miktarı diğer indeksler içerisindeki en fazla miktardır.



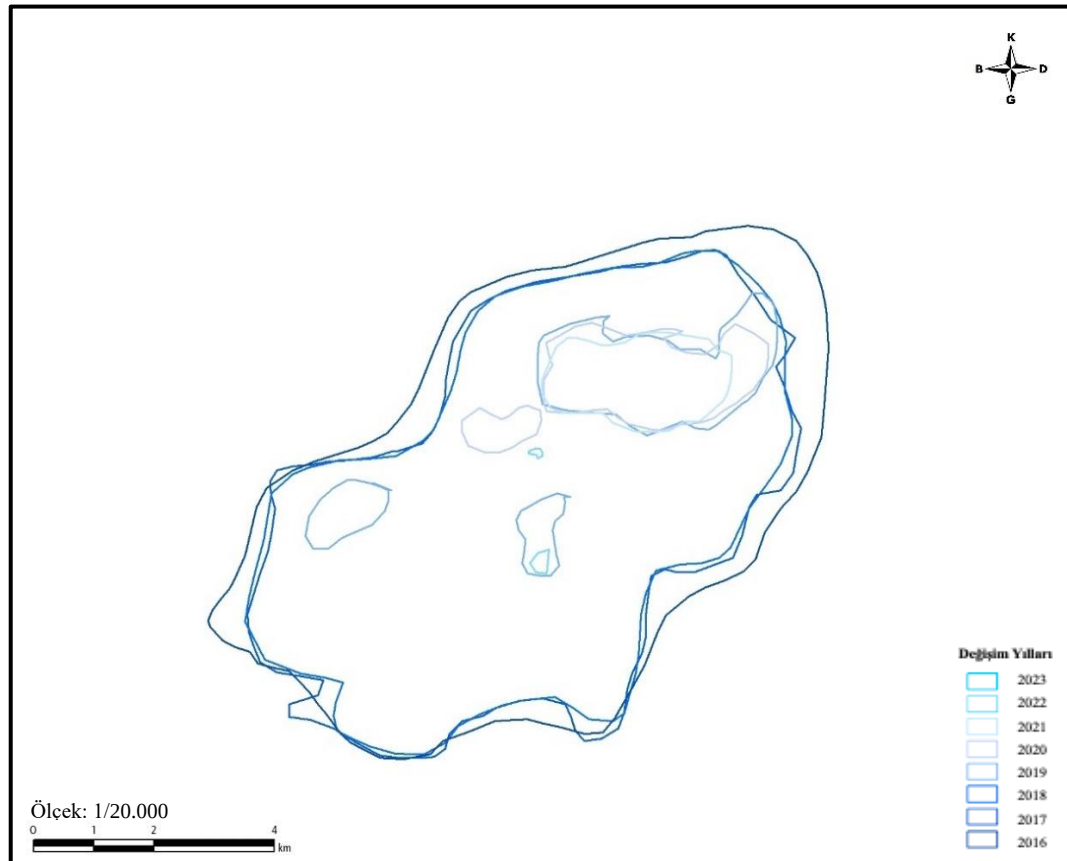
Şekil 4.12: Burdur Gölü’nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

4.1.2. Kuyucuk Gölü

Kuyucuk Gölü için hesaplanan NDWI yöntemine ait yıllık yüz ölçümü değerleri **Tablo 4.9**'da verilmiştir. NDWI sonuçları değerlendirildiğinde, 2016'da 1,70 km² olan göl yüzey alanı 2018 yılında 1,00 km²'ye düşmüştür. Sekiz yıllık süre içerisinde en fazla değişim 2018-2019 yılında meydana gelmiş ve yüzey alanı 0,50 km²'ye kadar gerilediği belirlenmiştir. **Şekil 4.13**'de Kuyucuk Gölü'ne ait NDWI yardımıyla hesaplanan değerlere göre değişim haritası verilmiştir.

Tablo 4.9: Kuyucuk Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

NDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	1,70	1,20	1,00	0,50	0,39	0,21	0,05	0,01	1,69
Değişim	-	-29,41	-16,67	-50,00	-22,00	-46,15	-76,19	-80,00	-99,41

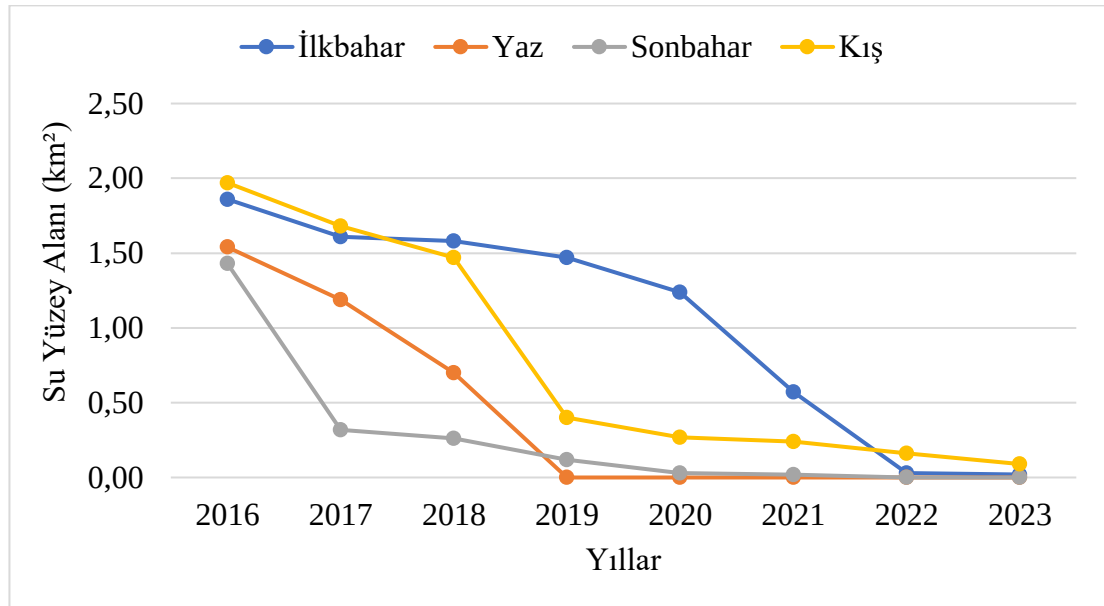


Şekil 4.13: Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.10'da mevsimsel bazda NDWI yöntemine göre elde edilen su yüzey alanları verilmiştir. NDWI değerleri mevsimsel olarak incelendiğinde, 2016'dan 2023'e doğru ilkbahar aylarında belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir. Yaz mevsiminde ise 2018'e kadar belirgin bir düşüş olduğu görülürken, 2018'den sonra yaz aylarında NDWI değerlerinin sıfır olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar aylarında ise 2017'den 2023'e doğru sürekli bir düşüş tespit edilmiş ve benzer şekilde kış mevsiminde de 2019'dan itibaren bu düşüş devam etmiştir (**Şekil 4.14**).

Tablo 4.7: Kuyucuk Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km²).

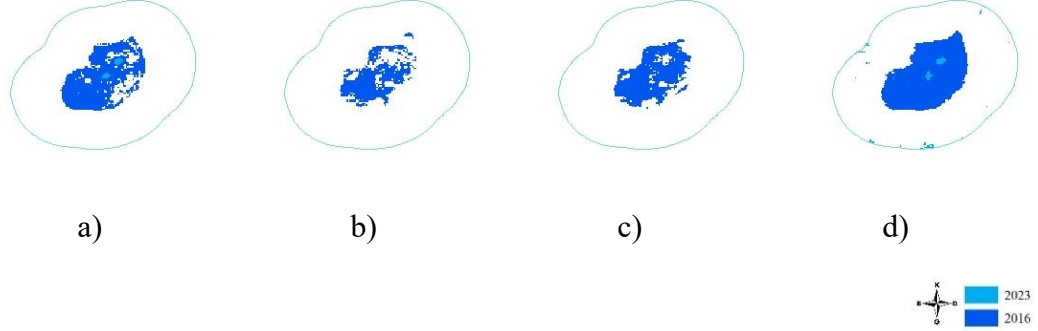
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	1,86	1,61	1,58	1,47	1,24	0,57	0,03	0,02
Yaz	1,54	1,19	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonbahar	1,43	0,32	0,26	0,12	0,03	0,02	0,00	0,00
Kış	1,97	1,68	1,47	0,40	0,27	0,24	0,16	0,09



Şekil 4.14: Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında su yüzeyindeki değişim mevsimsel analiz edildiğinde ilkbahar aylarında 1,83 km², yaz aylarında 1,54 km², sonbahar aylarında 1,43 km², kış

mevsiminde ise 1,81 km² azalış göstermiştir. **Şekil 4.15**'te 2016-2023 dönemlerinin mevsimsel su yüzey alanı değişimlerini gösteren haritalar verilmiştir.



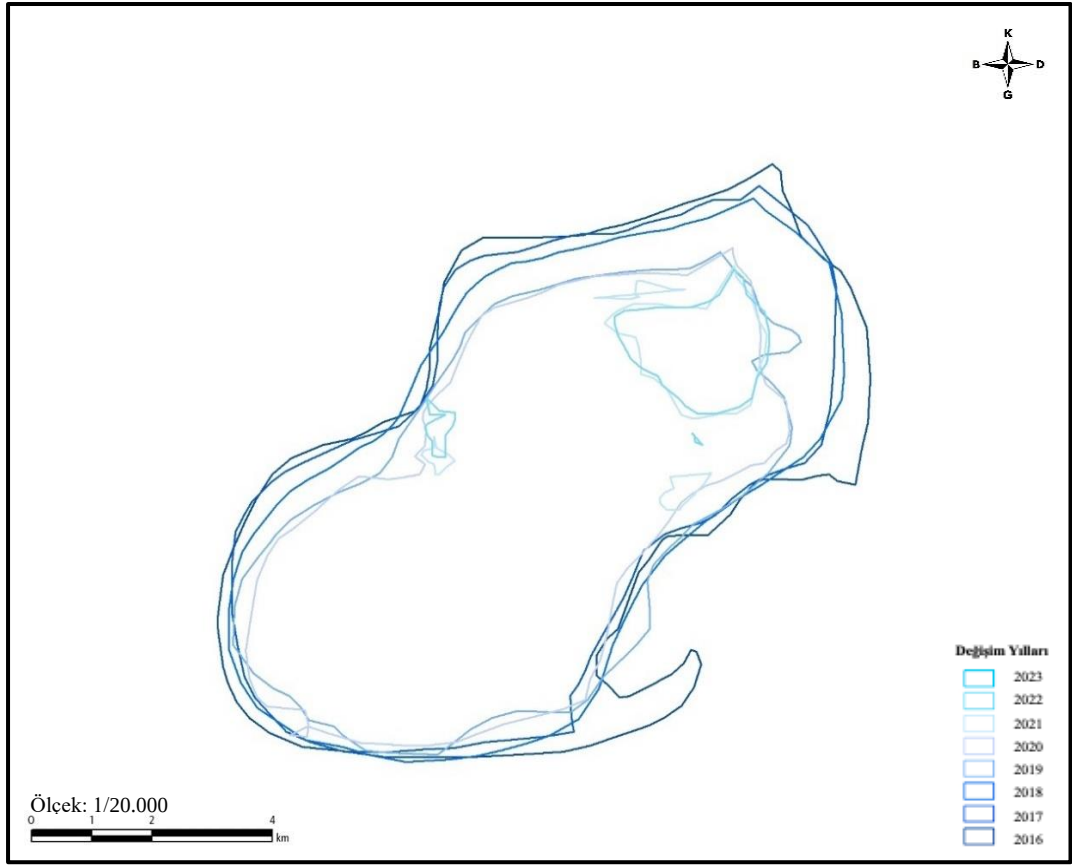
Şekil 4.15: Kuyucuk Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

MNDWI yöntemi ile elde edilen değerlere göre 2016 yılında 2,49 km² olan su yüzey alanı 2023 yılında 0,06 km²'ye gerilemiştir. 2020-2021 döneminde su yüzey alanında meydana gelen değişim miktarı %64,54 ile en fazla alan kaybı yaşanan dönem olmuştur (**Tablo 4.11**).

Tablo 4.11: Kuyucuk Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

MNDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	2,49	1,83	1,35	0,66	0,52	0,20	0,20	0,06	2,43
Değişim	-	-26,51	-26,23	-51,11	-21,21	-61,54	0,00	-70,00	-97,59

Kuyucuk Gölü'nde 8 yıllık dönem içerisinde su yüzey alanındaki değişim yaklaşık 2,43 km² olarak hesaplanmıştır. Su yüzey alanındaki yaşanan bu azalış MNDWI'nin diğer indeksler arasında alan kaybının en fazla yaşandığı indeks olduğunu göstermektedir. **Şekil 4.16**'da Kuyucuk Gölü'nün MNDWI değişimini gösteren yüz ölçümü haritası verilmiştir.



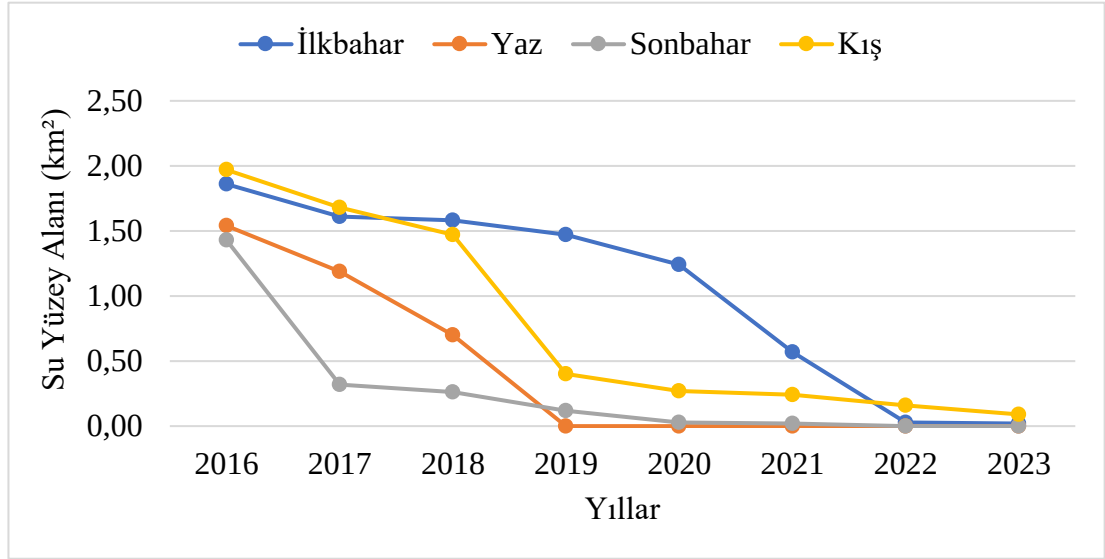
Şekil 4.16: Kuyucuk Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.12'de MNDWI yöntemine göre hesaplanan mevsimsel su yüzey alanı değerleri verilmiştir. İlkbahar aylarında 2016'dan 2023'e doğru MNDWI değerlerinde belirgin bir düşüş yaşandığı görülmüştür. Yaz aylarında ise 2016'dan 2019'a kadar belirgin bir düşüş gözlemlenmekte ve sonrasında değerlerin sıfır olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar aylarında 2016'dan 2017'ye kadar yüksek değerlerden başlayan MNDWI, sonraki yıllarda belirgin bir düşüş göstermiş ve 2019 sonrası dönemde sıfıra yaklaştığı görülmüştür.

Tablo 4.12: Kuyucuk Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

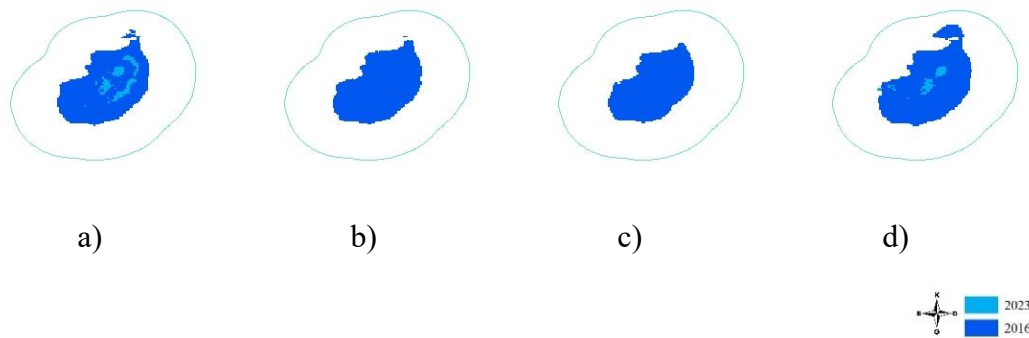
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	2,70	1,89	1,67	1,57	1,18	0,48	0,70	0,17
Yaz	2,49	1,76	1,57	0,54	0,27	0,07	0,00	0,00
Sonbahar	2,37	1,62	0,23	0,00	0,34	0,04	0,00	0,01
Kış	2,41	2,03	1,91	0,51	0,30	0,21	0,11	0,08

Şekil 4.17’de yıllık periyotta MNDWI değer grafiği sunularak mevsimsel değişim grafiği verilmiştir. Özellikle yaz ve kış aylarında su seviyelerindeki azalma daha belirgindir.



Şekil 4.17: Kuyucuk Gölü’nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016’da görülen mevsimsel alan büyüklüğü diğer indekslerin oldukça üzerindedir. İlkbahar ve sonbahar aylarında 2019 yılından itibaren belirgin bir düşüş gözlemlenirken, yaz ve kış aylarında bu düşüş daha erken başlamıştır. Özellikle 2020 ve sonrasında tüm mevsimlerde MNDWI değerlerinde dramatik bir düşüş yaşanmıştır. 2016-2023 yılları arasında MNDWI değerleri tüm mevsimlerde sürekli olarak azalmıştır (Şekil 4.18).

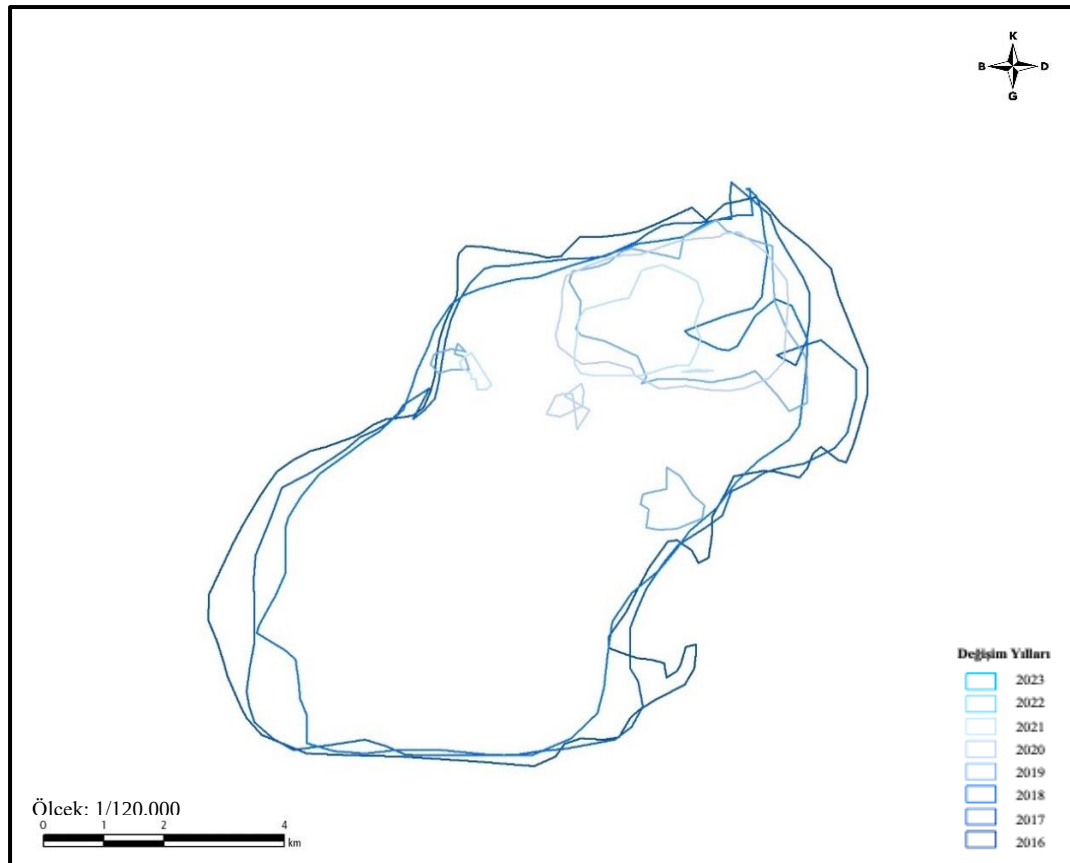


Şekil 4.18: Kuyucuk Gölü’nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

AWEI_{sh} sonuçlarında da göl, 2016-2023 yıllarında meydana gelen yüzey alanı değişimi yaklaşık 2,13 km²'dir (**Tablo 4.13**). Göl yüzey alanının değişim miktarı diğer indeksler içerisinde alan kaybının en fazla olduğu ikinci indeks olduğunu göstermektedir. Gölün, 2019-2020 döneminde en az alan kaybının yaşandığı görülmektedir. Kuyucuk Gölü'nün yıllar boyunca su yüzey alanında azalma yaşanmış ve 2023 yılında su yüzey alanının 0,08 km²'ye gerilediği tespit edilmiştir. Kuyucuk Gölü'nün AWEI_{sh}'e göre sekiz yıllık dönemde su yüzey alanı değişimini gösteren yüzölçümü haritası **Şekil 4.19**'da verilmiştir.

Tablo 4.13: Kuyucuk Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

AWEI _{sh}	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	2,21	1,69	1,40	0,60	0,50	0,22	0,17	0,08	2,13
Değişim	-	-23,53	-17,16	-57,14	-16,67	-56,00	-22,73	-52,94	-96,38



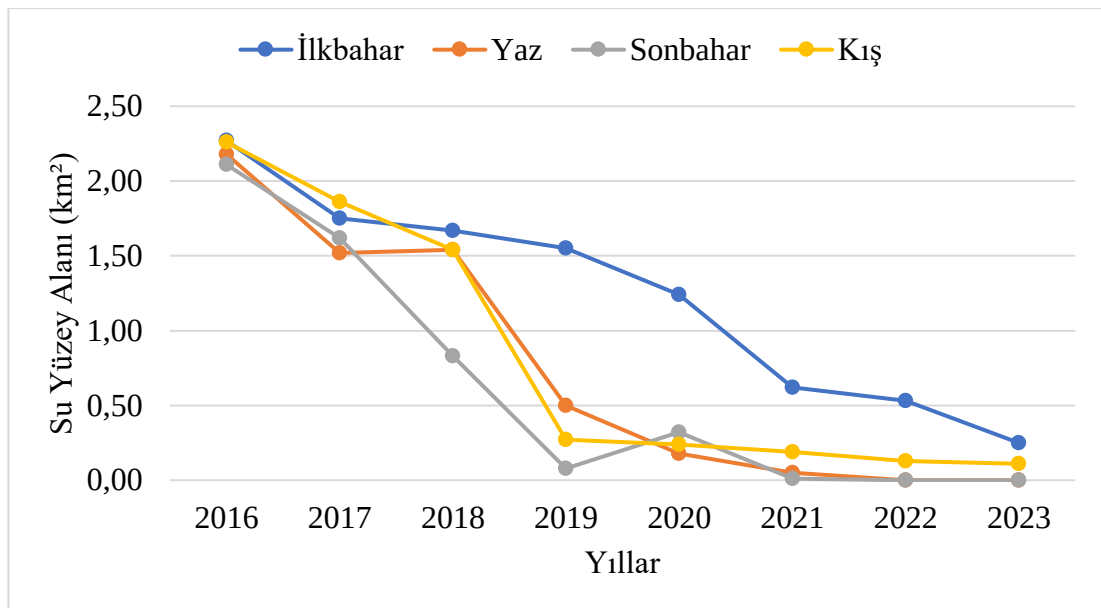
Şekil 4.19: Kuyucuk Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.14'te AWEI_{sh} yöntemine göre hesaplanan mevsimsel su yüzey alanı değerleri verilmiştir.

Tablo 4.14: Kuyucuk Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

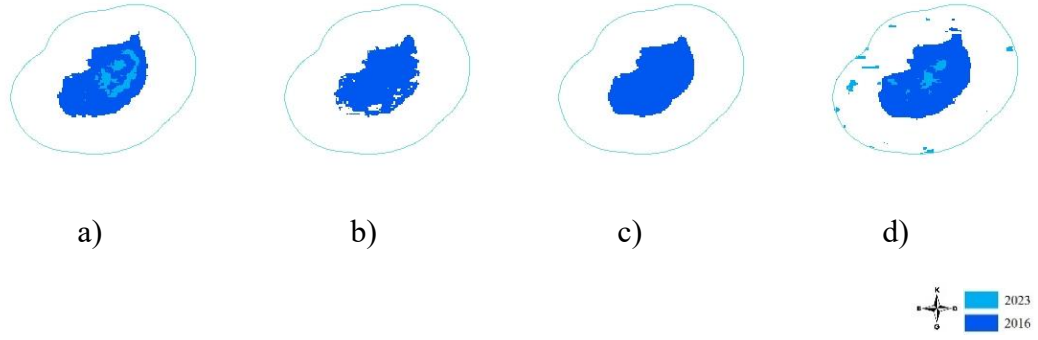
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	2,27	1,75	1,67	1,55	1,24	0,62	0,53	0,25
Yaz	2,18	1,52	1,54	0,50	0,18	0,05	0,00	0,00
Sonbahar	2,11	1,62	0,83	0,32	0,08	0,01	0,00	0,00
Kış	2,26	1,86	1,54	0,27	0,24	0,19	0,13	0,11

AWEI_{sh} verilerinde ilkbahar mevsiminde 2016'dan 2023'e kadar genel bir düşüş görülmekte ve 2,27 km²'den hesaplanan su yüzey alanı değeri 2023 yılında 0,25 km²'ye kadar azaldığı tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise 2020 ve sonrasında su yüzey alanı değerleri sıfıra yaklaştı, 2022 ve 2023'te sıfır olduğu görülmüştür. Sonbahar aylarında 2016'dan 2018'e kadar yüksek AWEI_{sh} değerleri hesaplanmıştır. Ancak 2019 yılından itibaren belirgin bir düşüş yaşanmış ve 2022-2023 döneminde sıfır olduğu belirlenmiştir. Kış mevsiminde ise 2,26 km²'den başlayan değerler 2023 yılında 0,11 km²'ye kadar azalma yaşadığı görülmüştür (**Şekil 4.20**).



Şekil 4.19: Kuyucuk Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yıllarında ilkbahar mevsiminde alanın 2,02 km², yaz mevsiminde 2,18 km², sonbahar mevsiminde 2,11 km², kış mevsiminde ise 2,15 km² kadar gerilediği belirlenmiştir. **Şekil 4.21**'de AWEI_{sh} değerlerine göre mevsimsel su yüzey alanı haritaları verilmiştir.



Şekil 4.21: Kuyucuk Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

WI yöntemine göre sekiz yıllık periyotta hesaplanan göl yüzey alanına bakıldığında genel bir azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Kuyucuk Gölü, 2016 yılında 2,14 km² olan su yüzey alanı 2019'a gelindiğinde su miktarının yaklaşık dörtte üçünü kaybetmiştir. 2016 yılında en fazla yüzey alanına sahip olan göl, 2023 yılında yok olduğu tespit edilmiştir (**Tablo 4.15**).

Tablo 4.15: Kuyucuk Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

WI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	2,14	1,72	1,24	0,56	0,44	0,17	0,15	0,04	2,10
Değişim	-	-19,63	-27,91	-54,84	-21,43	-61,36	-11,76	-73,33	-98,13

2016-2023 yılları arası göl yaklaşık 2,10 km² su yüzey alanı kaybı yaşamıştır (**Şekil 4.16**).



Şekil 4.16: Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

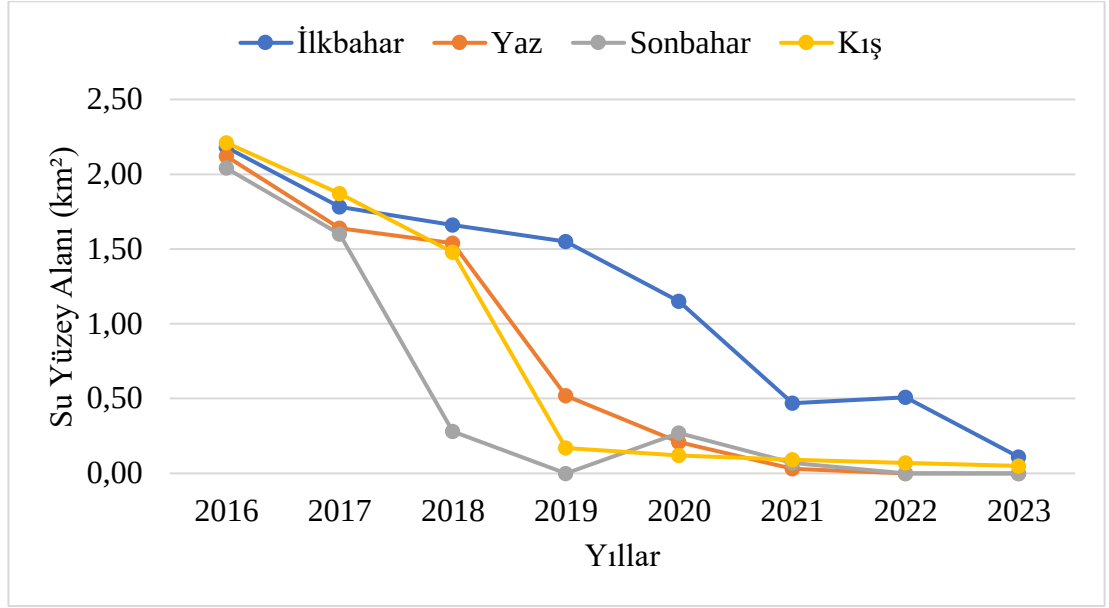
2016-2023 yılları arasında WI yöntemine göre hesaplanan su yüzey alanı tüm mevsimlerde sürekli olarak azalma göstermiştir (**Tablo 4.16**).

Tablo 4.16: Kuyucuk Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	2,18	1,78	1,66	1,55	1,15	0,47	0,51	0,11
Yaz	2,12	1,64	1,54	0,52	0,21	0,03	0,00	0,00
Sonbahar	2,04	1,60	0,28	0,00	0,27	0,07	0,00	0,00
Kış	2,21	1,87	1,48	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05

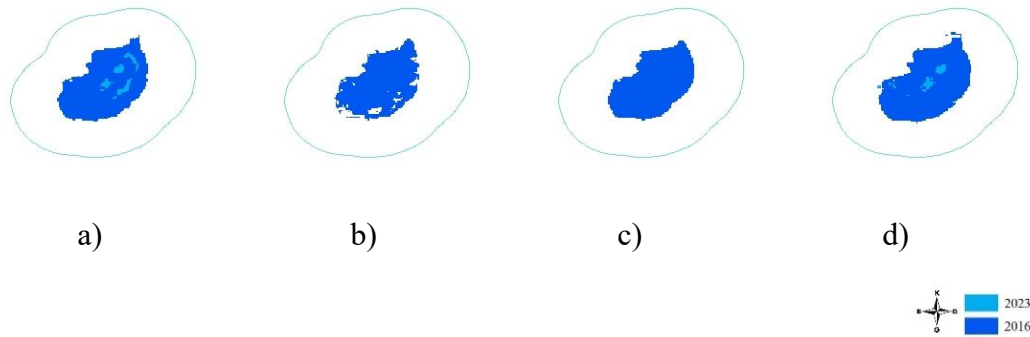
Sonbahar aylarında 2017 yılından itibaren belirgin bir düşüş gözlemlenirken, yaz ve kış aylarında bu düşüş 2018 yılında başlamıştır. İlkbahar mevsiminde 2021 ve 2022 yıllarındaki değerlerde belirgin bir düşüş yaşanırken yaz mevsiminde 2019 yılından sonra su yüzey alanı sıfıra yaklaştığı ve 2022-2023 dönemlerinde sıfır olduğu tespit

edilmiştir. Özellikle 2020 ve sonrasında tüm mevsimlerde WI değerlerinde dramatik bir düşüş yaşanmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23: Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında su yüzey alanında ilkbahar mevsiminde 2,06 km², yaz mevsiminde 2,12 km², sonbahar mevsiminde 2,04 km², kış mevsiminde ise 2,16 km² azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 4.24).



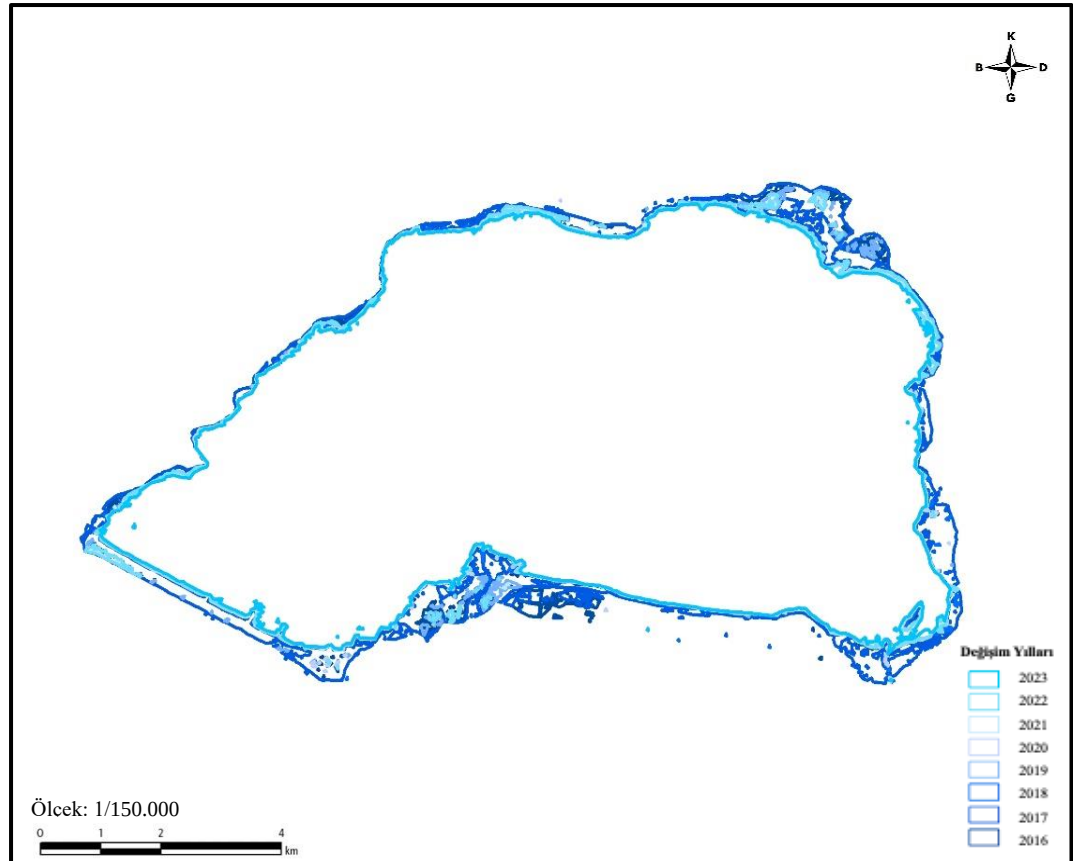
Şekil 4.24: Kuyucuk Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

4.1.3. Manyas Gölü

Manyas Gölü için NDWI kullanılarak hesaplanan su yüzey alanı verileri **Tablo 4.12**'de verilmiştir. NDWI yöntemi ile elde edilen verilere göre 2016-2023 yılları arasında 2,51 km² ile diğer indeksler arasında su yüzey alan kaybının en fazla yaşandığı indeks olarak belirlenmiştir. Manyas Gölü'nün NDWI yöntemine göre su yüzey alanı değişimini gösteren sekiz yıllık yüz ölçümü haritası **Şekil 4.23**'te verilmiştir.

Tablo 4.17: Manyas Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

NDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	148,84	154,40	153,54	154,41	148,72	149,52	149,39	146,33	2,51
Değişim	-	3,74	-0,56	0,57	-3,68	0,54	-0,09	-2,05	-1,69



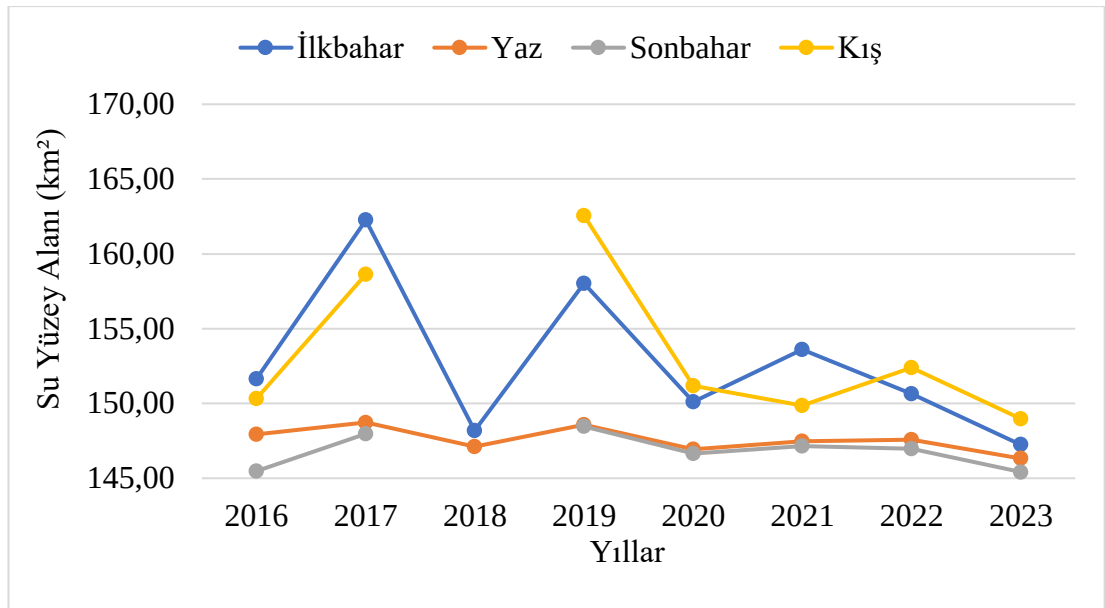
Şekil 4.23: Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

NDWI değerleri, Manyas Gölü'nün su seviyelerinin mevsimsel olarak önemli dalgalanmalar yaşadığını ve genel olarak bir azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir (**Tablo 4.18**).

Tablo 4.18: Manyas Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

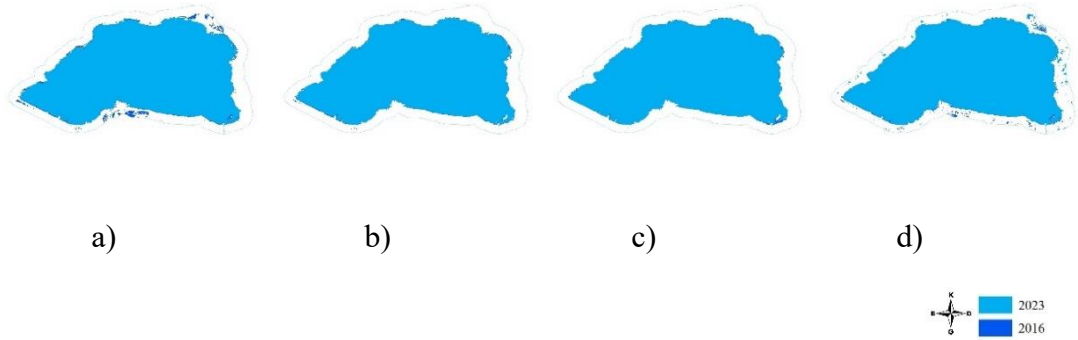
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	151,63	162,25	148,17	158,02	150,12	153,61	150,64	147,24
Yaz	147,95	148,73	147,10	148,59	146,92	147,47	147,57	146,32
Sonbahar	145,46	147,98		148,46	146,64	147,15	146,98	145,42
Kış	150,32	158,63		162,56	151,18	149,85	152,38	148,98

İlkbahar mevsiminde 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021 dönemlerinde gölün su yüzey alanında artış görülmektedir. Kış mevsiminde ise su yüzey alanı genellikle yüksek seviyelerdedir. Yaz mevsimi boyunca, gölün su yüzey alanı diğer mevsimlere göre daha düşük seviyelerde kalmış ve gölün en düşük su yüzey alanına sahip olduğu dönem olarak dikkat çekmektedir. Sonbahar ve kış mevsimleri arasında dalgalanmalar olmakla birlikte, kış mevsimi gölün en yüksek su seviyelerine sahip olduğu dönemdir (**Şekil 4.26**).



Şekil 4.26: Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında su yüzeyindeki değişim en fazla ilkbahar mevsiminde 4,39 km², en az 0,04 km² ile sonbahar mevsiminde azalma yaşandığı belirlenmiştir (**Şekil 4.27**).



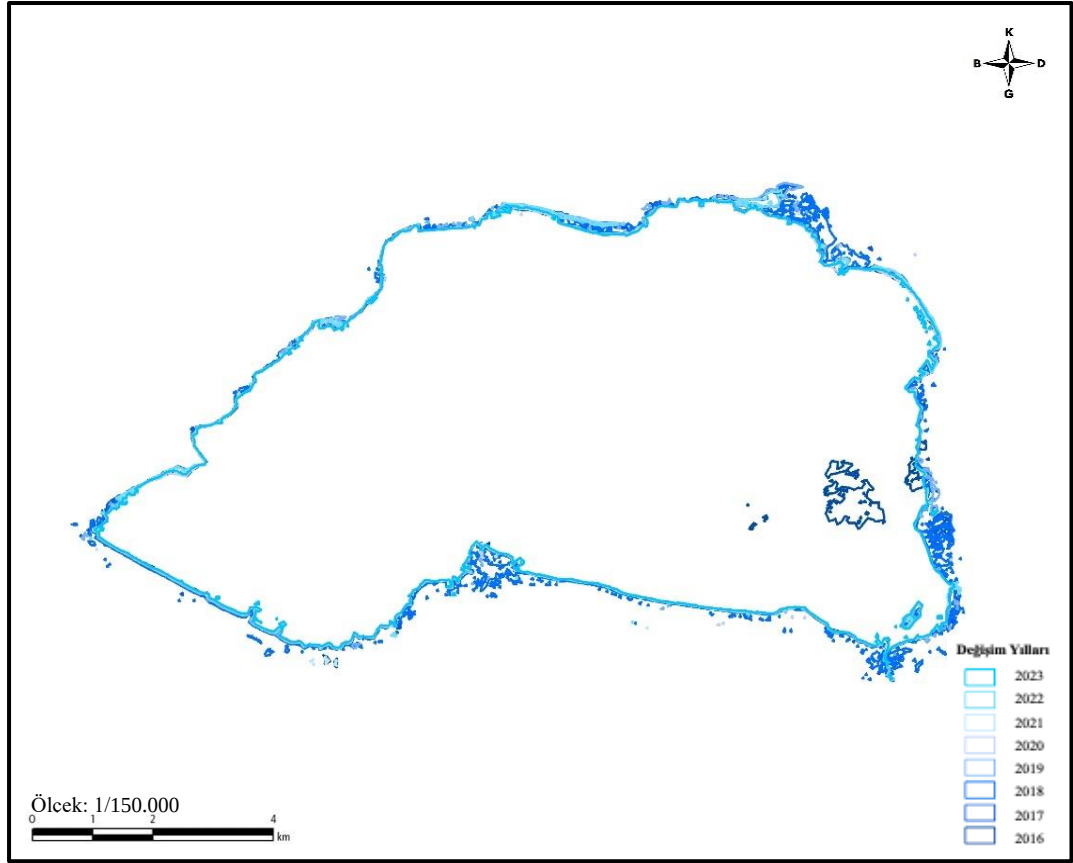
Şekil 4.27: Manyas Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

MNDWI yöntemi ile elde edilen su yüzeyi alanlarına bakıldığında 2016-2017 yılları arasında 4,95 km², 2020-2021 yılları arasında ise 1,95 km² artış yaşandığı görülmektedir. 2022-2023 yılları arasında ise tekrar su yüzey alan kaybı yaşayan göl 150,08 km²'ye kadar gerilemiştir (**Tablo 4.19**).

Tablo 4.19: Manyas Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

MNDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	152,29	157,24	151,40	154,37	153,33	152,33	154,28	150,08	2,21
Değişim	-	3,25	-3,71	1,96	-0,67	-0,65	1,28	-2,72	-1,45

8 yıllık süreç içerisinde ise Manyas Gölü 2,21 km² küçülmüştür. **Şekil 4.28**'de MNDWI verilerine göre Manyas Gölü'nün sekiz yıllık periyotta yüzey alanı değişimi haritası verilmiştir.



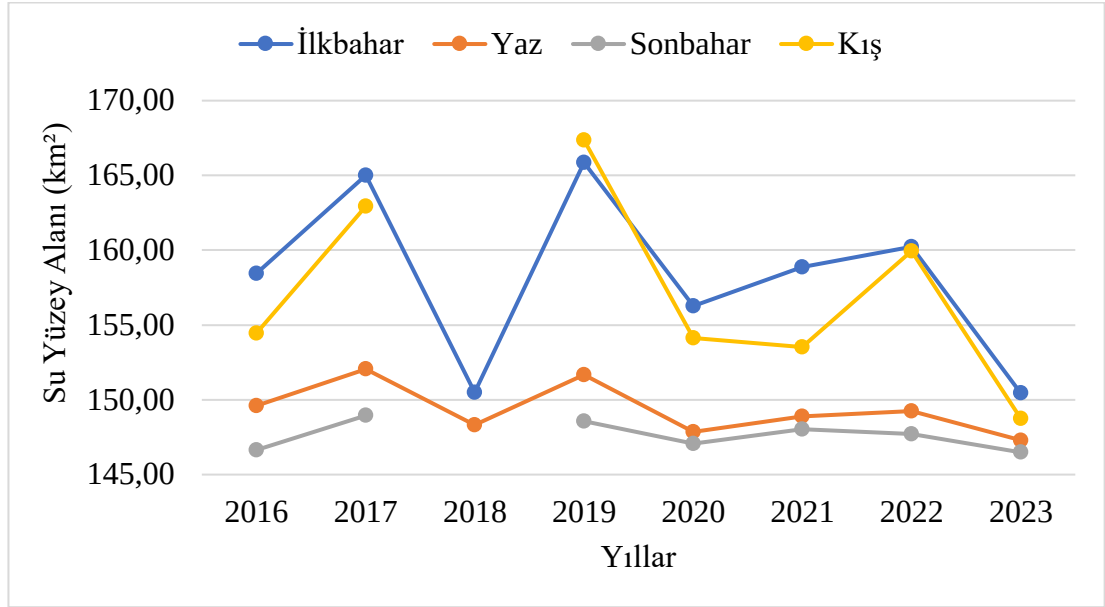
Şekil 4.28: Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.20'de MNDWI yöntemi ile elde edilen mevsimsel su yüzey alanı değerleri verilmiştir. İlkbahar ve kış mevsimleri, Manyas Gölü'nün su yüzey alanının en yüksek olduğu dönemlerdir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise su yüzey alanı daha düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir. 2018-2019 ilkbahar mevsiminde su yüzey alanı 150,49 km²'den 165,86 km²'ye çıkarak 15,37 km² ile en fazla artış yaşandığı dönem olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.20: Manyas Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan mevsimsel yüz ölçümü değerleri (km²).

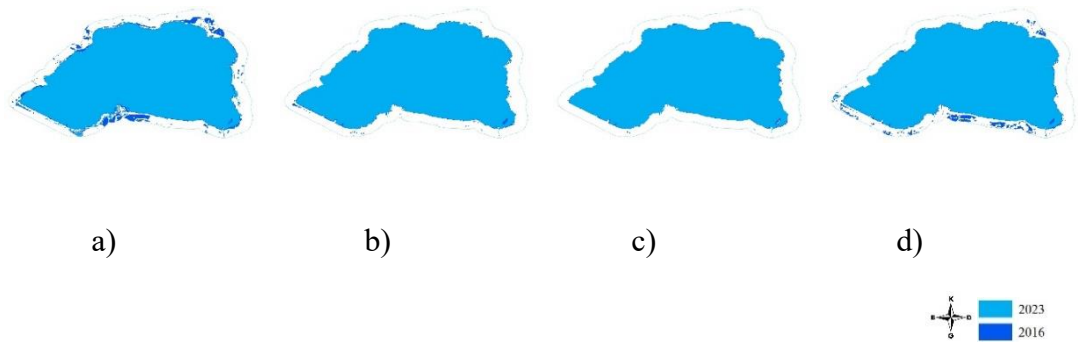
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	158,46	165,02	150,49	165,86	156,27	158,86	160,24	150,45
Yaz	149,61	152,05	148,31	151,66	147,85	148,89	149,23	147,30
Sonbahar	146,65	148,95		148,58	147,06	148,03	147,70	146,49
Kış	154,45	162,95		167,36	154,15	153,52	159,96	148,76

MNDWI yöntemine göre Manyas Gölü'nün su seviyelerinin mevsimsel olarak önemli dalgalanmalar yaşadığını ve genel olarak belirli dönemlerde artış ve azalış eğilimleri gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29: Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yıllarında ilkbahar mevsiminde su yüzey alanının 8,01 km², yaz mevsiminde 2,31 km², sonbahar mevsiminde 0,16 km², kış mevsiminde ise 5,69 km²'ye gerilediği belirlenmiştir (Şekil 4.30).



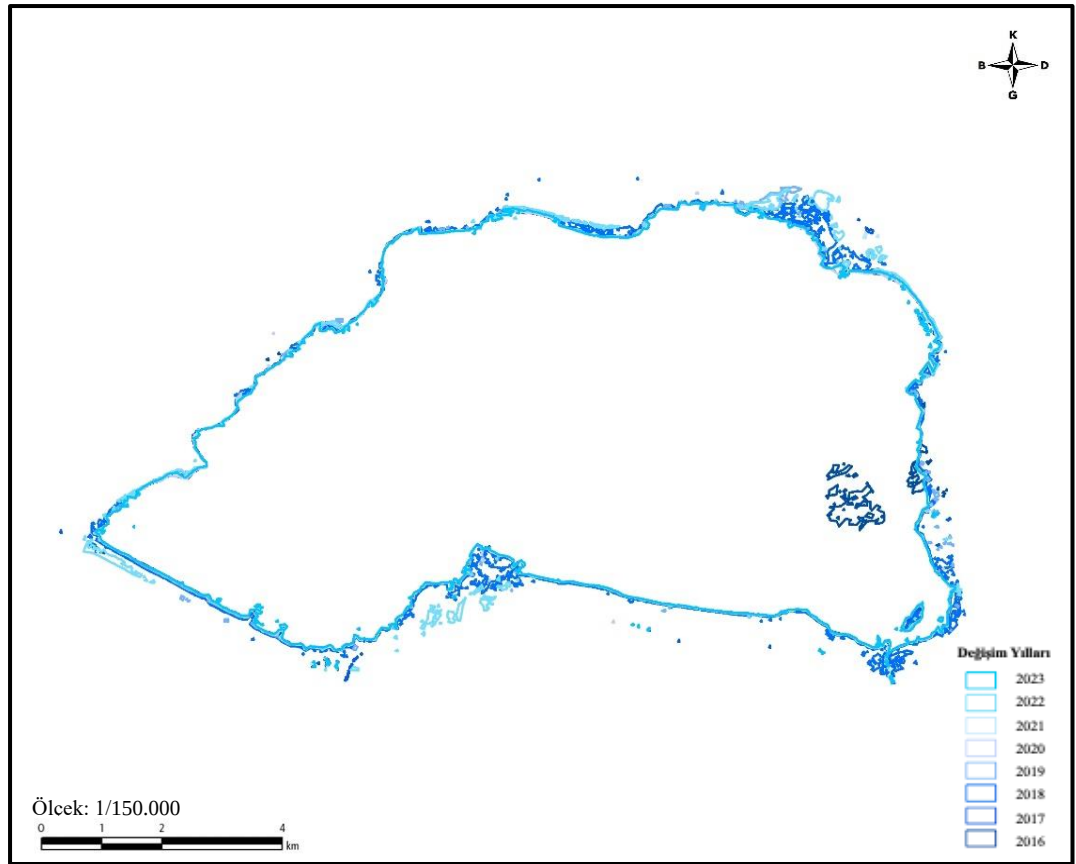
Şekil 4.30: Manyas Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

AWEI_{sh}, 2016-2023 yılları süresince elde edilen tüm değerlere kıyasla Manyas Gölü'nde meydana gelen zamansal yüzey alanı değişiminin en fazla görüldüğü ikinci

yöntemdir. Bu indeksin sonuçlarına göre sekiz yıl boyunca toplam 2,29 km² civarında göl su yüzey alanı kaybetmiştir. En büyük yüzey alanı 158,52 km² ile 2019 yılında kaydedilmiştir. **Tablo 4.21**'de AWEI_{sh} yöntemine göre elde edilen yıllık su yüzey alanları ve değişim oranı verilmiştir. Manyas Gölü'nün sekiz yıllık dönemde yaşanan su yüzey alanı değişimi haritası **Şekil 4.31**'de verilmiştir.

Tablo 4.21: Manyas Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

AWEI _{sh}	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	153,86	158,04	157,61	158,52	152,75	152,39	155,27	151,57	2,21
Değişim	-	2,72	-0,27	0,58	-3,64	-0,24	1,89	-2,38	-1,45



Şekil 4.31: Manyas Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

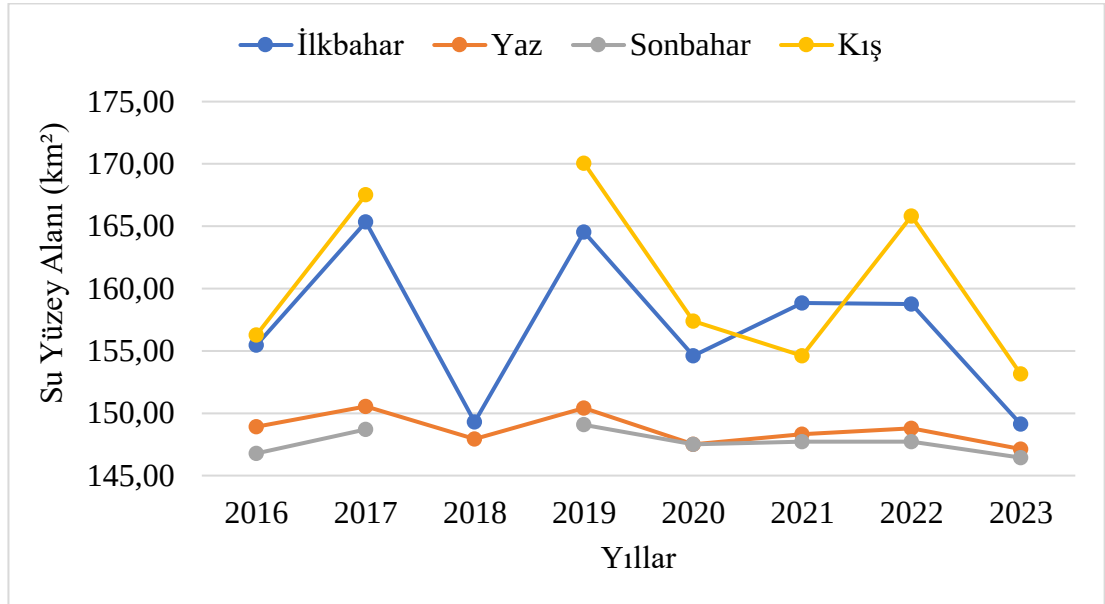
AWEI_{sh} yöntemi ile 2016 yılının ilkbahar mevsiminde 155,46 km² yüzey alanına sahip Manyas Gölü, 2023 yılında 149,13 km²'ye gerilediği tespit edilmiştir. Gölde 2016-

2017, 2018-2019 dönemlerinde dört mevsim düzeyinde artış yaşanmıştır. 2016-2023 yılları arasında su yüzeyindeki değişim miktarı en fazla ilkbaharda yaşanırken en az değişim miktarı sonbahar aylarında olduğu tespit edilmiştir (**Tablo 4.22**).

Tablo 4.22: Manyas Gölü için $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km^2).

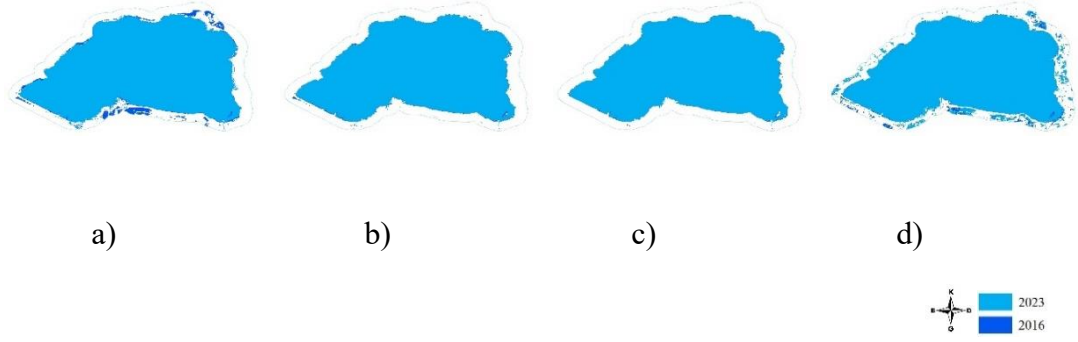
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	158,46	165,02	150,49	165,86	156,27	158,86	160,24	150,45
Yaz	149,61	152,05	148,31	151,66	147,85	148,89	149,23	147,30
Sonbahar	146,65	148,95		148,58	147,06	148,03	147,70	146,49
Kış	154,45	162,95		167,36	154,15	153,52	159,96	148,76

Şekil 4.32'de yıllık periyotta $AWEI_{sh}$ değer grafiği sunularak mevsimsel değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.32: Manyas Gölü'nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

$AWEI_{sh}$ yöntemine göre 2016-2023 dönemleri arasında su yüzey alan kaybının ilkbahar mevsiminde $6,33 km^2$, yaz mevsiminde $1,81 km^2$, sonbahar mevsiminde $0,32 km^2$ ve kış mevsiminde ise $3,15 km^2$ olduğu belirlenmiştir (**Şekil 4.33**).



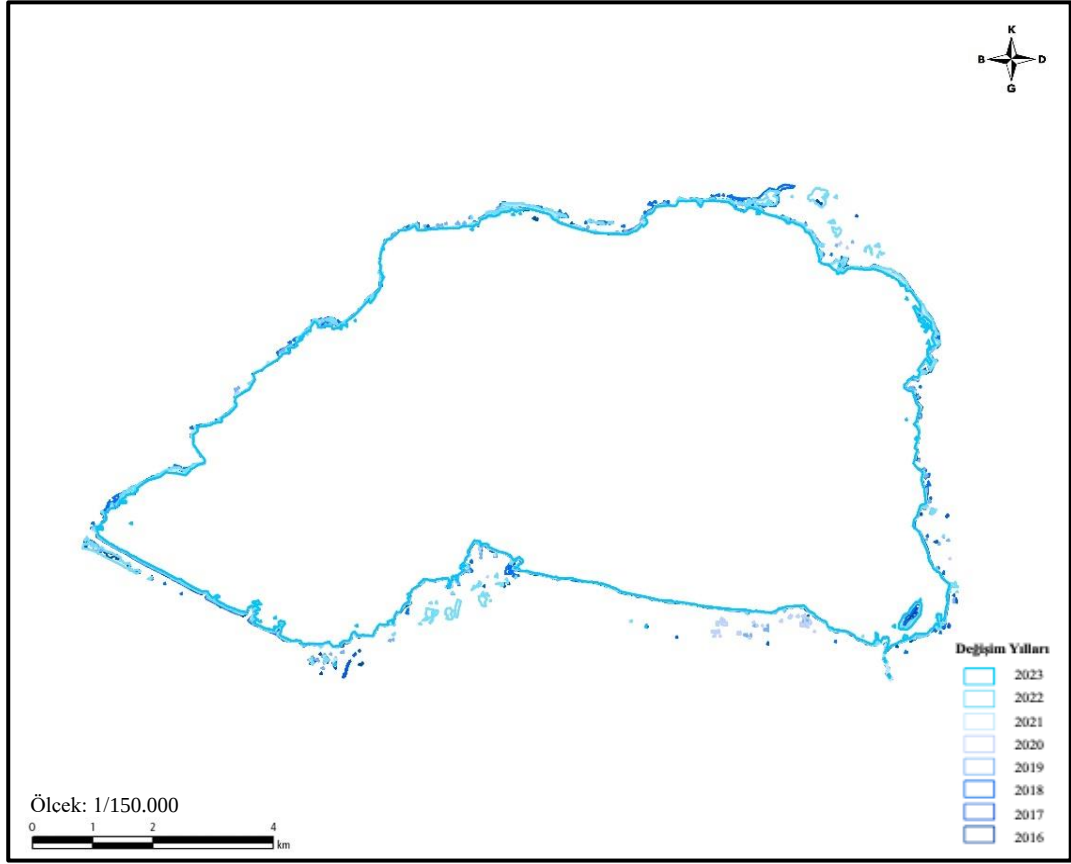
Şekil 4.33: Manyas Gölü'nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

WI yöntemine göre sekiz yıllık periyotta meydana gelen alan kaybının $2,06 \text{ km}^2$ olduğu hesaplanmıştır. 2016 yılında $151,07 \text{ km}^2$ alana sahip olan göl 2019 yılında $6,47 \text{ km}^2$ 'lik artış yaşayarak $157,54 \text{ km}^2$ 'ye yükseldiği belirlenmiştir. Pozitif yönde değişim 2016-2017, 2018-2019 ve 2021-2022 yılları arasında yaşandığı tespit edilmiştir (**Tablo 4.23**).

Tablo 4.23: Manyas Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km^2) ve değişim (%) oranları.

WI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	151,07	154,89	151,75	157,54	152,80	151,68	151,84	149,01	2,06
Değişim	-	2,53	-2,03	3,82	-3,01	-0,73	0,11	-1,86	-1,36

Şekil 4.33'te WI yöntemi ile elde edilen verilere göre 2016-2023 yıllarına ait değişim haritası verilmiştir.



Şekil 4.33: Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

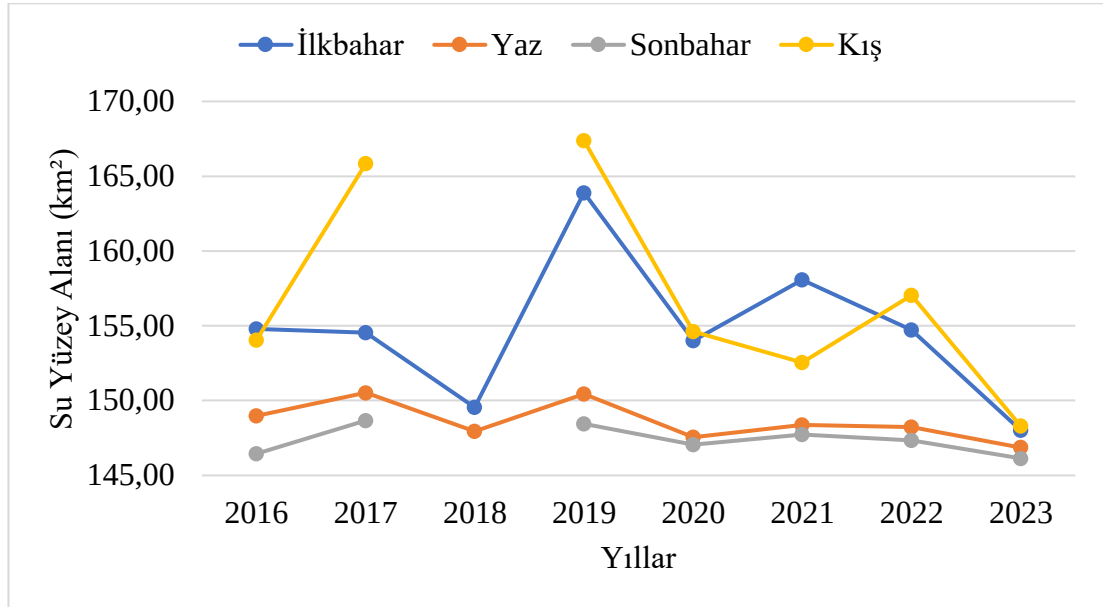
Manyas Gölü su seviyelerinin mevsimsel analizi ile elde edilen değerler **Tablo 4.24**'te verilmiştir. Bu verilere göre ilkbahar ve kış mevsimleri, Manyas Gölü'nün su yüzey alanının en yüksek olduğu mevsimleri oluşturmaktadır.

Tablo 4.24: Manyas Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	158,46	165,02	150,49	165,86	156,27	158,86	160,24	150,45
Yaz	149,61	152,05	148,31	151,66	147,85	148,89	149,23	147,30
Sonbahar	146,65	148,95		148,58	147,06	148,03	147,70	146,49
Kış	154,45	162,95		167,36	154,15	153,52	159,96	148,76

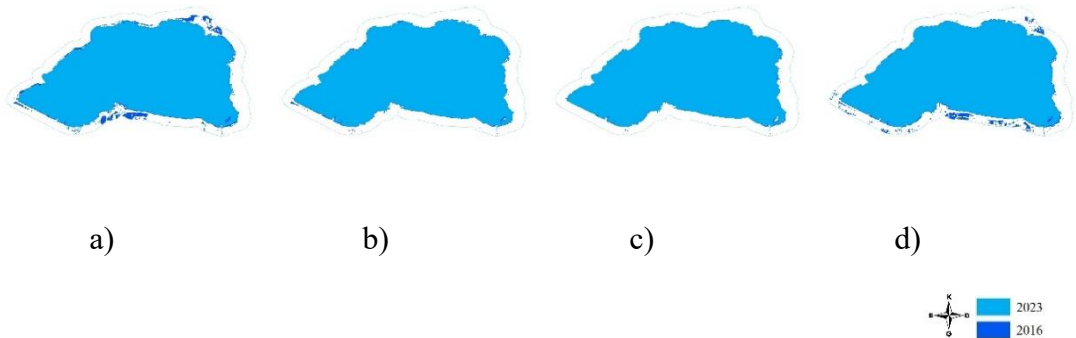
2016-2017 döneminin ilkbahar mevsiminde su yüzey alanı hafif bir azalma gösterdiği, 2018-2019 döneminde ise yaklaşık 14,36 km² artış göstererek su yüzey alanının en fazla yükseldiği dönem olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsimi boyunca gölün su yüzey

alanı genellikle diğer mevsimlere göre daha düşük seviyelerde kalmıştır. Kış mevsimi ise genellikle gölün en yüksek su yüzey alanına sahip olduğu dönemdir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35: Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında Manyas Gölü'nün su yüzey alanı, WI yöntemi ile elde edilen verilere göre mevsimsel olarak farklılıklar göstermiştir. Bu dönemde su yüzey alanı genel olarak azalma eğilimi sergilemiştir. Şekil 4.36'da 2016-2023 döneminde meydana gelen mevsimsel su yüzey alanı değişimi haritaları verilmiştir.



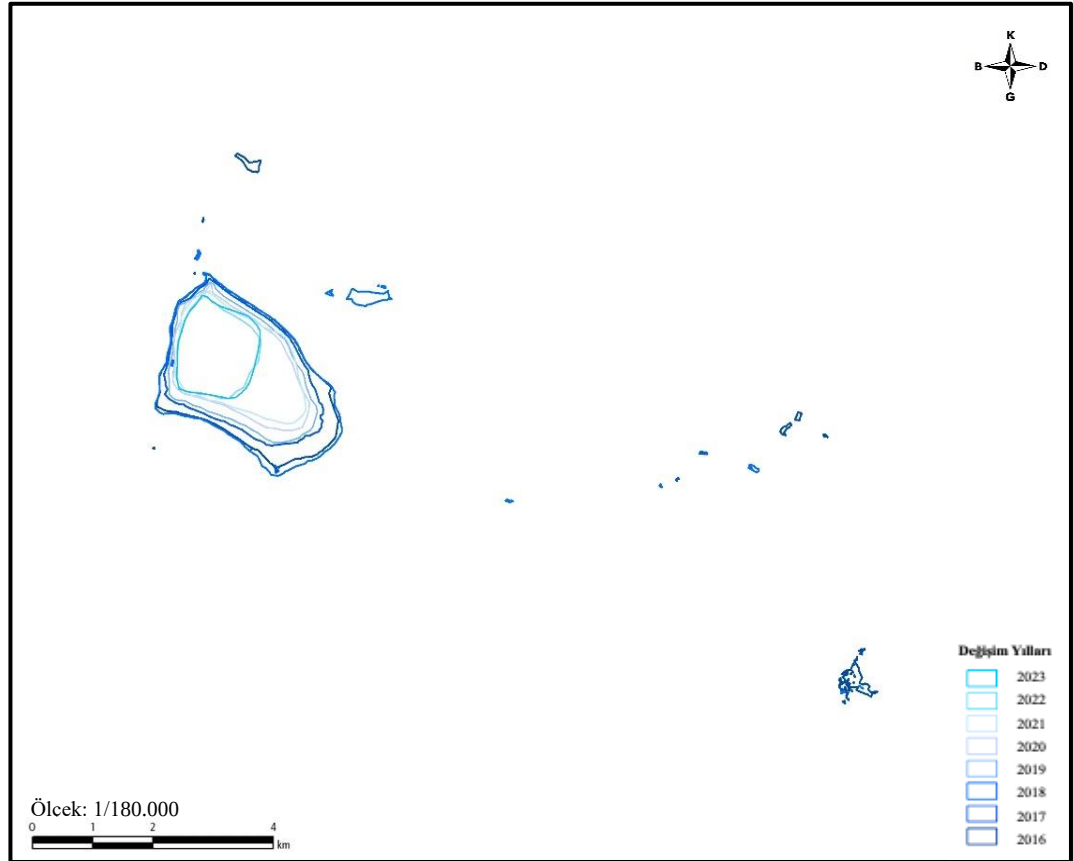
Şekil 4.36: Manyas Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

4.1.4. Seyfe Gölü

Seyfe Gölü'nün NDWI yöntemine göre sekiz yıllık dönem için elde edilen su yüzey alanı verileri **Tablo 4.25**'te verilmiştir NDWI yöntemine göre su yüzey alanının büyüklüğü 2016 yılında 11,59 km² iken, 2023 yılına gelindiğinde 3.78 km²'ye gerilediği tespit edilmiştir. Seyfe Gölü'nün NDWI yöntemine göre sekiz yıllık dönem için hesaplanan su yüzey alanı değişim haritası **Şekil 4.37**'de verilmiştir.

Tablo 4.25: Seyfe Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

NDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	11,59	10,25	9,01	8,63	7,65	7,43	3,50	3,78	7,81
Değişim	-	-11,56	-12,10	-4,22	-11,36	-2,88	-52,89	8,00	-67,39



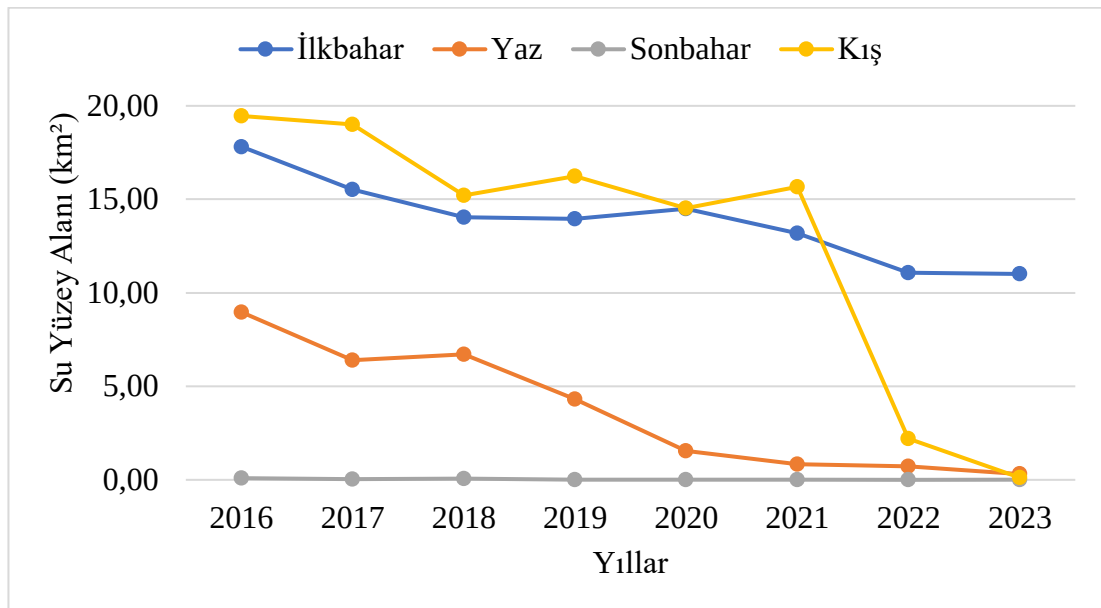
Şekil 4.37: Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.26'da mevsimsel bazda NDWI yöntemine göre elde edilen su yüzey alanları verilmiştir. 2016-2021 yılları arasında su yüzey alanı kış mevsiminde, 2022-2023 yıllarında ilkbahar mevsiminde maksimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir.

Tablo 4.26: Seyfe Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

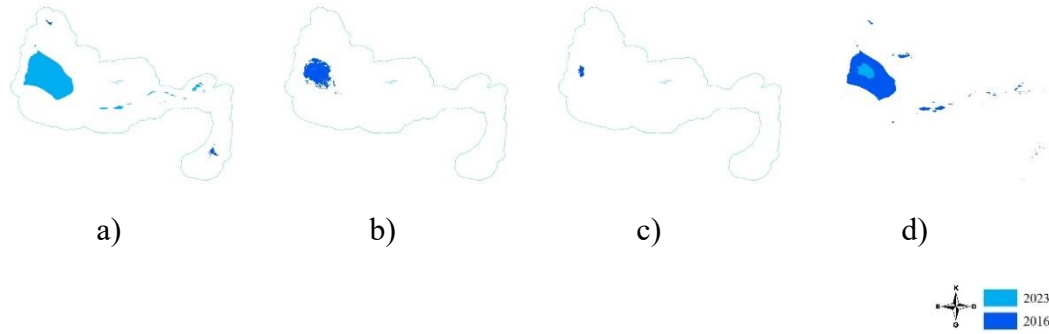
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	17,82	15,54	14,05	13,96	14,50	13,19	11,08	11,01
Yaz	8,97	6,40	6,72	4,32	1,56	0,83	0,71	0,31
Sonbahar	0,09	0,04	0,07	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01
Kış	19,46	19,02	15,21	16,23	14,52	15,67	2,20	0,12

İlkbahar aylarında NDWI değerleri genellikle yüksek seyretmektedir ancak 2016'dan 2023'e kadar gidildikçe su yüzey alanı azalmaktadır. Yaz aylarında ise, NDWI değerlerinin 2016'dan 2023'e doğru daha dramatik bir düşüş gösterdiği görülmektedir. 8 yıllık dönem içerisinde sonbahar mevsiminde su yüzey alanı minimum seviyededir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38: Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 döneminde su yüzey alanındaki değişim mevsimsel analiz edildiğinde ilkbahar mevsiminde 6,81 km², yaz mevsiminde 8,66 km², sonbahar mevsiminde 0,08 km², kış mevsiminde ise 19,34 km² azalma gösterdiği tespit edilmiştir (**Şekil 4.39**).



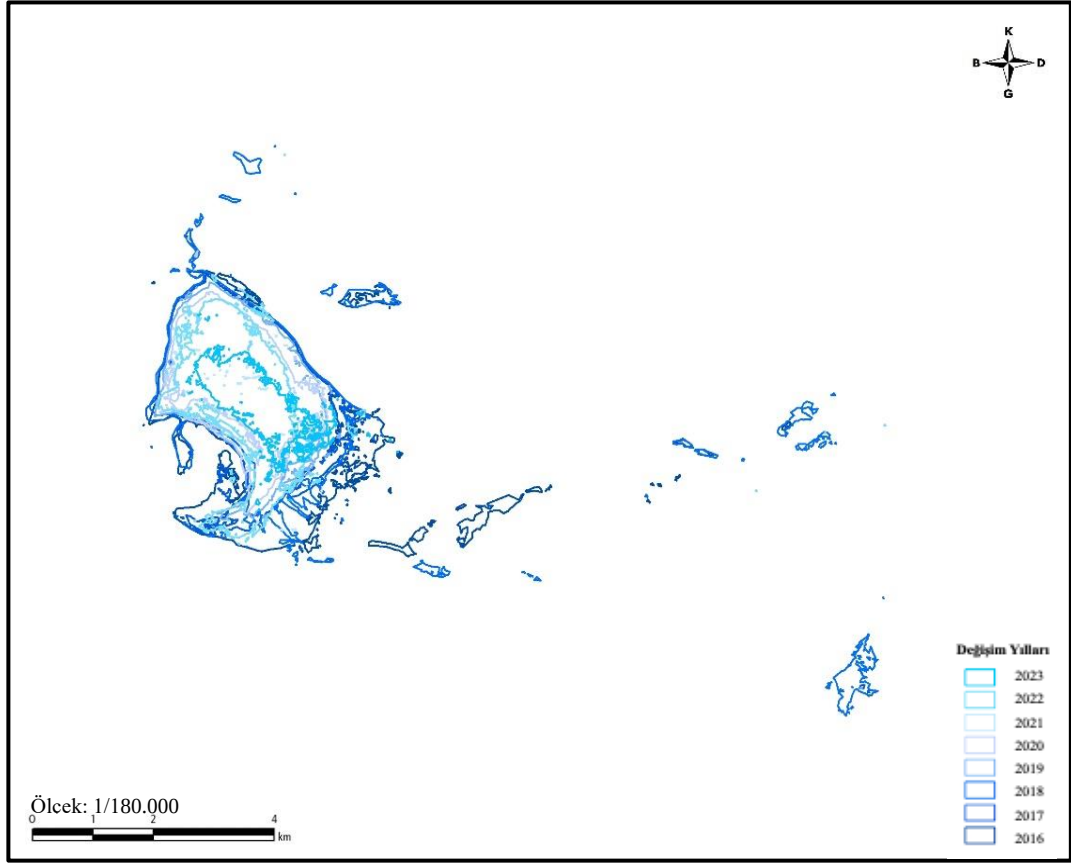
Şekil 4.39: Seyfe Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

MNDWI yöntemi ile elde edilen verilere bakıldığında 2016 yılında 17,85 km² alan kaplayan göl 2023 yılında 9,59 km²'ye gerilemiştir. Bu indekse göre gölün yaklaşık 14,96 km² su yüzeyi alanını kaybettiği tespit edilmiştir. 2022-2023 döneminde göl alan kaybetmesine rağmen en az su yüzey alanı değişimi görüldüğü dönemdir (**Tablo 4.27**).

Tablo 4.27: Seyfe Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

MNDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	17,85	17,35	16,95	15,82	14,13	10,37	10,31	9,59	8,26
Değişim	-	-2,80	-2,31	-6,67	-10,68	-26,61	-0,58	-6,98	-46,27

Sekiz yıllık dönem içerisinde göl yüzey alanı gerileyerek gölün küçülmesi devam etmiş ve 8,26 km² azalma yaşamıştır (**Şekil 4.38**). Bu azalma ile MNDWI diğer indeksler içerisinde en fazla alan kaybının yaşandığı tespit edilen ikinci indeks konumundadır.



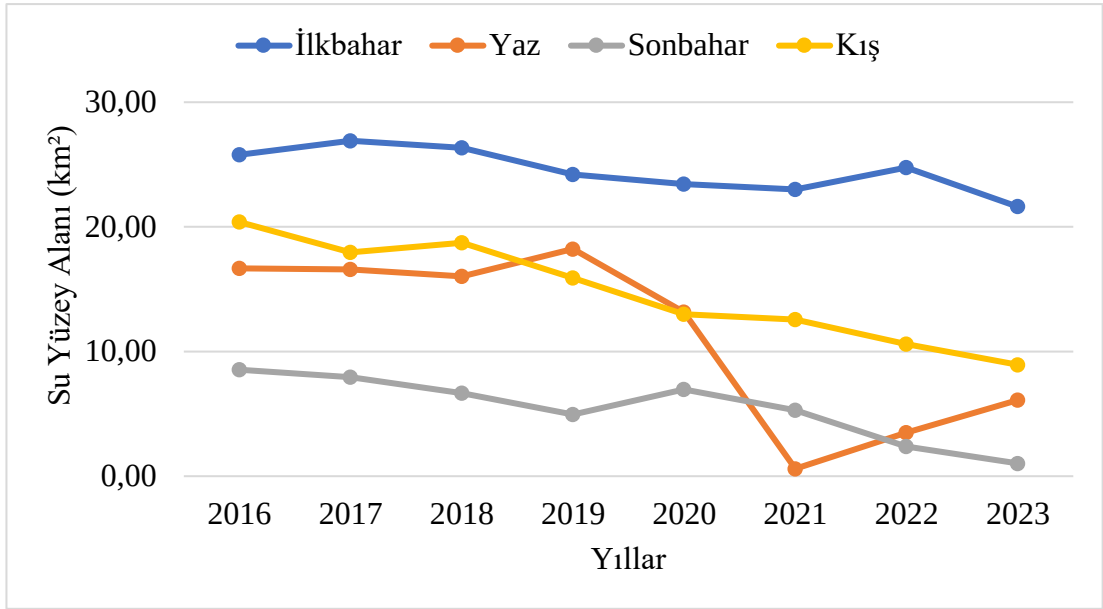
Şekil 4.38: Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Seyfe Gölü'nün su seviyelerinin mevsimsel analizi ile elde edilen değerler **Tablo 4.28**'de verilmiştir.

Tablo 4.28: Seyfe Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

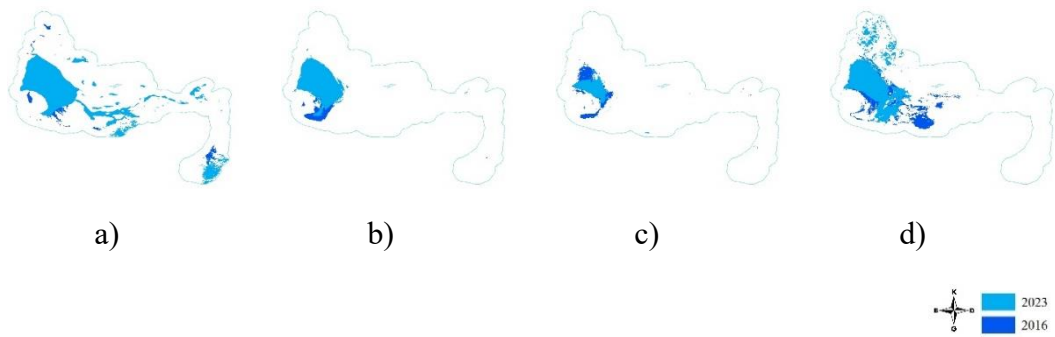
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	25,77	26,91	26,36	24,19	23,42	23,02	24,77	21,62
Yaz	16,68	16,57	16,01	18,23	13,16	0,60	3,48	6,11
Sonbahar	8,54	7,96	6,68	4,93	6,95	5,28	2,37	1,03
Kış	20,39	17,94	18,73	15,92	12,98	12,56	10,60	8,94

İlkbahar aylarında MNDWI değerleri genellikle yüksektir, ancak 2016'dan 2023'e kadar gidildikçe azalmaktadır. Yaz aylarında, 2019 ve 2020'de MNDWI değerlerinde belirgin bir artış görülmektedir. Sonbahar ve kış aylarında ise MNDWI değerlerinde daha istikrarlı bir eğilim gözlenmektedir (**Şekil 4.41**).



Şekil 4.41: Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

MNDWI yöntemine göre en fazla azalma kış döneminde görülürken en az azalma yaşadığı dönem ilkbahar mevsimi olduğu tespit edilmiştir. **Şekil 4.42**'de 2016-2023 döneminde meydana gelen mevsimsel su yüzey alanı haritası verilmiştir. 2016-2023 yılları arasında su yüzeyindeki değişim mevsimsel analiz edildiğinde ilkbahar mevsiminde 4,15 km², yaz mevsiminde 10,57 km², sonbahar mevsiminde 7,51 km², kış mevsiminde ise 11,45 km² azalış göstermiştir.



Şekil 4.42: Seyfe Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

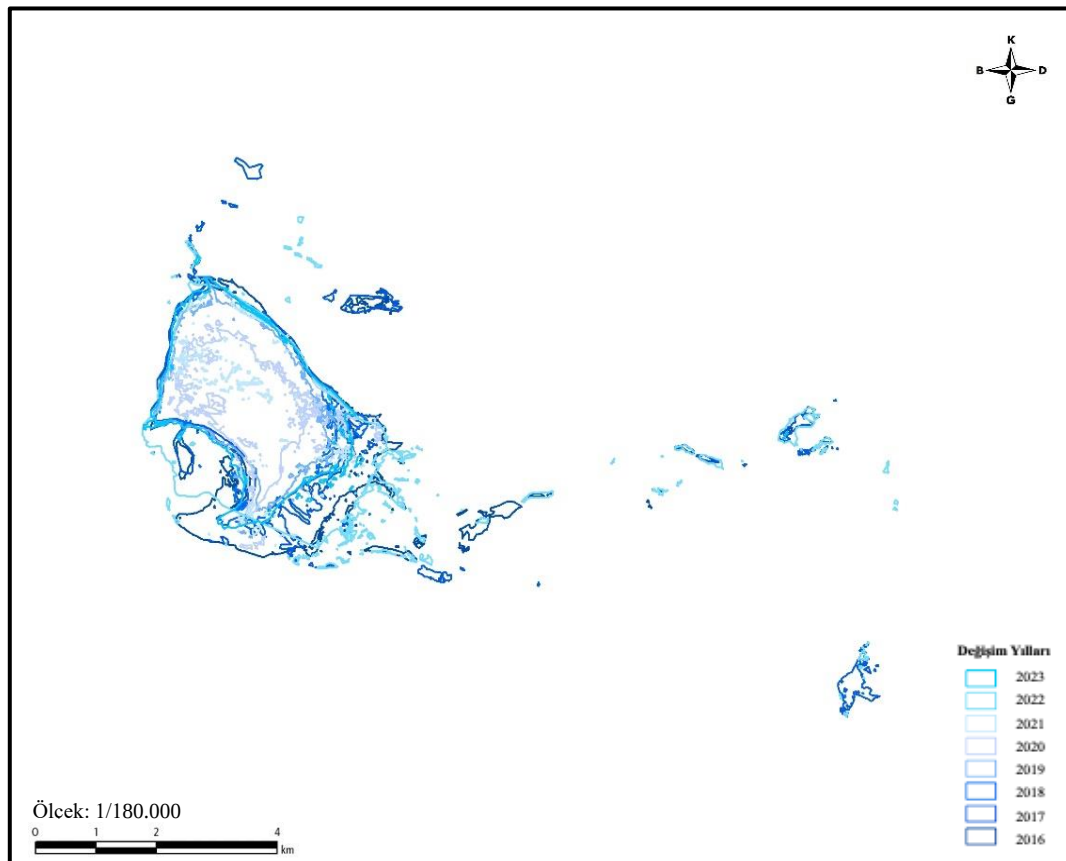
AWEI_{sh} ile gerçekleştirilen zamansal değişim analizinde, su yüzeyi alanı 2016'da 25,81 km² alana sahipken 2023 yılında 20,94 km²'ye düşmüştür. Bu dönem boyunca gözlemlenen en büyük düşüş %7,81'lik oranla 2020'de gerçekleşmiştir. Ancak, 2023

yılında beklenmeyen bir artış yaşanmış ve alanın boyutu %8,11 oranında artmıştır. Seyfe Gölü AWEI_{sh} yöntemi ile hesaplanan değerlere göre sekiz yıllık periyotta su yüzey alanında yaklaşık 4,87 km² azalma yaşamıştır (**Tablo 4.29**).

Tablo 4.29: Seyfe Gölü için $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km^2) ve değişim (%) oranları.

AWEI _{sh}	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	25,81	24,86	23,84	22,66	20,89	20,64	19,37	20,94	4,87
Değişim	-	-3,68	-4,10	-4,95	-7,81	-1,20	-6,15	8,11	-18,87

Su alanındaki bu azalma miktarı ile diğer indeksler içerisinde en az değişim olduğu görülen indekstir. **Şekil 4.39**'da $AWEI_{sh}$ yöntemine göre elde edilen su yüzey alanı haritası verilmiştir.



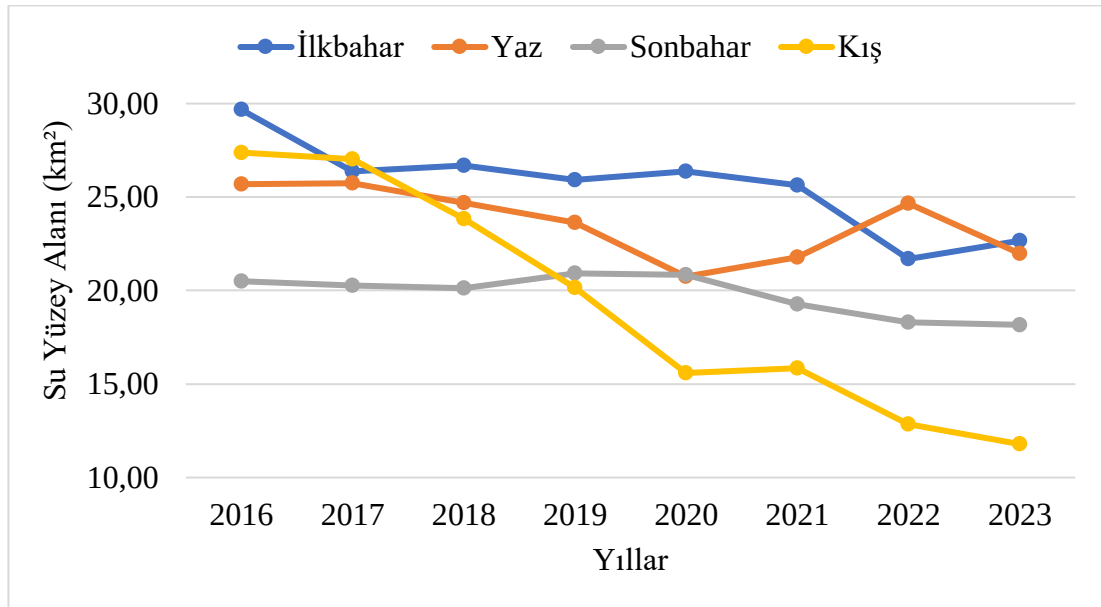
Şekil 4.39: Seyfe Gölü'nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

AWEI_{sh} yöntemine göre 2016 yılından 2023 yılına kadar su yüzey alanı dört mevsim düzeyinde de azalış göstermektedir (**Tablo 4.30**).

Tablo 4.30: Seyfe Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

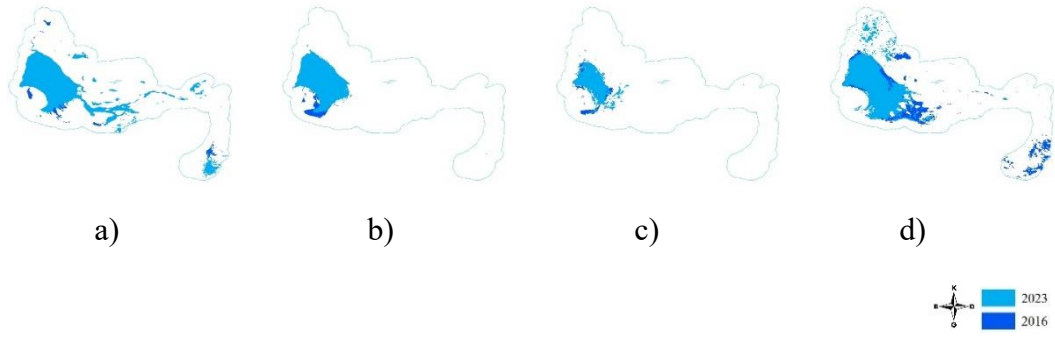
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	29,67	26,38	26,69	25,91	26,38	25,64	21,69	22,67
Yaz	25,69	25,74	24,69	23,65	20,75	21,79	24,67	21,99
Sonbahar	20,51	20,27	20,14	20,92	20,85	19,27	18,29	18,17
Kış	27,38	27,03	23,83	20,16	15,58	15,85	12,84	11,79

Sekiz yıllık dönemde sonbahar aylarında su yüzey alanı en düşük seviyededir. 2017 yılında su yüzey alanı maksimum kış mevsiminde görülürken diğer dönemlerde en yüksek su yüzey alanı ilkbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde ise 2016-2023 yılına kadar olan süreçte göl sürekli olarak alan kaybetmektedir. **Şekil 4.44**'te mevsimsel su yüzey alanı değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.44: Seyfe Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 döneminde ilkbahar mevsiminde 7 km², yaz mevsiminde 3,7 km², sonbahar mevsiminde 2,34 km², kış mevsiminde ise 15,59 km² alan kaybettiği görülmüştür (**Şekil 4.45**).



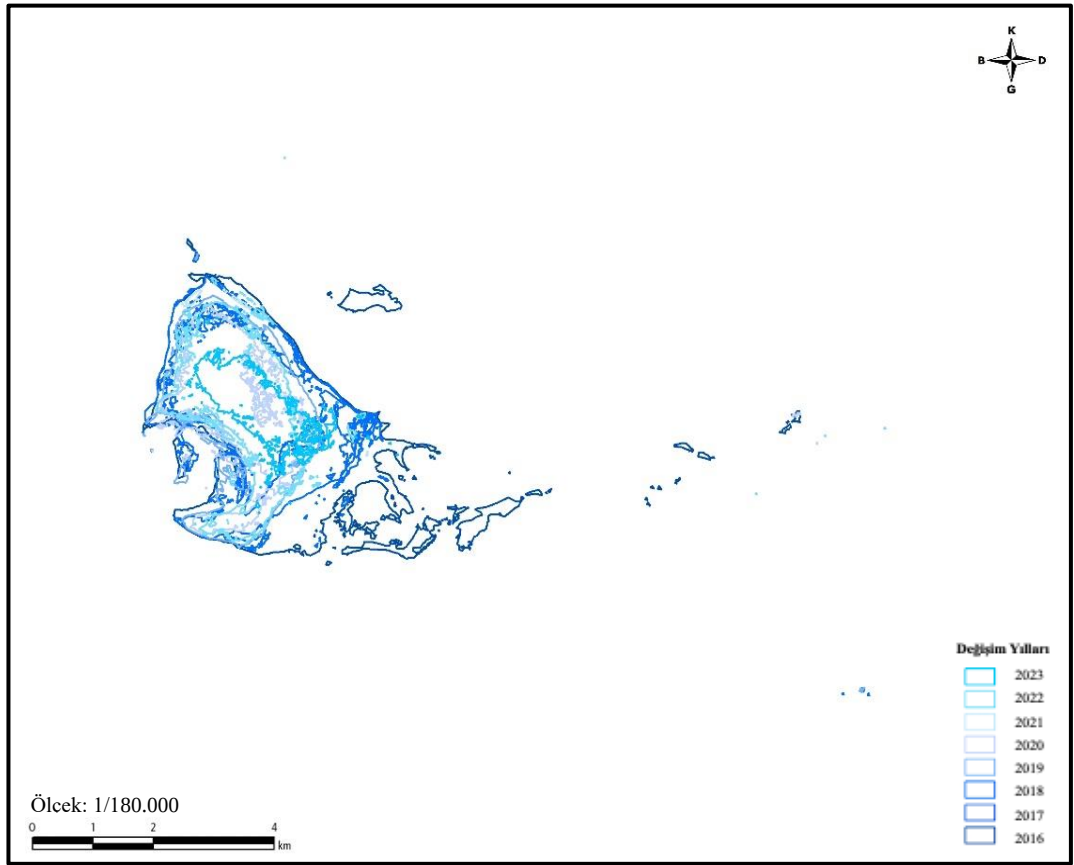
Şekil 4.45: Seyfe Gölü'nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

WI yöntemine göre göl yüzey alanı 2016'da 26,91 km² iken 2023 yılında 10,55 km² olarak hesaplanmıştır. Sekiz yıllık süre boyunca gölün su yüzey alanındaki değişim yaklaşık 16,36 km² olarak tespit edilmiştir. Bu alansal değişim ile diğer indeksler içerisinde en fazla değişim yaşanan indeks konumundadır. Negatif yöndeki en büyük su yüzey alanı değişimi 2021-2022 yıllarında, en az alan değişimi ise 2017-2018 yılları arasında gerçekleşmiştir (**Tablo 4.31**).

Tablo 4.31: Seyfe Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

WI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	26,91	24,61	23,43	19,96	16,91	16,46	13,03	10,55	16,36
Değişim	-	-8,55	-4,79	-14,81	-15,28	-2,66	-20,84	-19,03	-60,80

Şekil 4.46'da sekiz yıllık dönem içerisinde meydana gelen su yüzey alanı değişim haritası verilmiştir.



Şekil 4.46: Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

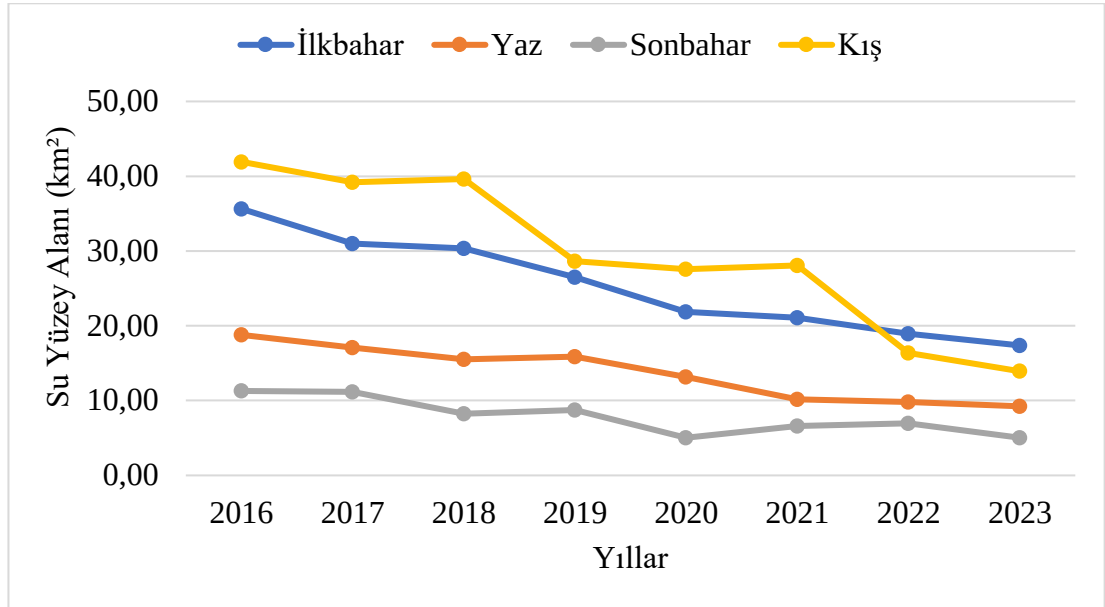
WI yöntemi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında dört mevsim bazında diğer indeksler arasında en yüksek su yüzey alanına sahip olduğu görülmüştür (**Tablo 4.32**).

Tablo 4.32: Seyfe Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	35,64	30,98	30,32	26,50	21,85	21,06	18,97	17,38
Yaz	18,79	17,08	15,52	15,86	13,15	10,15	9,79	9,24
Sonbahar	11,29	11,20	8,25	8,72	5,06	6,60	6,95	5,04
Kış	41,93	39,17	39,63	28,64	27,58	28,04	16,39	13,93

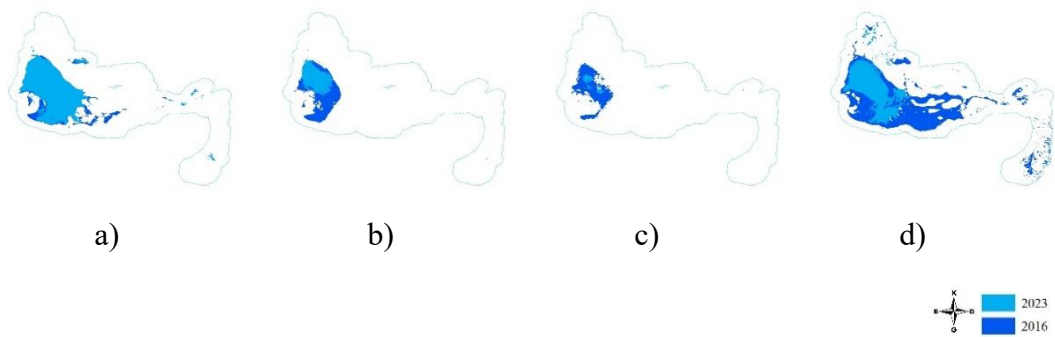
2016'dan 2023'e kadar ilkbahar mevsiminde sürekli bir azalma eğilimi görülmektedir. Özellikle 2016'dan 2019'a kadar olan dönemde belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Yaz mevsiminde de benzer bir şekilde 2016'dan 2023'e kadar bir azalma eğilimi gözlemlenmektedir. Sonbahar mevsiminde ise 2018-2020 ve 2021-2022 dönemlerinde

artış yaşandığı tespit edilmiştir. **Şekil 4.47**'de yıllık periyotta MNDWI değer grafiği sunularak mevsimsel değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.47: Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yılları arasında ilkbahar mevsiminde 18,26 km², yaz mevsiminde 9,55 km², sonbahar mevsiminde 6,25 km², kış mevsiminde ise 28 km² azalış göstermiştir (**Şekil 4.48**).



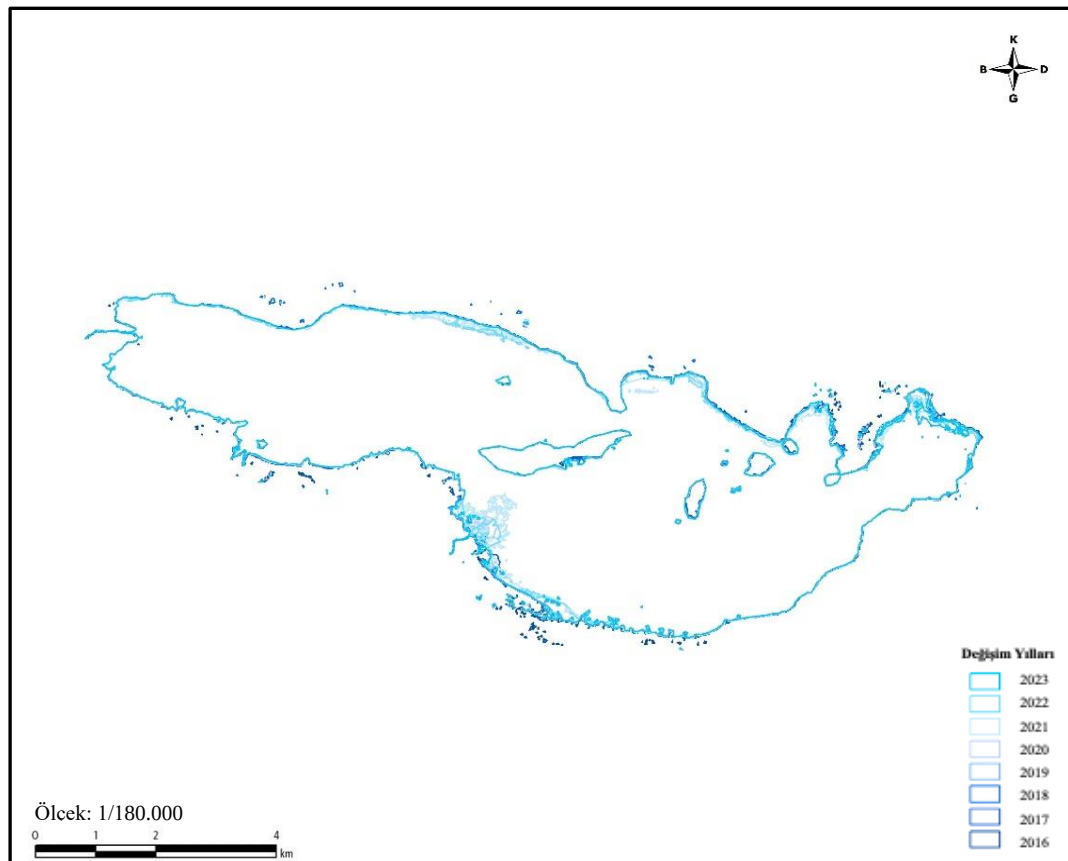
Şekil 4.48: Seyfe Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

4.1.5. Uluabat Gölü

NDWI yöntemine göre, 2016 yılında Uluabat Gölü'nün su yüzey alanı 119,42 km², 2023 yılında 112,75 km² olarak belirlenmiştir. Sekiz yıllık periyotta toplam değişim değerlendirildiğinde, Uluabat Gölü'nün su yüzeyi alanında toplamda 6.67 km²'lik bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (**Tablo 4.33**). Diğer indeksler arasında su yüzey alanındaki bu değişim miktarı alan kaybının en az yaşandığı indekstir. Uluabat Gölü'nün sekiz yıllık periyotta yüzey alanı değişimi haritası **Şekil 4.49**'da verilmiştir.

Tablo 4.33: Uluabat Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

NDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	119,42	120,41	120,36	116,89	115,63	115,96	112,76	112,75	6,67
Değişim	-	0,83	-0,04	-2,88	-1,08	0,29	-2,76	-0,01	-5,59



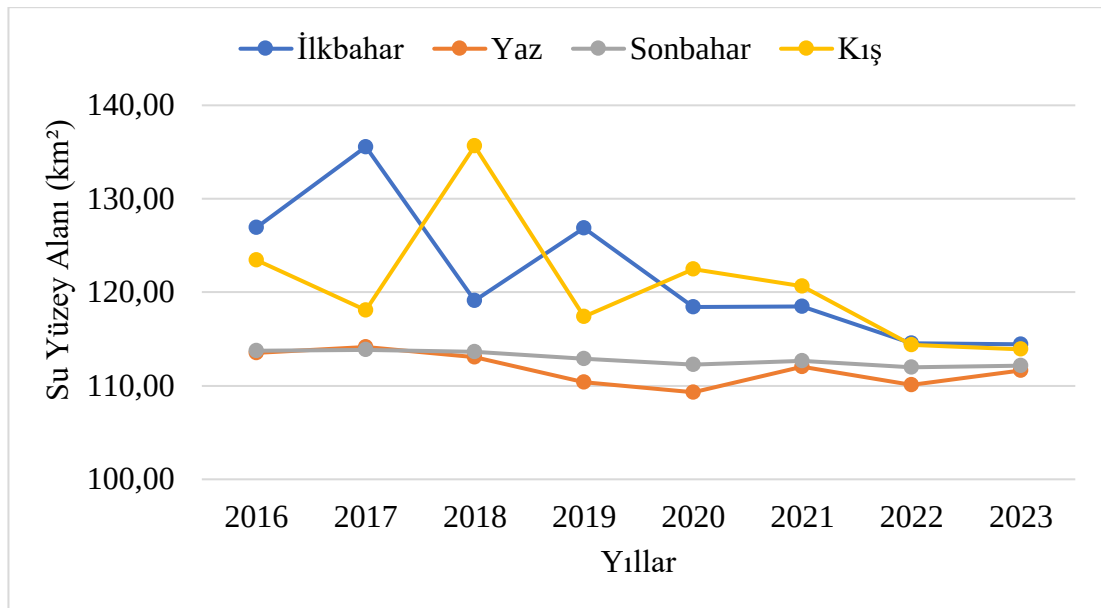
Şekil 4.49: Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Uluabat Gölü'nün mevsimsel olarak su yüzeyinde önemli dalgalanmalar yaşadığını gösteren su yüzey alanı değerleri **Tablo 4.34**'te verilmiştir.

Tablo 4.34: Uluabat Gölü için NDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

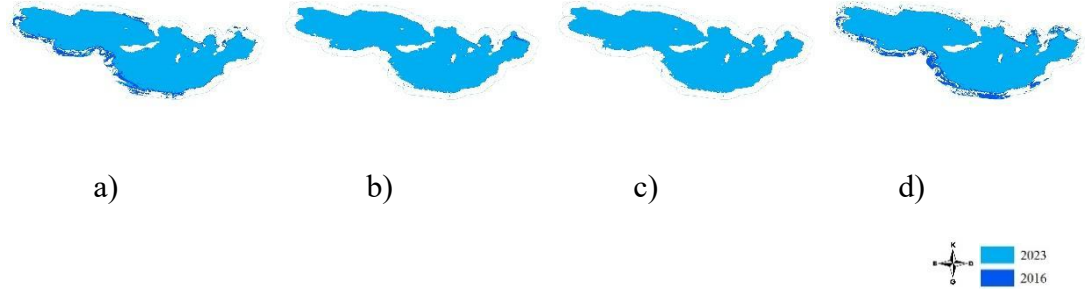
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	126,93	135,57	119,11	126,88	118,45	118,46	114,57	114,44
Yaz	113,53	114,15	113,07	110,38	109,31	112,06	110,08	111,65
Sonbahar	113,76	113,84	113,61	112,87	112,27	112,65	111,98	112,15
Kış	123,44	118,07	135,63	117,43	122,50	120,66	114,39	113,90

İlkbahar mevsiminde 2016-2017 döneminde belirgin bir artış görülmüş ancak 2018'de bu artış azalmıştır. Yaz mevsiminde gölün su yüzeyi alanı nispeten daha stabil olduğu görülmüştür. 2016'dan 2023'e kadar olan dönemde ufak dalgalanmalar yaşanmış, ancak genel olarak su yüzey alanı 113-114 km² civarında seyrettiği belirlenmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, gölün su yüzeyi alanı 2019'dan itibaren genel olarak düşüş eğilimi gözlemlenmiştir. Kış mevsiminde, 2016-2023 yılları arasında gölün su yüzeyi alanında büyük dalgalanmalar yaşanmıştır. **Şekil 4.50**'de 2016-2023 döneminde meydana gelen mevsimsel değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.50: Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-23 yılları arasında su yüzeyindeki değişim en fazla ilkbahar mevsiminde 12,49 km², en az 1,61 km² ile sonbahar mevsiminde azalma yaşandığı belirlenmiştir (**Şekil 4.51**).



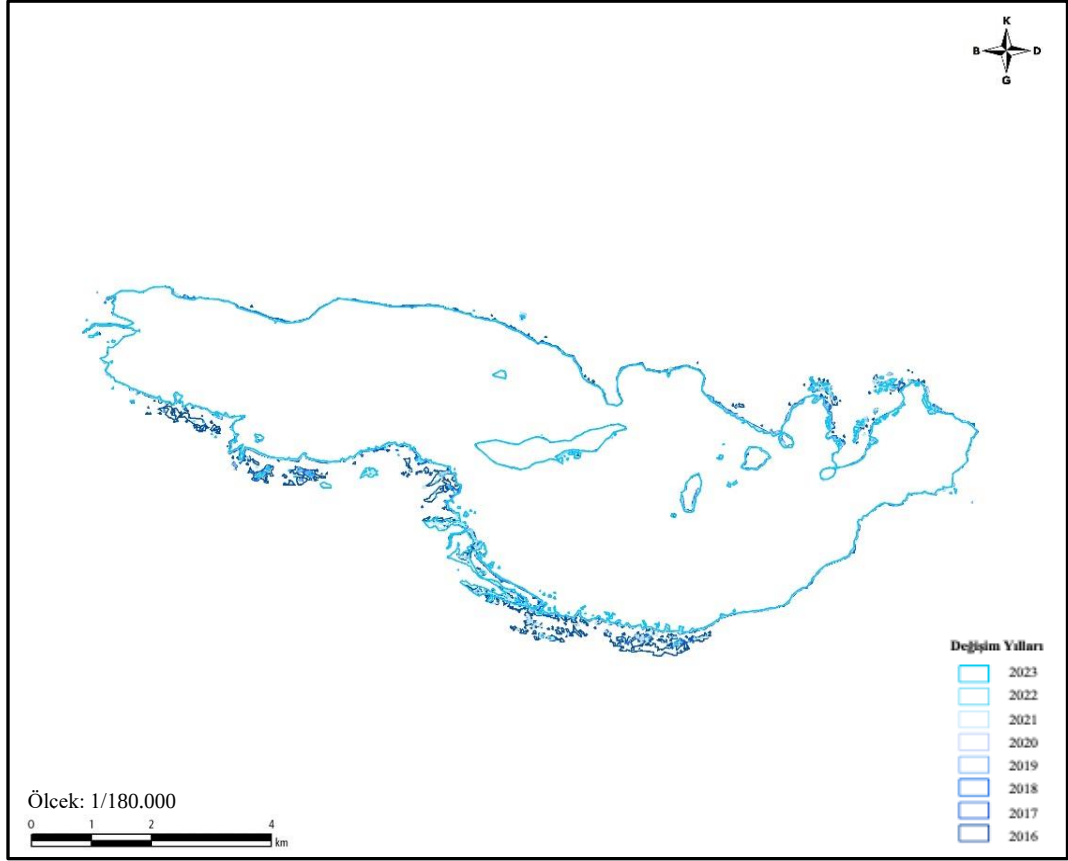
Şekil 4.51: Uluabat Gölü'nün NDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

MNDWI yöntemine göre 2016'dan 2023'e kadar olan dönemde Uluabat Gölü'nün su yüzeyi alanı yaklaşık 9,19 km² azalmıştır, bu da %7,25'lik bir düşüşe karşılık gelmektedir (**Tablo 4.35**).

Tablo 4.35: Uluabat Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

MNDWI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	126,69	124,10	128,53	122,15	122,47	122,28	117,35	117,50	9,19
Değişim	-	-2,04	3,57	-4,96	0,26	-0,16	-4,03	0,13	-7,25

2016-2023 süre zarfında gölün su yüzeyi alanında belirgin dalgalanmalar gözlemlenmiş olup, **Şekil 4.52**'de sekiz yıllık dönemde meydana gelen su yüzey alanlarına ait yüz ölçümü haritası verilmiştir.



Şekil 4.52: Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

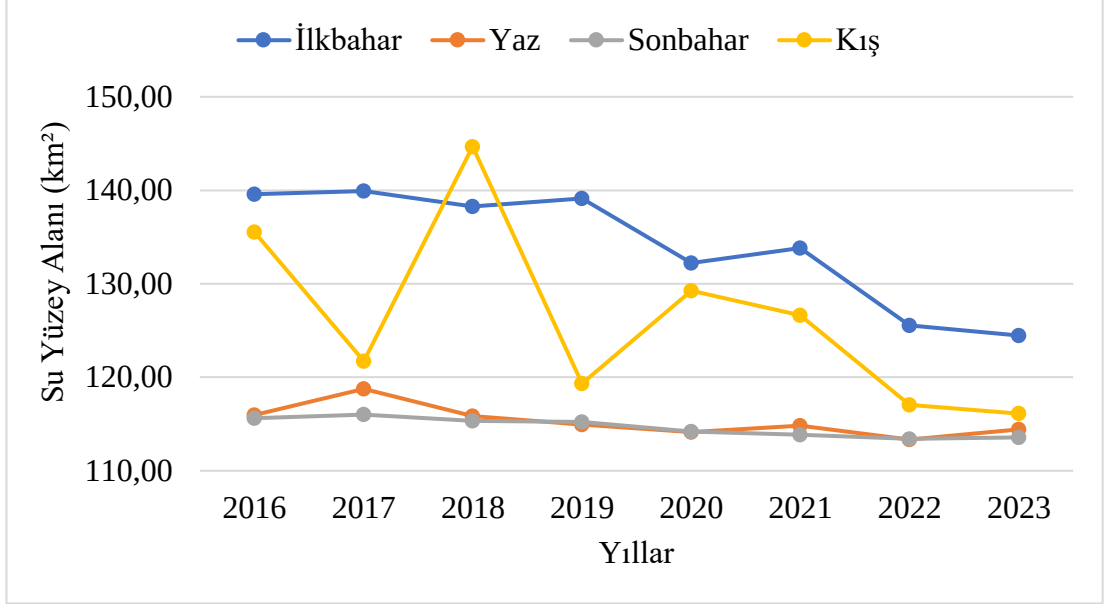
MNDWI yöntemi ile elde edilen mevsimsel değerler **Tablo 4.36'**da verilmiştir.

Tablo 4.36: Uluabat Gölü için MNDWI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	139,58	139,92	138,26	139,11	132,25	133,80	125,57	124,47
Yaz	115,99	118,76	115,83	114,94	114,16	114,81	113,34	114,43
Sonbahar	115,65	116,01	115,35	115,20	114,19	113,86	113,42	113,60
Kış	135,54	121,72	144,68	119,36	129,26	126,66	117,07	116,12

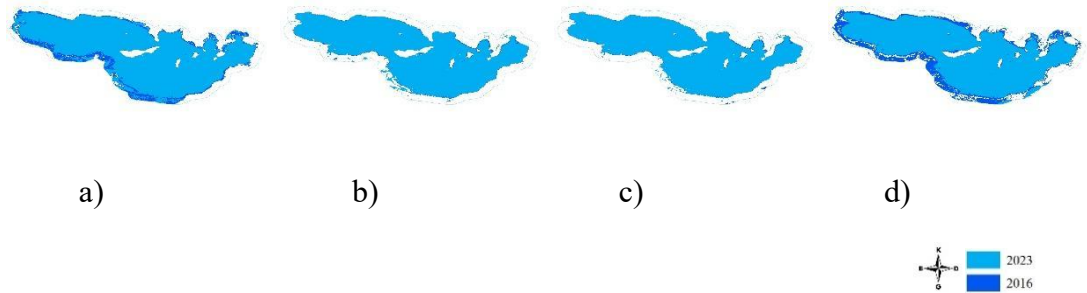
İlkbahar mevsiminde, gölün su yüzeyi alanı 2016-2023 yılları arasında stabil bir azalış göstermektedir. Yaz mevsiminde gölün su yüzeyi alanı 2016'dan 2023'e kadar genellikle 115-118 km² arasında dalgalanmıştır. Sonbahar mevsiminde, gölün su yüzeyi alanı 2016'dan itibaren nispeten stabil kalmış ve 115 km² civarında seyretmiştir. Ancak, 2020 yılından itibaren kademeli bir azalma görülmüş ve 2023

yılında 113,60 km² olmuştur. Kış mevsiminde, gölün su yüzeyi alanı 2017-2018 arasında büyük bir artış göstererek 144,68 km² ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu veriler, Uluabat Gölü'nün mevsimsel olarak su yüzeyi alanında önemli dalgalanmalar yaşadığını göstermektedir (Şekil 4.53).



Şekil 4.50: Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yıllarında ilkbahar mevsiminde alanın 15,11 km², yaz mevsiminde 1,56 km², sonbahar mevsiminde 2,05 km², kış mevsiminde ise 19,42 km²'ye gerilediği belirlenmiştir (Şekil 4.54).



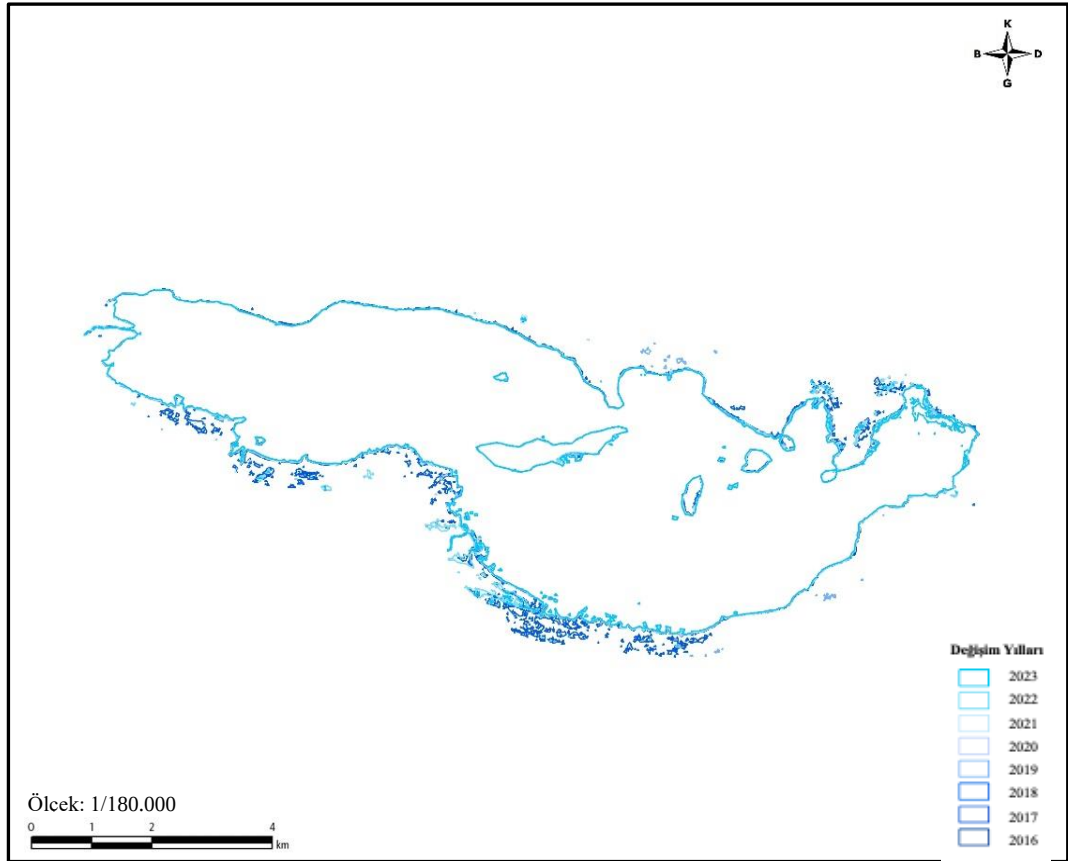
Şekil 4.54: Uluabat Gölü'nün MNDWI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

AWEI_{sh} yöntemine göre elde edilen veriler değerlendirildiğinde, 2016-2023 dönemleri arasında Uluabat Gölü'nün su yüzeyi alanı toplamda 10,07 km² azalmıştır, bu da %7,95'lik bir düşüşe karşılık gelmektedir (**Tablo 4.31**).

Tablo 4.37: Uluabat Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

AWEI _{sh}	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	126,67	123,96	127,00	122,13	122,63	123,43	118,55	116,60	10,07
Değişim	-	-2,14	2,45	-3,83	0,41	0,65	-3,95	-1,64	-7,95

2016 yılında 126,67 km² olan su yüzeyi alanı, 2017 yılında %2,14 oranında azalmış ancak 2018 yılında alan %2,45 oranında artarak tekrar 127,00 km² seviyelerine ulaşmıştır. 2023 yılına gelindiğinde su yüzey alanı 116,60 km²'ye düştüğü tespit edilmiştir (**Şekil 4.35**).



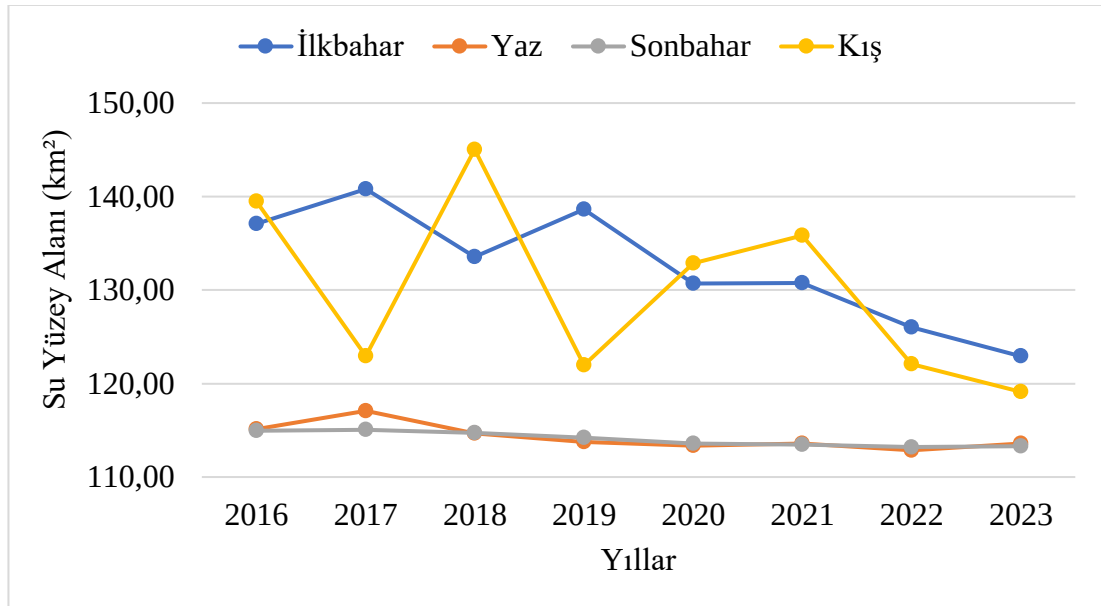
Şekil 4.55: Uluabat Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Dört mevsim düzeyinde 2016-2023 yıllarına ait AWEI_{sh} yöntemi ile hesaplanan su yüzey alanlarına ait değerler **Tablo 4.38**'de verilmiştir.

Tablo 4.38: Uluabat Gölü için AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

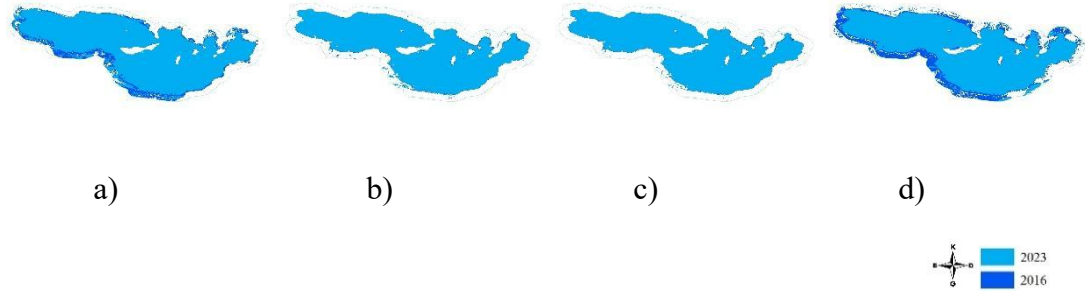
Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	137,10	140,80	133,56	138,61	130,72	130,77	126,02	122,92
Yaz	115,11	117,08	114,73	114,76	113,54	113,60	113,86	113,56
Sonbahar	114,97	115,05	114,64	113,47	113,37	113,21	112,21	113,31
Kış	139,51	122,91	145,03	121,96	132,89	135,86	122,09	119,12

İlkbahar mevsiminde, gölün su yüzeyi alanı 2016 yılında 137,10 km² iken, 2017'de önemli bir artışla 140,80 km²'ye çıkmıştır. 2020'den itibaren belirgin bir düşüş trendi gözlemlenmiş ve 2023 yılında 122,92 km² ile en düşük seviyesine ulaşmıştır. Sonbahar mevsiminde, gölün su yüzeyi alanı 2016'dan itibaren nispeten stabil kalmış ve 114 km² civarında seyretmiştir. Özellikle ilkbahar ile kış mevsimlerinde daha büyük değişiklikler yaşandığı tespit edilen göle ilişkin mevsimsel değişim grafiği **Şekil 4.56**'da verilmiştir.



Şekil 4.56: Uluabat Gölü'nün AWEI_{sh} yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel yüzey alanı grafiği.

Şekil 4.57’de 2016-2023 döneminde meydana gelen mevsimsel değişim haritası verilmiştir.

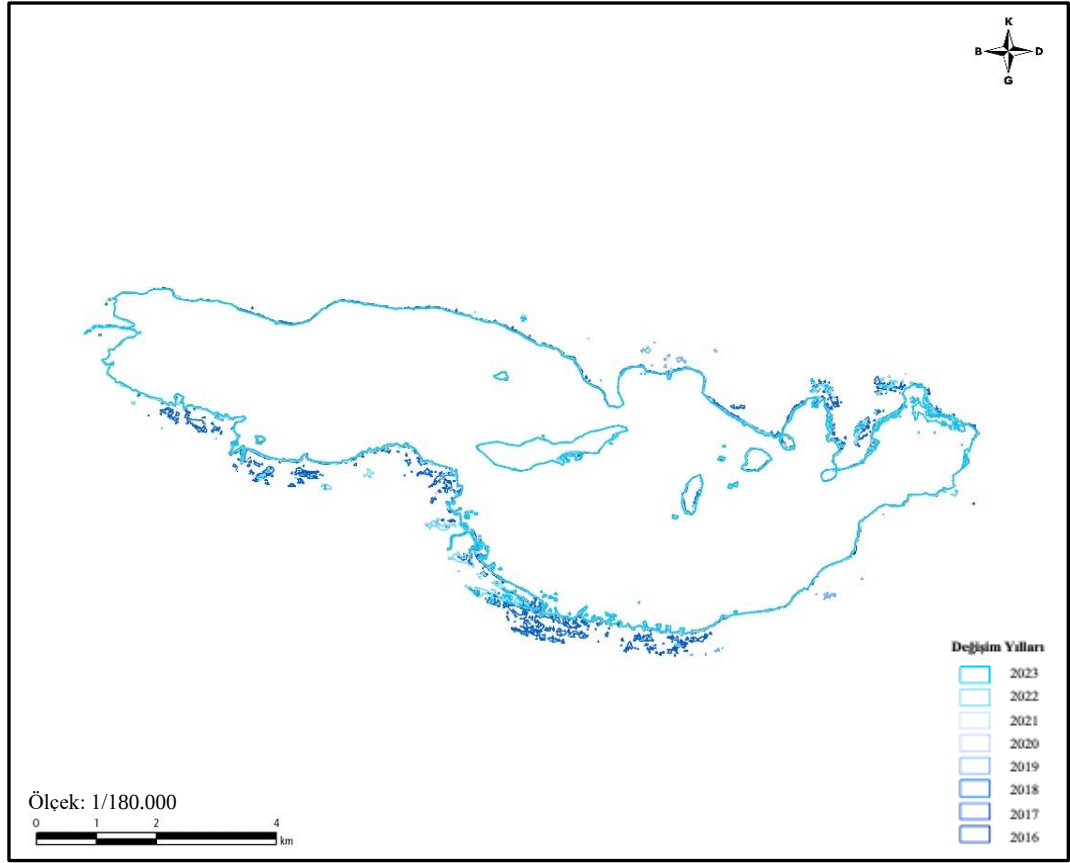


Şekil 4.57: Uluabat Gölü’nün $AWEI_{sh}$ yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

WI yöntemi ile elde edilen verilere bakıldığında Uluabat Gölü’nde, gölün su yüzeyi alanının sürekli olarak azaldığı görülmektedir (**Tablo 4.39**). Bu indekse göre gölün yüzey alanı yaklaşık $15,21 \text{ km}^2$ azalmıştır, bu da %11,14’lük bir düşüşe karşılık gelmektedir. Şekil 4.58’de sekiz yıllık dönemde meydana gelen su yüzey alanı değişimini gösteren yüz ölçümü haritası verilmiştir.

Tablo 4.39: Uluabat Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km^2) ve değişim (%) oranları.

WI	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016-2023
Alan	136,51	134,13	132,12	130,19	126,90	123,47	122,21	121,30	15,21
Değişim	-	-1,74	-1,50	-1,46	-2,53	-2,70	-1,02	-0,74	-11,14

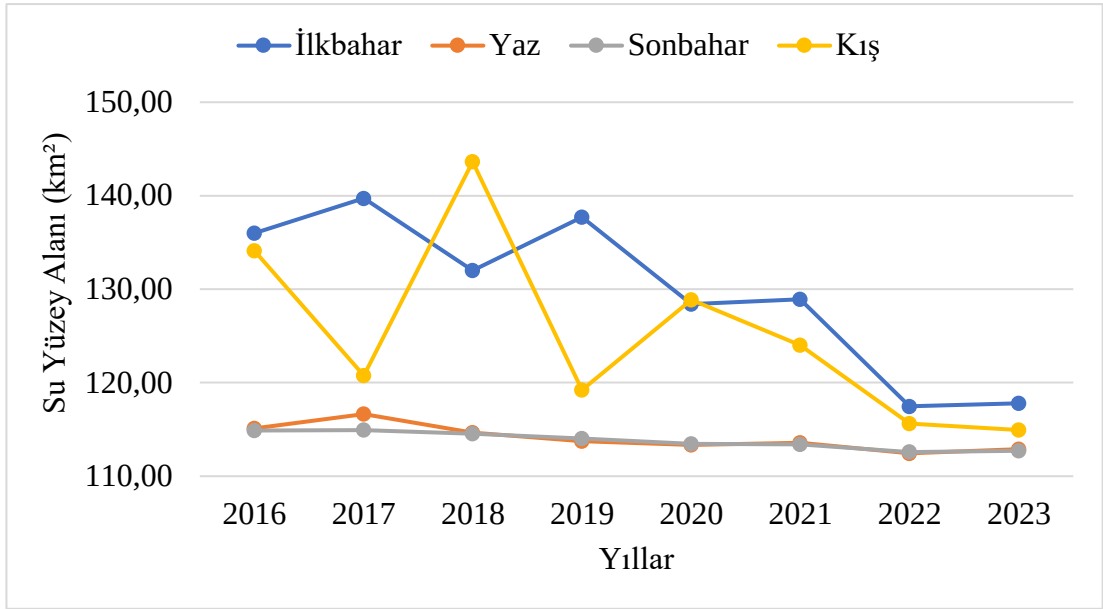


Şekil 4.58: Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yılları değişim haritası.

Tablo 4.40'ta elde edilen mevsimsel bazda su yüzey alanları verilmiştir. İlkbahar ve kış mevsimlerinde daha belirgin düşüşler gözlenirken, yaz ve sonbahar mevsimlerinde değişkenlikler olsa da genel bir azalma trendi hakimdir (**Şekil 4.59**).

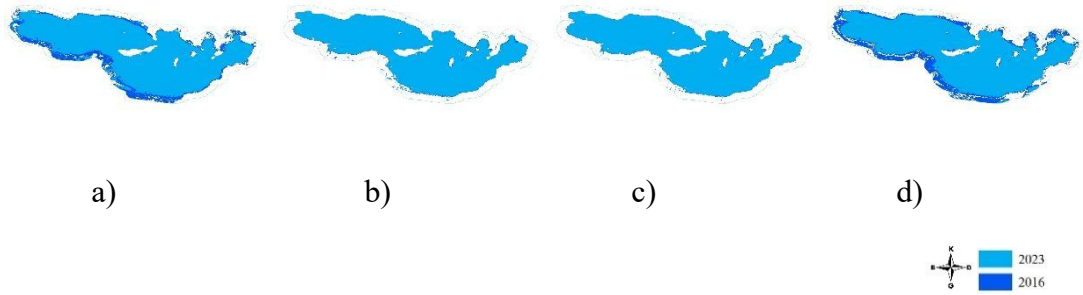
Tablo 4.40: Uluabat Gölü için WI yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²).

Mevsim/Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
İlkbahar	136,01	139,73	132,02	137,71	128,82	128,92	117,48	117,78
Yaz	115,12	116,64	114,67	113,75	113,33	113,60	112,45	112,88
Sonbahar	114,90	114,93	114,55	114,03	113,48	113,40	112,58	112,74
Kış	134,10	120,74	143,63	119,25	128,45	124,04	115,60	114,94



Şekil 4.59: Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 yıllarına ait mevsimsel yüzey alanı grafiği.

2016-2023 yıllarına ait mevsimsel su yüzey alanı değişimini gösteren harita **Şekil 4.60**'ta verilmiştir.



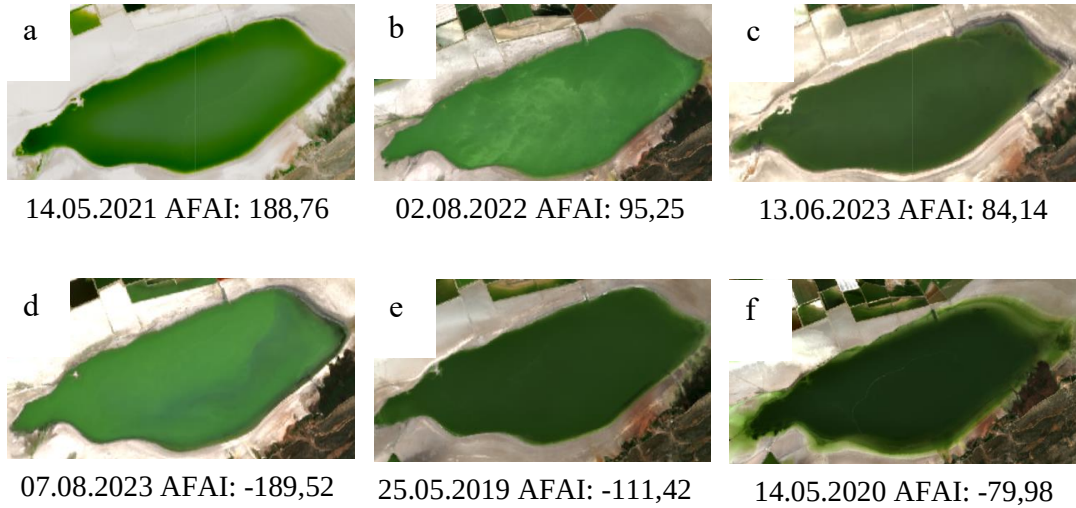
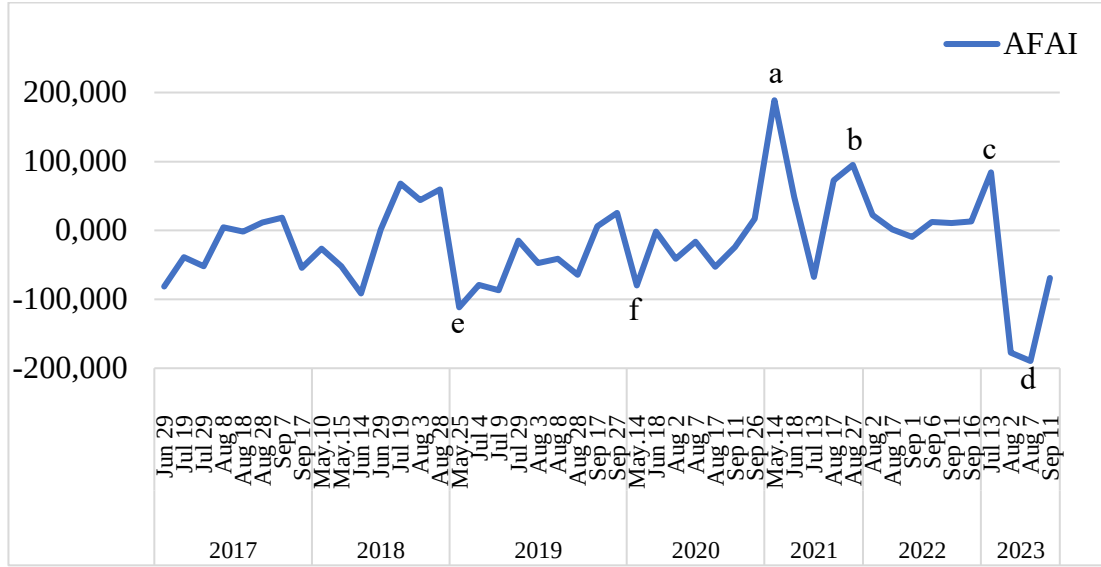
Şekil 4.60: Uluabat Gölü'nün WI yardımıyla hesaplanan 2016-2023 mevsimsel su yüzey alanı haritası. a) İlkbahar b) Yaz c) Sonbahar d) Kış

4.2. Göl Alanlarındaki Alg Değişimlerin Zamansal Olarak İzlenmesi

4.2.1. Acı Göl

Şekil 4.61'de verilen AFAI yöntemine göre elde edilen veri grafiğinde 2017-2019 yılları arası daha durgun, 2021 ve 2022 yıllarında ise daha belirgin dalgalanmalar göze

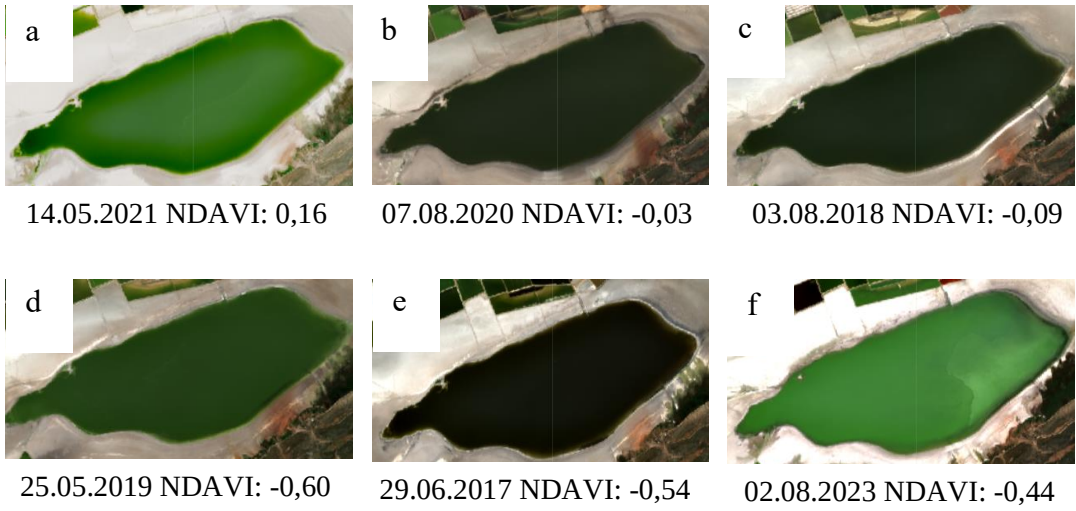
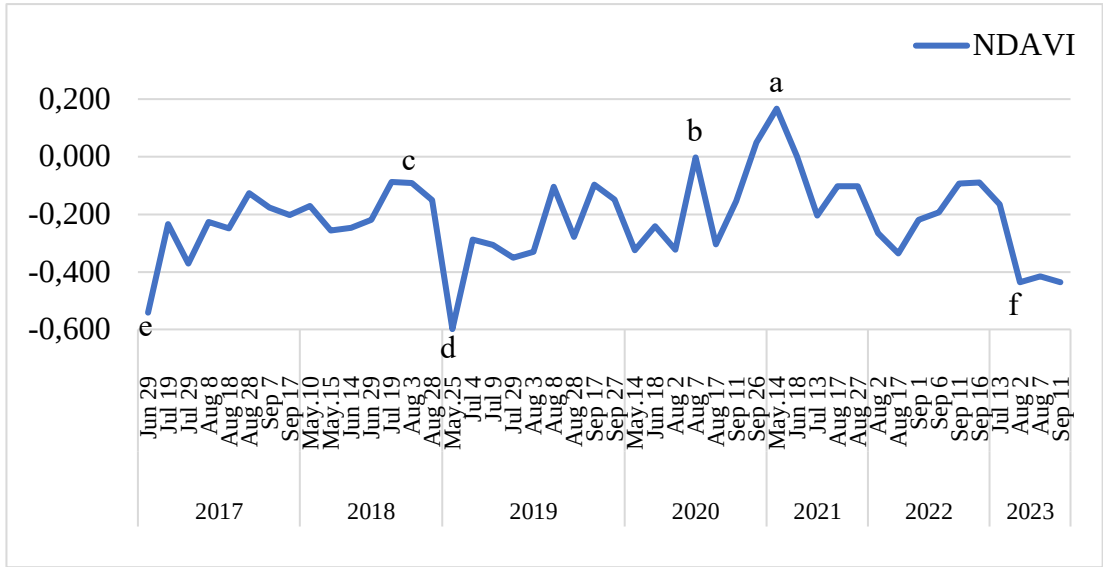
çarpmaktadır. AFAI yöntemine göre en yüksek değere 14 Mayıs 2021 tarihinde ulaşırken en düşük değer 7 Ağustos 2023 tarihinde görülmektedir.



Şekil 4.61: Acı Göl'e ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.

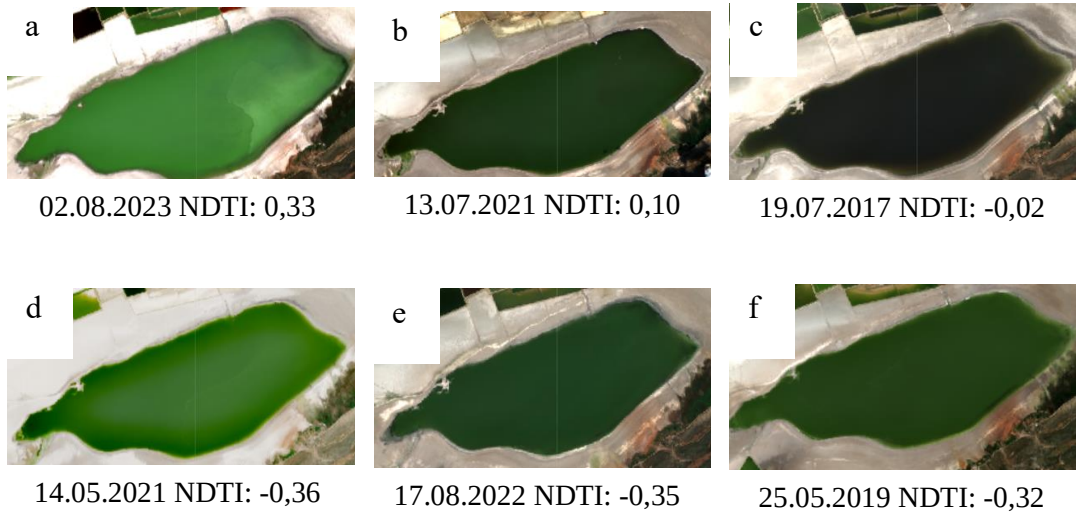
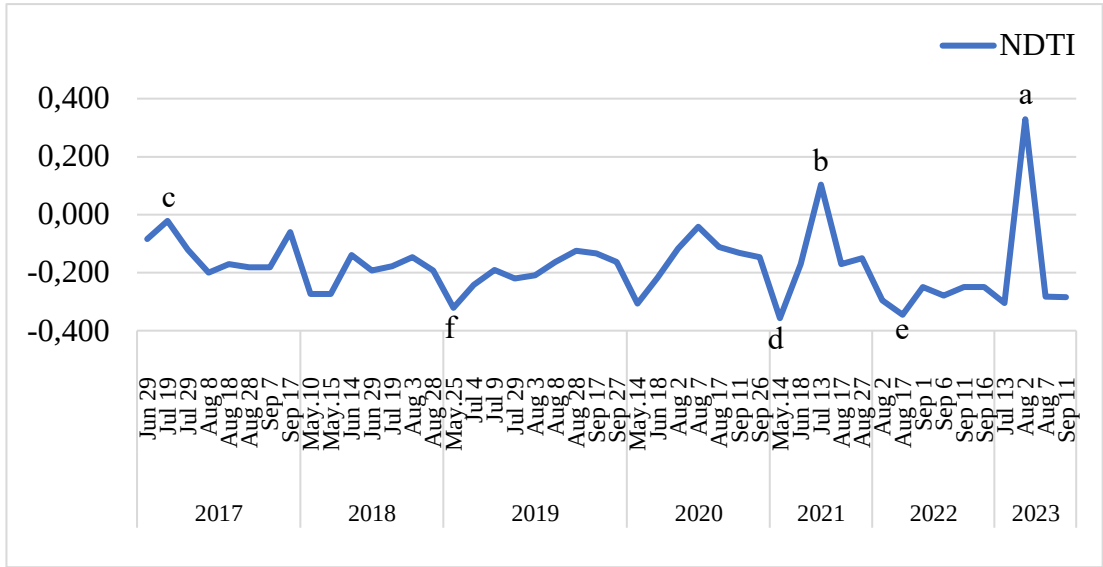
AFAI yöntemine göre Acı Göl'de genellikle Mayıs ve Ağustos ayında alg oluşumu olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.62'de NDAVI ile elde edilen verilere bakıldığında +1 ile -1 değer aralığında sonuç verdiği görülmektedir. 2017 ve 2018 yıllarında genellikle negatif değerler görülmekte ve 2019 yılı Mayıs ayında özellikle en düşük NDAVI değeri (-0,60) elde edilmiştir. Sadece 2021 yılının Mayıs ayında pozitif değere ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.62: Acı Göl'e ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.

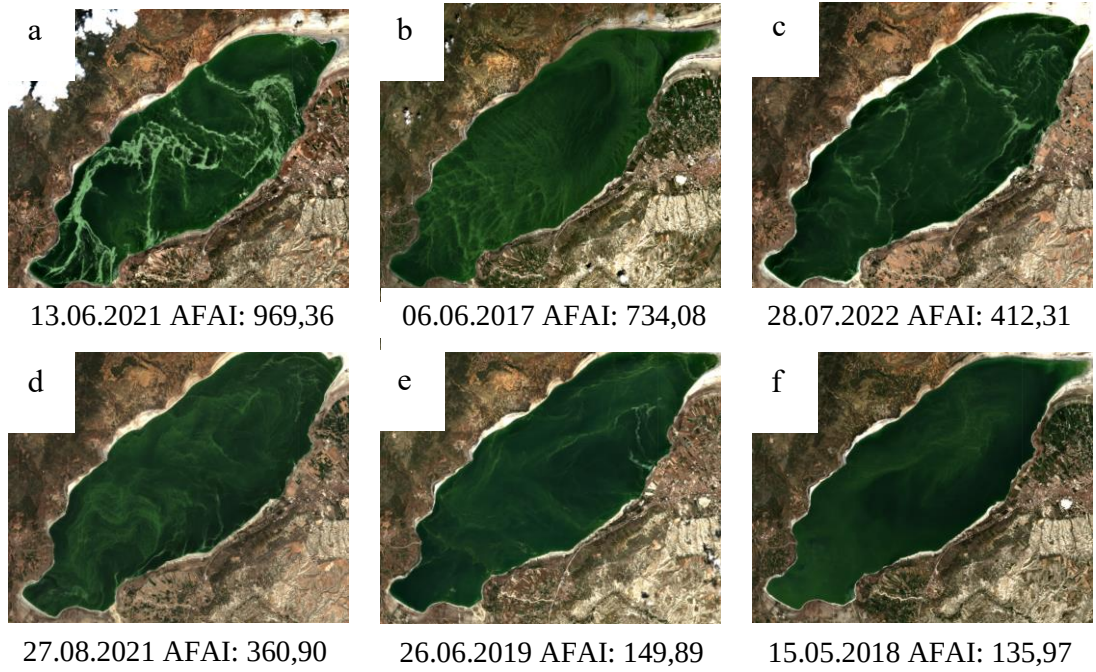
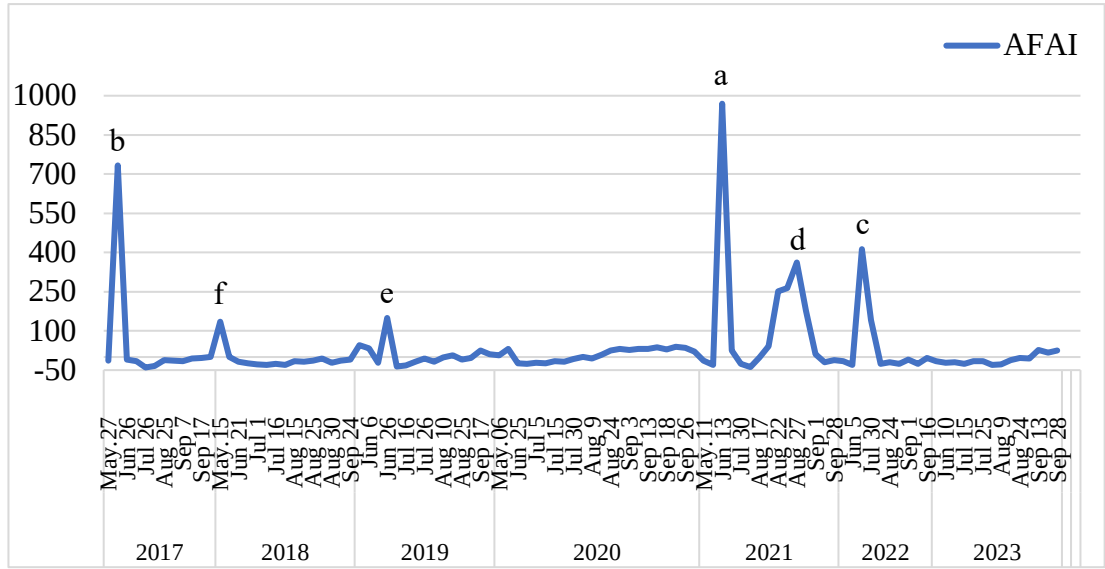
Şekil 4.63'te NDTI ile elde edilen veri grafiği verilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek NDTI değeri 2 Ağustos 2023 tarihinde (0,33) kaydedilmiştir. En düşük NDTI değeri ise 14 Mayıs 2021 tarihinde (-0,36) görülmüştür.



Şekil 4.63: Acı Göl'e ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.

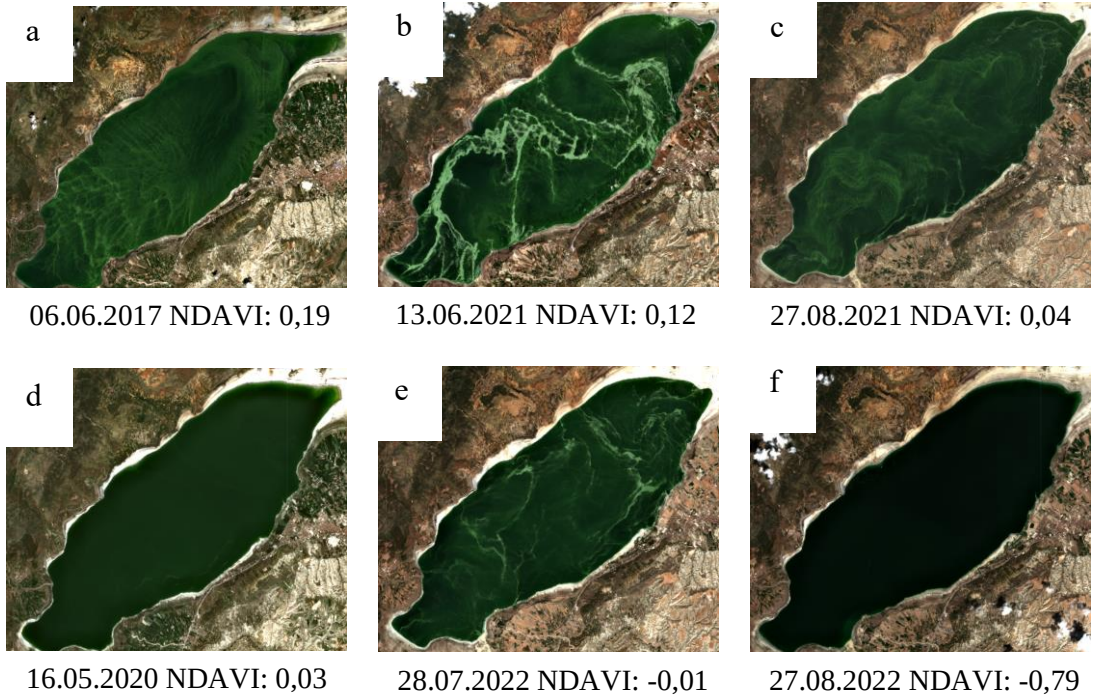
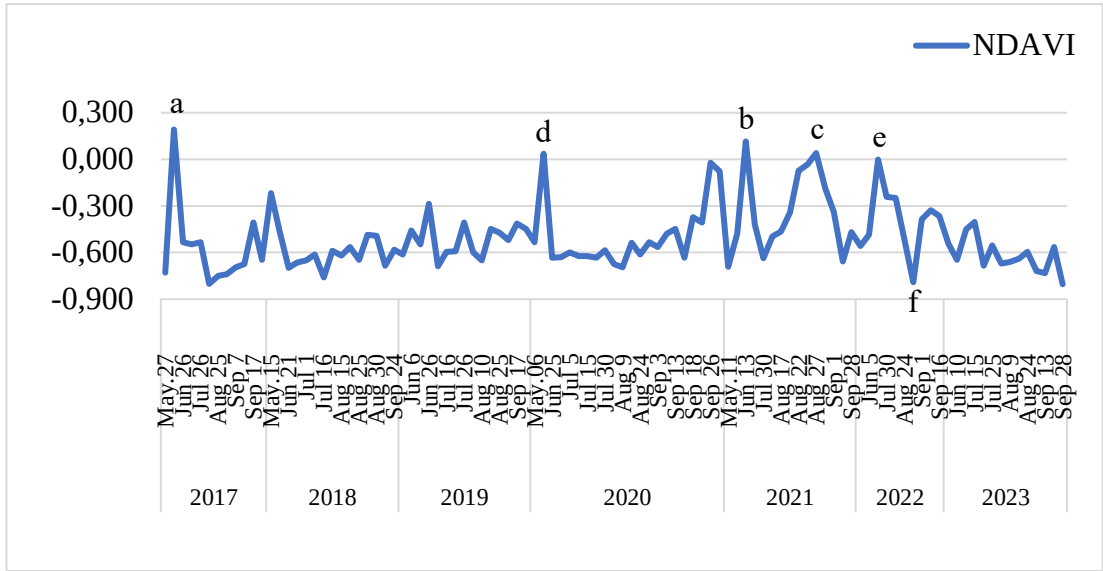
4.2.2. Burdur Gölü

Burdur Gölü için AFAI yöntemi ile elde edilen veri grafiğine bakıldığında 2017-2020 yılları arasında değerler genellikle negatif aralıkta seyrettiği ve özellikle 6 Haziran 2017 tarihinden itibaren belirgin negatif değerler aldığı tespit edilmiştir (**Şekil 4.64**). 2021 ve 2022 yıllarında ise daha değişken ve hareketli bir AFAI dağılımı görülmüştür. Örneğin, 13 Haziran 2021 tarihinde en yüksek AFAI değerine (969,36) ulaşılmış, 6 Haziran 2017 tarihi ise 734,08 değeri ile dikkat çekmiştir.



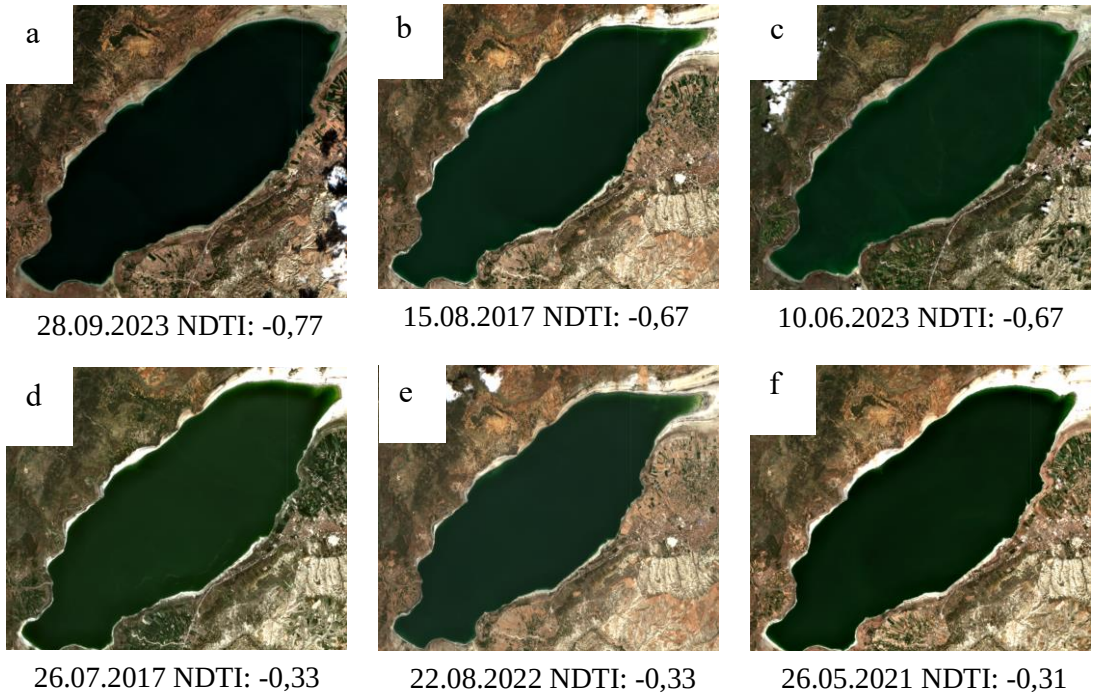
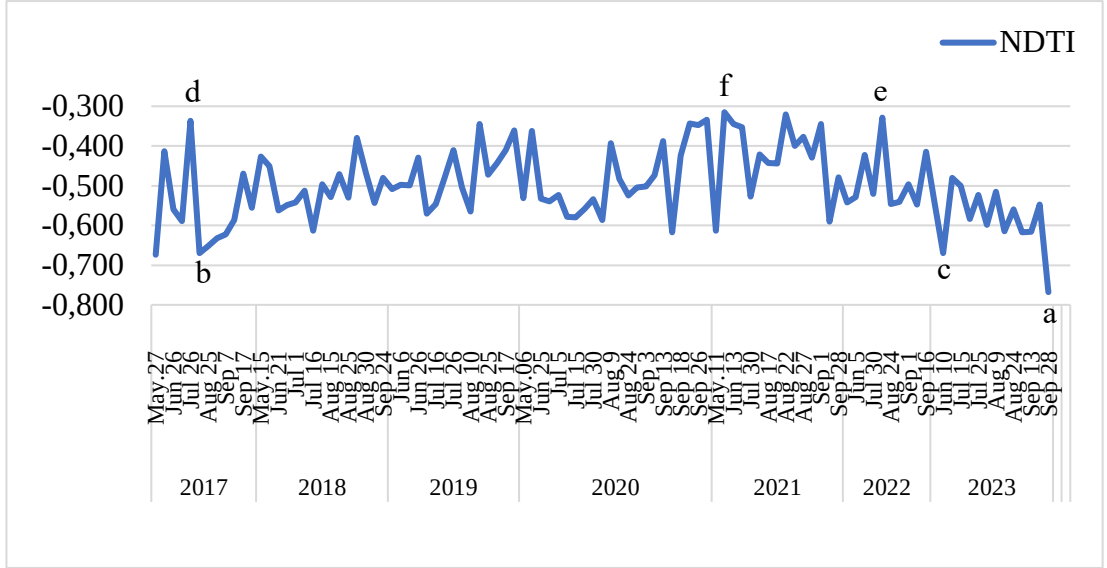
Şekil 4.64: Burdur Gölü'ne ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.

Şekil 4.65'te NDAVI yöntemi ile elde edilen veri grafiği verilmiştir. NDAVI yöntemine göre, 2017-2023 yılları arasında elde edilen verilere bakıldığında genellikle negatif aralıkta seyretmektedir. Özellikle 2017-2019 yılları arasında negatif NDAVI değerlerinin baskın olduğu görülmektedir. 6 Haziran 2017, 13 Haziran 2021 ve 16 Mayıs 2020 tarihlerinde Burdur Gölü çevresinde NDAVI değerleri pozitif yönde kaydedilmiştir. Bu tarihlerde elde edilen NDAVI değerleri sırasıyla 0,19 (6 Haziran 2017), 0,12 (13 Haziran 2021) ve 0,04 (16 Mayıs 2020) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.65 Burdur Gölü'ne ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.

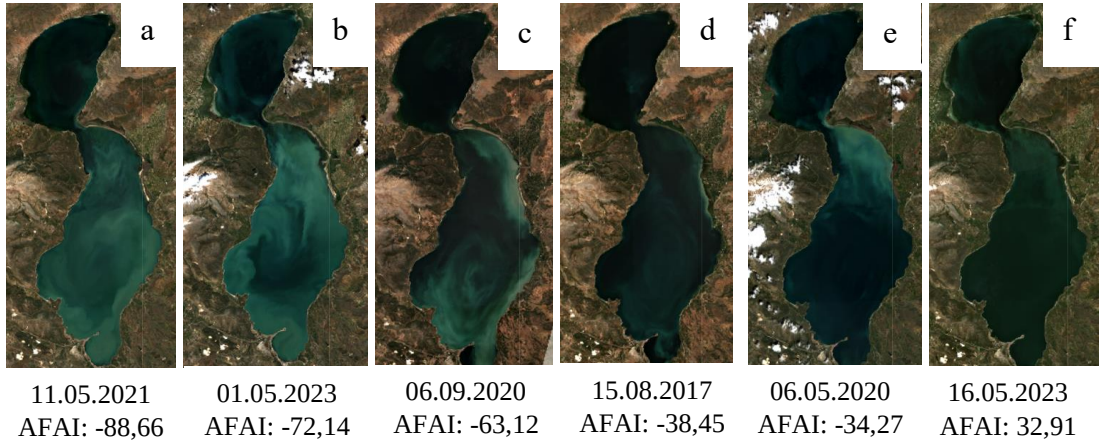
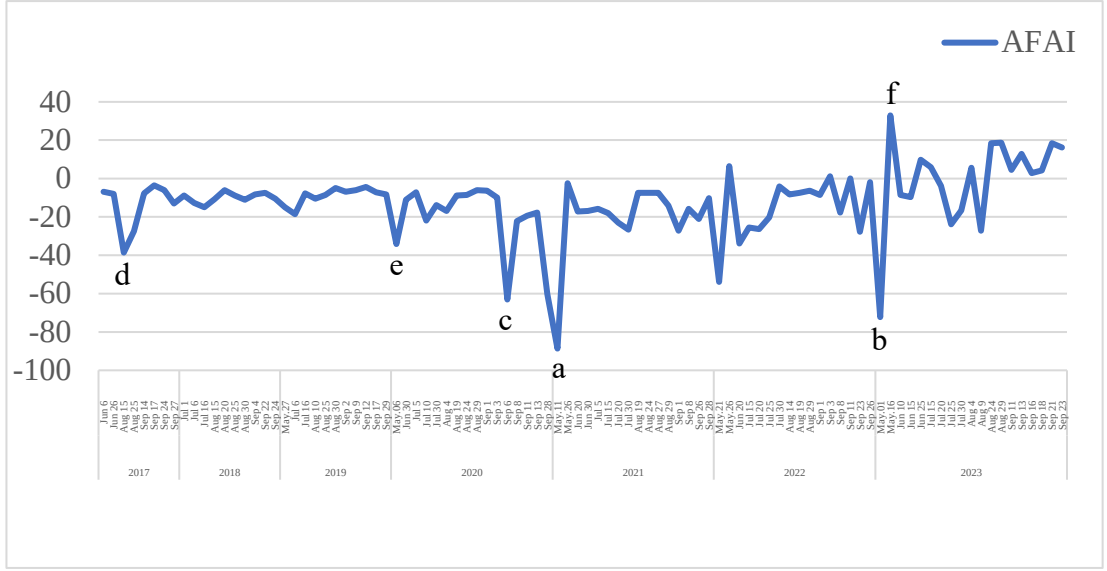
Şekil 4.66'da NDTI yöntemine ilişkin elde edilen değerler verilmiştir. Diğer iki indeks sonuç grafiğine kıyasla daha hareketli bir değer aralığına sahip olduğu görülmektedir. Sadece negatif değerlere sahip olan indeks, en düşük değere 13 Eylül 2023 tarihinde (-0,768), en yüksek değere 26 Mayıs 2021 tarihinde (-0,315) ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 4.66: Burdur Gölü'ne ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.

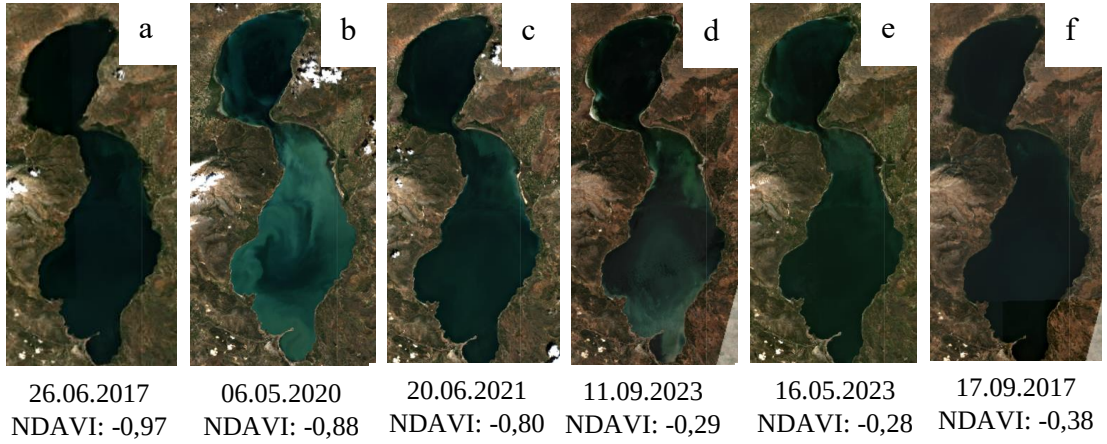
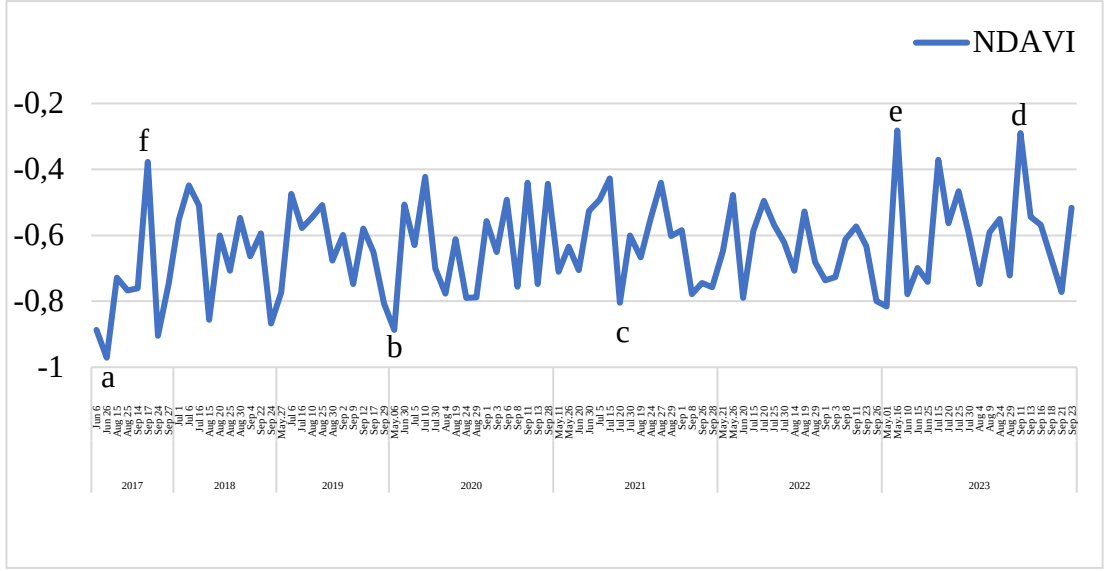
4.2.3. Eğirdir Gölü

Eğirdir Gölü'ne ilişkin elde edilen AFAI değer grafiği **Şekil 4.67'**de verilmiştir. 2017-2019 yıllarında birbirine daha yakın değer elde edilirken, 2020 Eylül ayında belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir. En düşük değerini 11 Mayıs 2021 tarihinde (-88,66), en yüksek değerini 16 Mayıs 2023 tarihinde (32,94) aldığı belirlenmiştir.



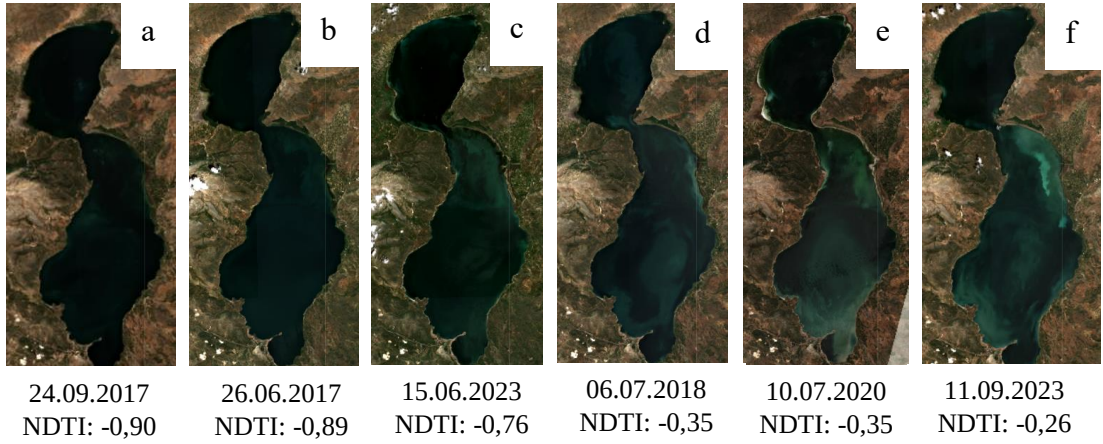
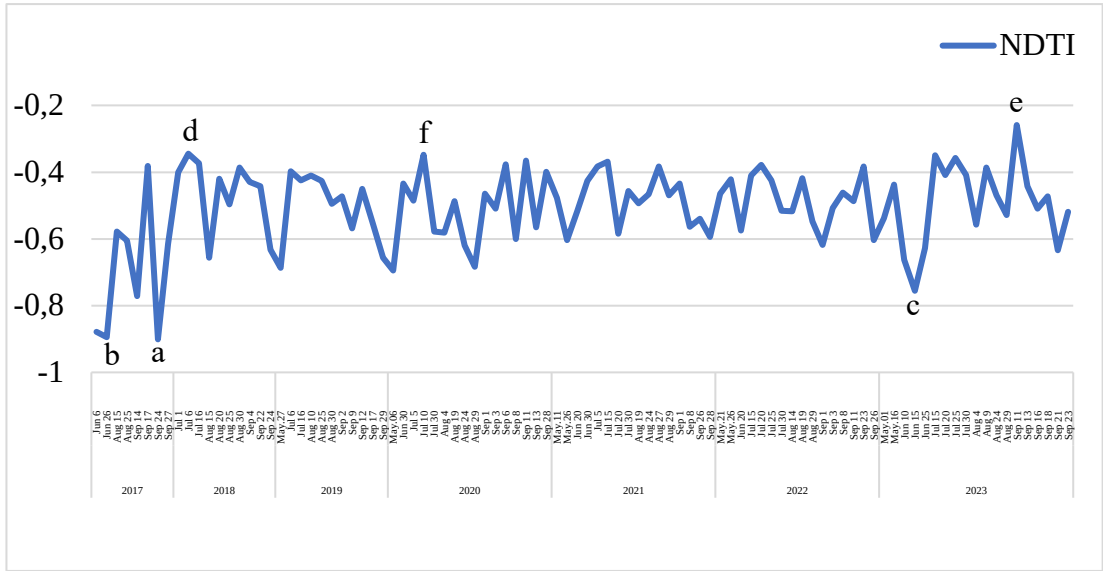
Şekil 4.67: Eğirdir Gölü'ne ilişkin AFAI yöntemine göre alg analizi.

NDAVI yöntemi ile elde edilen veri grafiğine bakıldığında 2017-2023 yılları arasında değerler genellikle -0,8 ile -0,4 aralığında seyrettiği görülmektedir (**Şekil 4.68**). Grafiğe bakıldığında ilk değer sıçraması 26 Haziran 2017 tarihinde görülmüş ve bu tarihte elde edilen değer en düşük değer (-0,97) olarak kaydedilmiştir. En yüksek değeri 16 Mayıs 2023 tarihinde -0,28 ile aldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.68: Eğirdir Gölü'ne ilişkin NDAVI yöntemine göre alg analizi.

Şekil 4.69'da NDTI yöntemine ilişkin elde edilen değerler verilmiştir. Diğer iki indeks sonuç grafiğine kıyasla daha hareketli bir değer aralığına sahip olduğu görülmektedir. 2019-2022 yıllarını içeren tarihlerde daha benzer değerlere sahipken, en düşük değere 24 Eylül 2017 tarihinde (-0,90), en yüksek değere 11 Eylül 2023 tarihinde (-0,26) ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 4.69: Eğirdir Gölü'ne ilişkin NDTI yöntemine göre alg analizi.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Burdur Gölü

Burdur Gölü, Türkiye'nin sulak alanları arasında öne çıkan bir ekosistemdir ve bu ekosistem hem biyolojik çeşitlilik hem de çevresel denge açısından büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda yapılan detaylı incelemeler, gölün uzun vadeli çekilme trendinin endişe verici boyutlara ulaştığını göstermektedir. Bu çekilme süreci, gölün su hacmindeki azalma ile gözlemlenirken, etkilenen çevre ve ekosistem üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Burdur Gölü'nde yapılan incelemeler sonucu gölün farklı indekslere göre 2016 yılından 2023 yılları arasında göl düzenli bir şekilde alan kaybettiği görülmektedir. Literatüre göre göl, Burdur ve Isparta illeri arasında yer aldığı ve yüzey alanının büyük bir kısmının Isparta ili sınırları içerisinde bulunduğu bilinmektedir. Ancak 2020 yılında göl yaklaşık 7 km²'lik alanı Isparta iline dâhil olurken 2023 yılına gelindiğinde yaklaşık 1 km²'lik bölümü dahil olmaktadır.

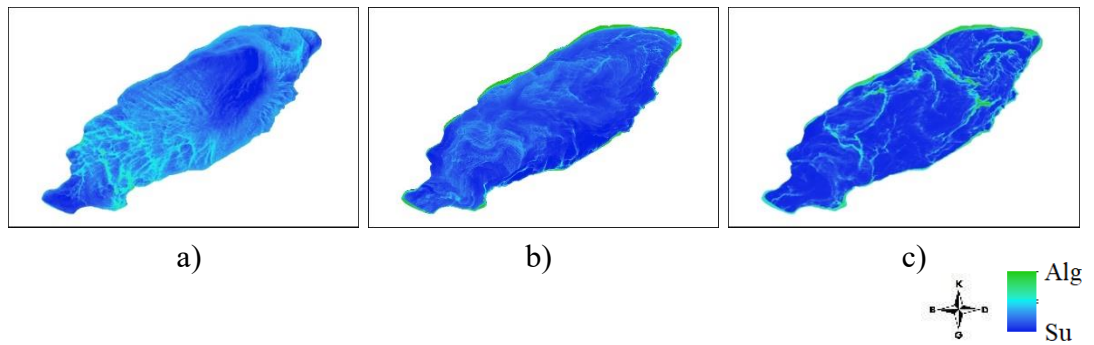
Burdur Gölü yüzey alanında 2016-2023 yılları arasında meydana gelen zamansal değişimlerin tespiti amacıyla, farklı su indeksleri kullanılarak öncelikle yıl bazında yüzey alanları km² olarak belirlenmiştir. Daha sonra hesaplanan yüzey alanları arasındaki farkla alınarak 8 yıllık süreçte değişim miktarı hesaplanmıştır (**Tablo 5.1**). Farklı indeksler dikkate alınarak hesaplanan yıllık yüzey alan değerleri, göl alanının 2016-2023 yılları arasında bir düşüş eğiliminde olduğunu göstermektedir. Hesaplanan yıllık bazlı yüzey alan verileri incelendiğinde, WI indeksi ile hesaplanan göl yüzeyindeki alansal kayıp 15,21 km² iken, NDWI indeksi göz önüne alındığında 13,88 km²'dir. MNDWI ve WI indeksleri yaklaşık 15 km²'lik bir değişimi gösterirken, NDWI ve AWEI_{sh} indeksleri yaklaşık 14 km²'lik bir değişimi göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar **Dervisoglu vd. (2022)**, tarafından gerçekleştirilen çalışmadaki sonuçlar ile ilişkili olup, Burdur gölündeki 2016-2023 yılları arasındaki buharlaşma ve yüzey sıcaklık artışına karşılık, göl yüzey alanındaki düşüş trendini doğrular niteliktedir.

Tablo 5.1: Burdur Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
NDWI	Alan	132,81	129,46	127,45	125,70	123,85	121,74	120,00	118,93	13,88
	Değişim	-	-2.52	-1.55	-1.37	-1.47	-1.70	-1.43	-0.89	-10.45
MNDWI	Alan	136,33	133,79	131,61	129,58	126,75	123,47	122,39	121,37	14,96
	Değişim	-	-1.74	-1.50	-1.46	-2.53	-2.70	-1.02	-0.74	-11.14
AWEI _{th}	Alan	137,11	134,34	132,91	130,58	127,39	123,96	124,82	122,95	14,16
	Değişim	-	-2.02	-1.06	-1.75	-2.44	-2.69	-0.69	-1.50	-10.33
WI	Alan	136,51	134,13	132,12	130,19	126,90	123,47	122,21	121,30	15,21
	Değişim	-	-1.86	-1.63	-1.54	-2.18	-2.59	-0.87	-0.83	-10.97

Burdur Gölü'nün mevsimsel olarak incelenmesi, göl su seviyesinin yıl boyunca önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğini ve bu değişkenliğin göl ekosistemi üzerindeki etkilerini belirlemede kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. 2016-2023 yılları arasında NDWI sonuçlarına göre ilkbahar aylarında yaklaşık 15,60 km², WI yöntemi sonuçlarına göre ise yaz aylarında yaklaşık 16,38 km², sonbahar aylarında yaklaşık 15,60 km², kış aylarında ise yaklaşık 12,81 km² ile maksimum gerileme yaşandığı tespit edilmiştir. Burdur Gölü su yüzey alanı mevsimsel değerlendirildiğinde ise dört indeks için Mart-Haziran aylarında su yüzey alanı maksimum seviyeye ulaşırken Eylül-Kasım aylarında minimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Burdur Gölü'ndeki su seviyesindeki mevsimsel değişiklikler çevresel faktörlerden etkilenmektedir. İlkbahar ve yaz aylarında yaşanan azalmalar, azalan yağışlar, artan buharlaşma ve su kullanımıyla ilişkilendirilebilir. Sonbaharda gözlemlenen azalma ise yaz mevsimindeki kuraklık dönemlerinin ve su çekilmesinin bir sonucu olabilir. Kış aylarında ise azalma en az düzeydedir, bu da su yüzeylerinin kış aylarında daha az değişime uğradığını ancak genel eğilimin azalmaya devam ettiğini göstermektedir. Bu analizler, göl üzerindeki değişimleri izlemek ve gelecekteki yönetim stratejilerini belirlemek için önemli bir araç sağlamaktadır.

Burdur Gölü son yıllarda su kalitesinde önemli ölçüde etkileyebilen zararlı alg oluşumları ile de gündeme gelmektedir. Söz konusu oluşumların göldeki zamansal değişimini incelemek amacıyla tez kapsamında 2017-2023 yılları arasında alg yapılarına özgü geliştirilen indeksler (AFAI, NDAVI ve NDTI) indeksleri kullanılarak zamansal analizler yapılmıştır. Bu süreçte farklı yöntemler kullanılarak yapılan analizler sonucunda yüzen alglerin varlığı belirlenmiş, özellikle 2021 yılında bu durum daha belirgin hale gelmiştir. AFAI ve NDAVI yöntemleri, yüzen alg oluşumunu daha açık bir şekilde göstermiştir. NDTI yöntemiyle elde edilen verilere göre ise su yüzeyinin homojen bir yeşil örtü ile kaplandığı gözlemlenmiştir. **Şekil 5.2**'de Burdur Gölü'ne ait üretilen alg haritaları verilmiştir.



Şekil 5.2: Burdur Gölü'ne ilişkin üretilen alg haritaları. a) 06.06.2017 b) 13.06.2021 c) 28.07.2022

5.2. Kuyucuk Gölü

Kuyucuk Gölü, çevresindeki tarım faaliyetleri ve gölü besleyen akarsular üzerindeki göletlerle birlikte, çeşitli insan etkilerinin bir araya gelmesiyle baskı altındadır. Özellikle bölgenin karasallığının egemen olduğu düşünüldüğünde, su kaynaklarının kısıtlı olması, gölün ekosistemi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapılan sulama göletlerinin, gölü besleyen akarsuların akışını engellemesi, göl seviyesindeki değişimleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, gölün ekolojik dengeyi sürdürmesini ve çevresel olarak sağlıklı kalmasını zorlaştırmaktadır.

Kuyucuk Gölü, diğer çalışma alanlarına göre yüz ölçümü bakımından oldukça küçüktür. Kuyucuk Gölü, 2016 ve 2017 yıllarında su seviyesi genel olarak yüksekken, 2018 ve 2019 yıllarında önemli bir düşüş yaşamış ve 2019 sonrasında kuruduğu belirlenmiştir (**Tablo 5.2**).

Tablo 5.2: Kuyucuk Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
NDWI	Alan	1,70	1,20	1,00	0,50	0,39	0,21	0,05	0,01	1,69
	Değişim	-	-29,41	-16,67	-50,00	-22,00	-46,15	-76,19	-80,00	-99,41
MNDWI	Alan	2,49	1,83	1,35	0,66	0,52	0,20	0,20	0,06	2,43
	Değişim	-	-26,51	-26,23	-51,11	-21,21	-61,54	0,00	-70,00	-97,59
AWEI _{th}	Alan	2,21	1,69	1,40	0,60	0,50	0,22	0,17	0,08	2,13
	Değişim	-	-23,53	-17,16	-57,14	-16,67	-56,00	-22,73	-52,94	-96,38
WI	Alan	2,14	1,72	1,24	0,56	0,44	0,17	0,15	0,04	2,10
	Değişim	-	-19,63	-27,91	-54,84	-21,43	-61,36	-11,76	-73,33	-98,13

Kuyucuk Gölü mevsimsel incelendiğinde, yaz aylarında genellikle en düşük su seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemlerde su seviyelerindeki düşüş, yüksek sıcaklıkların ve buharlaşmanın etkisiyle daha belirgin hale gelebileceği tahmin edilmektedir. **Keskin vd. (2018)**, yapmış olduğu Doğu Anadolu Bölgesi genelinde gerçekleştirdiği trend analizi çalışması sonuçlarına göre, bölgedeki sıcaklık artış eğilimi belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Yağışlarla ilgili olarak Kars ve Ardahan hariç tutulduğunda, genel bir azalış eğilimi olduğunu belirtmişlerdir. Bu bulgular, özellikle sıcaklık artışı ve yağış azalması elde edilen mevsimsel su yüzey alanlarını doğrulamaktadır. Aynı zamanda bulgular bölgenin kuraklık riskiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bu durum, tarımsal faaliyetler, su kaynakları yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik gibi alanlarda ciddi zorluklarla karşılaşılması ihtimalini güçlendirmektedir.

Ayrıca, gölün kurumasıyla birlikte çevresel etkiler de artmaktadır. Özellikle tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik, göl ekosistemi üzerinde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, Kuyucuk Gölü'nün ekolojik dengesini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Dolayısıyla, gölün korunması ve canlandırılması için sadece tek bir etmen değil, çeşitli insan etkileri ve iklim faktörleri göz önünde bulundurularak kapsamlı bir yaklaşım gerekmektedir.

5.3. Manyas Gölü

Manyas Gölü yardımıyla hesaplanan indeks verileri incelendiğinde, gölün diğer incelenen göllere göre daha iyi durumda olduğu söylenebilir. Ancak, yapılan analizler göstermektedir ki Manyas Gölü de alan kaybetmektedir. Gölün küçülmesinde belirleyici faktör olarak tarım faaliyetlerindeki su kullanımı olabileceği tahmin edilmektedir. Suyun kullanımı hem doğrudan gölden hem de göl çevresindeki yeraltı kaynaklarından çekilen sular aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu durum, özellikle gölün sığ bölgelerinde su seviyesinde azalmaya ve sonuç olarak göl alanının daralmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, endüstriyel atıkların ve hayvancılık faaliyetlerinin de göl üzerinde ciddi bir etkisi bulunmaktadır. Endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlilik, göl ekosistemine zarar vererek su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kirlilik, gölde yaşayan canlı türleri üzerinde ciddi zararlara ve ekosistemdeki dengesizliklere neden olabilir.

Manyas Gölü'nün yüzey alanındaki zamansal değişimler 2016-2023 yılları arasında farklı su indeksleri kullanılarak belirlenmiştir. Yıl bazında göl yüzey alanları hesaplanmış ve ardından bu alanlardaki farklar hesaplanarak yıllık süreçteki değişim miktarları belirlenmiştir. **Tablo 5.3**'te Manyas Gölü'ne ait ele alınan indeks değerleri ve değişim oranları verilmiştir. Diğer dört göle kıyasla göldeki meydana gelen su yüzey alanı değişiminin daha iyi seviyede olduğunu, daha az su alanı kaybettiğini söylemek mümkündür. En fazla değişim 2,51 km² ile NDWI yönteminde, en az değişim 2,06 km² ile WI yönteminde hesaplanmıştır. Genel olarak tüm indeks sonuçlarında su yüzey alanındaki kayıp yaklaşık 2 km² seviyesindedir.

Tablo 5.3: Manyas Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
NDWI	Alan	148,84	154,40	153,54	154,41	148,72	149,52	149,39	146,33	2,51
	Değişim	-	3,74	-0,56	0,57	-3,68	0,54	-0,09	-2,05	-1,69
MNDWI	Alan	152,29	157,24	151,40	154,37	153,33	152,33	154,28	150,08	2,21
	Değişim	-	3,25	-3,71	1,96	-0,67	-0,65	1,28	-2,72	-1,45
AWEI _{ch}	Alan	153,86	158,04	157,61	158,52	152,75	152,39	155,27	151,57	2,21
	Değişim	-	2,72	-0,27	0,58	-3,64	-0,24	1,89	-2,38	-1,45
WI	Alan	151,07	154,89	151,75	157,54	152,80	151,68	151,84	149,01	2,06
	Değişim	-	2,53	-2,03	3,82	-3,01	-0,73	0,11	-1,86	-1,36

Manyas Gölü’ndeki yapılan incelemeler sonucu su seviyelerinin mevsimlere göre değişkenlik gösterdiği ve yıllar arasında farklı trendlerin olduğunu göstermektedir. İlkbahar aylarında, su seviyelerindeki dalgalanmalar dikkat çekicidir. 2017-2018 yılları arasındaki ilkbahar mevsiminde azalma eğilimi yüksek seviyedir. 2016 ve 2019 yıllarında yüksek su seviyeleri gözlenirken sonraki yıllarda bir miktar düşüş gözlemlenmiştir. Yaz aylarında ise, su seviyelerindeki değişim daha sınırlıdır ve genellikle istikrarlı bir seyir izlenmektedir. **Coşkun vd. (2020)**, Manyas Gölü için kritik bir lokasyon olan Balıkesir istasyonu verileri doğrultusunda yapılan analizler, yıllık sıcaklık ortalamalarında anlamlı bir artışın gözlemlenmediğini ortaya koymuştur. Ancak, toplam yağış eğiliminin anlamlı olmayan bir azalış gösterdiği belirlenmiştir. İklim verileri temel alındığında, bölgede belirgin değişikliklerin gözlenmemesi, Manyas Gölü’nde önemli bir küçülme olmamasının bir sonucu olarak yorumlanabilir. Bu durum, göl havzasının iklimsel faktörlerden etkilenmesine rağmen, su seviyesindeki istikrarlı bir seyir olduğunu göstermektedir.

5.4. Seyfe Gölü

Seyfe Gölü, yaklaşık 9 km²'lik bir alan kaybı yaşayarak son derece ciddi bir şekilde küçülmüştür ve günümüzde su yüzey alanı sadece kuzeybatı tarafında bulunmaktadır. Ramsar alanı ve dünya çapında önemli bir sulak alan olan Seyfe Gölü'nde dikkate değer bir diğer husus, gölün küçülmesine bağlı olarak kuş türlerinin azalmasıdır. Gölün sürdürülebilirliğini sağlamak için daha kapsamlı ve etkili önlemlerin alınması gerekmektedir.

Seyfe Gölü'nde meydana gelen su yüzey alanındaki değişimin belirlenmesi üzere yapılan indeks çalışmaları, göl alanındaki dramatik değişimi açıkça ortaya koymuştur. Özellikle göl su yüzey alanının doğu kesiminde neredeyse tamamen kaybettiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, göl ekosistemindeki ciddi bozulmanın ve habitat kaybının boyutlarını gözler önüne sermektedir. İndekslerin etkinliğini etkileyen bazı faktörlerin varlığını göstermektedir. Bu faktörlerden biri, indekslerin temel aldığı bantlar ve indeks özelliklerindeki farklılıklardır. Özellikle, NDWI'nin sığ suları tespit etmedeki yetersizliği, bu indeksin göl alanındaki değişimleri doğru bir şekilde yansıtamamasına yol açmıştır. Ayrıca, göl alanındaki topografyanın karmaşıklığı ve çevresel faktörler de indekslerin performansını etkileyebilmektedir.

Tablo 5.4: Seyfe Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
NDWI	Alan	11,59	10,25	9,01	8,63	7,65	7,43	3,50	3,78	7,81
	Değişim	-	-11,56	-12,10	-4,22	-11,36	-2,88	-52,89	8,00	-67,39
MNDWI	Alan	17,85	17,35	16,95	15,82	14,13	10,37	10,31	9,59	8,26
	Değişim	-	-2,80	-2,31	-6,67	-10,68	-26,61	-0,58	-6,98	-46,27
AWEI _{ch}	Alan	25,81	24,86	23,84	22,66	20,89	20,64	19,37	20,94	4,87
	Değişim	-	-3,68	-4,10	-4,95	-7,81	-1,20	-6,15	8,11	-18,87
WI	Alan	26,91	24,61	23,43	19,96	16,91	16,46	13,03	10,55	16,36
	Değişim	-	-8,55	-4,79	-14,81	-15,28	-2,66	-20,84	-19,03	-60,80

Seyfe Gölü'nde yapılan incelemeler sonucunda, ilkbahar mevsimi genellikle diğer mevsimlere kıyasla daha büyük bir yüz ölçümüne sahip olduğu belirlenmiştir. 2019 yılı ve sonrasında yaz ve sonbahar mevsimlerinde ciddi bir düşüş gözlemlenmiştir. İç Anadolu Bölgesi'nde **İçel vd. (2014)**'nin yapmış olduğu çalışmada, uzun yıllık sıcaklık verilerindeki artış ve yağış verilerindeki genel azalış gösterdiği belirtilmiştir. Belirtilen sonuç, Türkiye'nin iç kesimlerinde meydana gelen kuraklığın artışıyla ilişkilendirilmiştir. Bu çalışma Seyfe Gölü'nde meydana gelen su yüzey alanındaki değişimi desteklemektedir. Seyfe Gölü'nün çevresinde yeterli su kaynağının bulunmaması durumunda, iklim değişikliklerinin göl üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu açıktır. Özellikle sınırlı su kaynaklarına sahip alanlarda, sıcaklık artışlarının buharlaşmayı artırdığı ve bu durumun göl sularında azalmaya neden olduğu belirtilmektedir.

5.5. Uluabat Gölü

Uluabat Gölü, 2016 yılından 2023 yılına kadar yaklaşık 9,87 km²'lik alan kaybı yaşadığı görülmektedir. Bu kayıp, gölün güney kısmında belirginleşmiştir ve bölgenin ekolojik dengesinde ciddi bir değişime işaret etmektedir. Uluabat Gölü'nün yer aldığı bölgede yoğun olarak yapılan madencilik faaliyetleri de göl üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Maden ocaklarından kaynaklanan molozlar, akarsu yataklarına dökülerek gölde materyal birikimine yol açmaktadır, bu da gölün hacmini azaltmaktadır. Gölün kıyısında yer alan tarım alanlarında yapılan yoğun su kullanımı da göl ekosistemi üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Tarımsal sulama amaçlı kullanılan suyun miktarı, gölün beslenme kaynaklarını olumsuz yönde etkileyerek, suyun tutma kapasitesinde azalmaya ve gölün tabandan sığlaşmasına neden olmaktadır. Göl çevresinde yer alan sanayi tesislerinin artışı ve evsel atıkların fazlalığı da göl suyunun kirlenmesine neden olmaktadır. Bu durum, göl çevresindeki ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik açısından ciddi bir tehdit oluşturmakta ve gölde yaşayan pek çok önemli kuş türü ve diğer canlıların yaşam alanlarını ciddi şekilde etkilemektedir.

Uluabat Gölü, Manyas Gölü gibi değişimlerden nispeten az etkilenen bir göllerden biri konumundadır. Göldeki alan değişimlerini belirlemek amacıyla kullanılan uzaktan algılama yöntemlerine göre, 2016 yılında göl 120 km²'lik bir alana yayılmışken, 2023 yılına gelindiğinde bu alan 110 km²'ye gerilemiştir. Ancak, daha ayrıntılı bir analizde,

2020 verilerinin incelenmesi, gölün 115 km² (NDWI) ile 126 km² (WI) arasında bir değer aralığında seyrettiği görülmektedir. Bu veriler, göldeki alan değişimlerinin zaman içinde karmaşık bir şekilde seyrettiğini ve doğal dengenin hassas olduğunu ortaya koymaktadır (**Tablo 5.5**).

Tablo 5.5: Uluabat Gölü için su indeksleri yardımıyla hesaplanan yıllık yüz ölçümü değerleri (km²) ve değişim (%) oranları.

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2016 2023
NDWI	Alan	119,42	120,41	120,36	116,89	115,63	115,96	112,76	112,75	6,67
	Değişim	-	0,83	-0,04	-2,88	-1,08	0,29	-2,76	-0,01	-5,59
MNDWI	Alan	126,69	124,10	128,53	122,15	122,47	122,28	117,35	117,50	9,19
	Değişim	-	-2,04	3,57	-4,96	0,26	-0,16	-4,03	0,13	-7,25
AWEI _{ch}	Alan	126,67	123,96	127,00	122,13	122,63	123,43	118,55	116,60	10,07
	Değişim	-	-2,14	2,45	-3,83	0,41	0,65	-3,95	-1,64	-7,95
WI	Alan	136,51	134,13	132,12	130,19	126,90	123,47	122,21	121,30	15,21
	Değişim	-	-1,74	-1,50	-1,46	-2,53	-2,70	-1,02	-0,74	-11,14

Uluabat Gölü'ndeki yapılan incelemeler su seviesinde, yıllar ve mevsimlere göre önemli dalgalanmalar göstermektedir. 2016 yılından 2023 yılına kadar olan dönemde ilkbahar aylarında genellikle yüksek su seviyeleri gözlemlenirken, özellikle 2020 ve 2021 yıllarında belirgin bir düşüş yaşandığı gözlemlenmiştir. Yaz aylarında ise su seviyeleri daha istikrarlı bir seyir izlemiş, genellikle 114 ile 118 km² arasında değişen değerler kaydedilmiştir. Sonbahar aylarında ise su seviyeleri genellikle istikrarlı kalmış, ancak hafif bir düşüş eğilimi göstermiştir. Kış aylarında ise özellikle 2017 ve 2018 yıllarında belirgin bir yükseliş yaşanmış, ancak sonraki yıllarda tekrar düşüş gözlemlenmiştir.

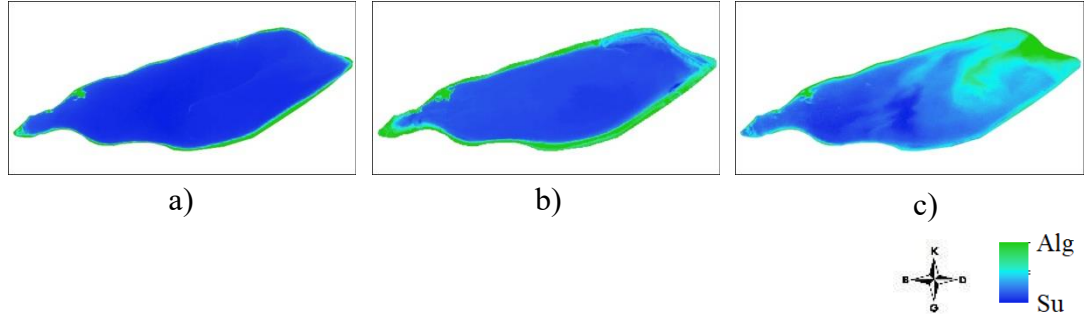
Coşkun vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Uluabat Gölü çevresindeki Bursa istasyonundan elde edilen verilere dayanarak, sıcaklık değerlerinde belirgin bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yağış parametrelerinde de pozitif ancak

istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış eğilimi gözlenmiştir. Benzer şekilde, **Türkeş ve Acar Deniz (2011)**, gerçekleştirdikleri bir çalışmada da benzer bir yağış eğilimi saptanmıştır. Ayrıca, aynı çalışmada, sahadaki akarsuların akım miktarlarında belirgin bir azalma olduğu ve bu azalmanın, akarsular üzerine yapılan yapılarla ilişkili olabileceği vurgulanmıştır. Bu bulgular, Uluabat Gölü'ndeki küçülmenin Manyas Gölü'ne göre daha fazla değişim olmasının sıcaklık artışı ile bağlantılı olduğunu düşündürmektedir. Ancak, sıcaklığın tek başına etkili bir faktör olmadığı ve diğer çeşitli faktörlerin de göl ekosistemi üzerinde etkili olabileceği belirtilmelidir. Bu faktörler arasında yağış rejimi, insan faaliyetleri (tarım, sanayi, yerleşim vb.), su kalitesi, göl beslenme kaynakları ve ekosistem dinamikleri gibi unsurlar yer almaktadır. Dolayısıyla, göldeki herhangi bir değişikliği anlamak ve doğru bir şekilde yorumlamak için bu faktörlerin tümünün dikkate alınması gerekmektedir.

5.6. Acı Göl

Acı Göl, Türkiye'nin jeolojik ve hidrolojik açıdan dikkate değer özelliklere sahip, yüksek tuzluluk seviyesi ile öne çıkan bir su kütlesi olarak bilinmektedir. Doğal sodyum potansiyeli oldukça yüksektir ve Türkiye'nin sodyum sülfat rezervlerinin büyük çoğunluğunu barındırmaktadır; bu açıdan ülke içinde en büyük, dünya çapında ise ikinci büyük üretici konumundadır. Acı Göl çevresindeki tuz ve soda fabrikaları, göl ekosistemi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Fabrikaların atıkları, gölün su kalitesini olumsuz yönde etkileyerek ciddi çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu atıkların göle ulaşmasıyla birlikte, göldeki tuzluluk seviyesi artmakta, suyun kimyasal bileşimi değişmekte ve bu durum göl ekosistemi üzerinde zararlı etkilere neden olabilmektedir. Aynı zamanda, göl çevresinden gelen evsel atıklar nedeniyle de su kalitesi açısından olumsuz bir etki oluşturmaktadır.

Acı Göl'ün zamansal alg oluşumunu analiz etmek için kullanılan üç indeksin sonuçları incelendiğinde, 2019, 2021 ve 2023 yıllarında belirgin bir alg varlığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüzen alglerin daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. AFAI, NDAVI ve NDTI yöntemlerine dayanarak, 25 Mayıs 2019, 14 Mayıs 2021 ve 2 Ağustos 2023 tarihlerinde alg oluşumuna rastlanmıştır. Bu çerçevede, belirtilen tarihler için indeks haritaları oluşturulmuş ve **Şekil 5.1'**de sunulmuştur.



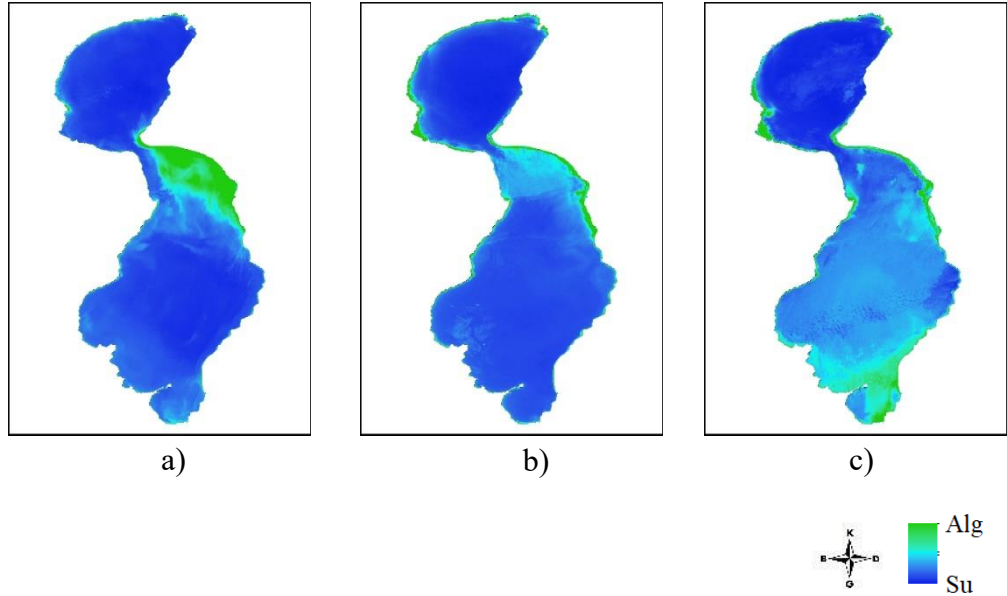
Şekil 5.1: Acı Göl’e ilişkin üretilen alg haritaları. a) 25.05.019 b) 14.05.2021 c) 02.08.2023

Haritada görüldüğü gibi, yüzeyde yeşil renk yüksek yoğunluklu yüzen alg oluşumlarını temsil etmektedir. Şekilde esas olarak Acı Göl’ün kıyı kesiminde alg oluşumu görülmektedir. 2023 yılında ise alg oluşumu gölün iç kısmına ilerlemiş ve alg oluşumunun kuzeydoğu kısmında yoğunlaştığı belirlenmiştir.

5.7. Eğirdir Gölü

Türkiye’nin en büyük dördüncü gölü olan Eğirdir Gölü, Isparta ilinin en büyük gölüdür. Jeolojik ve hidrolojik açıdan zengin olan bu göl, aynı zamanda biyolojik çeşitlilik açısından da önemli bir ekosistem sunmaktadır. Eğirdir Gölü’nün su kalitesi ve ekosistemi üzerinde çeşitli çevresel tehditler mevcuttur. Bu tehditler arasında özellikle tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan su kirliliği önemli bir faktördür. Kimyasal atıkların göl suyuna karışması, su kalitesinde bozulmalara ve ekosistemdeki canlıların sağlığına zarar verebilmektedir. Aynı zamanda tarım araç gereçlerinin ve tarım ilaçlarının göle bırakılması, gölün su kalitesi dengesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, göldeki su canlılarının ve bitki örtüsünün zarar görmesine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, göl çevresindeki sanayi tesisleri de atık sularının göle deşarj edilmesiyle su kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Göl çevresinde bulunan deri işleme ve gül yağı üretim fabrikalarının atıkları da gölde kirliliğe neden olmaktadır [Işıldar ve Erçoşkun, 2021]. Özellikle fabrika atıklarından kaynaklanan kirlilikler, göl suyunda kimyasal ve organik madde birikimine yol açabilmektedir. Bu nedenlerle, Eğirdir Gölü’nün su kalitesinin korunması ve ekosisteminin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için tarımsal ve sanayi faaliyetlerden kaynaklanan çevresel etkilerin kontrol altına alınması ve yönetilmesi büyük önem taşımaktadır.

Eğirdir Gölü’nde su kalitesini etkileyen önemli bir ayrıntı olan alg oluşumu analizine göre, 2017, 2020, 2021 ve 2023 yıllarında gölde alg varlığı gözlemlenmiştir. Bu yıllarda alglerin varlığı, göl ekosistemi üzerindeki çeşitli faktörlerin etkisiyle değişiklik gösterebileceği öngörülmektedir. Bu durum su kalitesi üzerinde potansiyel bir tehdit oluşturabilir. AFAI yöntemine göre elde edilen sonuçlara göre, 2021 ve 2023 yıllarında Eğirdir Gölü’nde belirgin bir yüzen alg varlığı tespit edilmiştir. Diğer yandan, NDAVI ve NDTI yöntemlerine göre ise 2017 ve 2023 yıllarında bu alglerin varlığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, farklı görsel ve spektral indekslerin kullanımının ve analizlerin, farklı zaman dilimlerinde göldeki alg varlığının tespitinde farklı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. **Şekil 5.3**’te Eğirdir Gölü’ne ait alg oluşumu görülen üç farklı tarihte üretilen alg haritaları verilmiştir.



Şekil 5.3: Eğirdir Gölü’ne ilişkin üretilen alg haritaları. a) 06.05.2020 b) 16.05.2023
c) 11.09.2023

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Google Earth Engine platformu üzerinden Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama teknolojilerinin sulak alanlar üzerindeki kullanılabilirliğinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. İlk olarak Türkiye'deki Ramsar alanları içinde yer alan tektonik kökenli göllerin 2016-2023 yılları boyunca su seviyesinde meydana gelen değişimleri belirlemek ve mevsim geçişlerinin su yüzey alanı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda literatürde yaygın olarak kullanılan NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ve WI yöntemleri ele alınmıştır. Bir sonraki uygulamada ise Göller Yöresi'nde yer alan tektonik kökenli üç gölün 2017-2023 yıllarındaki zararlı alg oluşumlarının zamansal varlığının araştırılması ve çoğalmalarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Hedef doğrultusunda alg oluşumlarının zamansal tespiti için AFAI, NDAVI ve NDTI indeksleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda araştırmanın hedefleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Burdur Gölü'nde son sekiz yılda su yüzey alanında yaklaşık 14 km²'lik bir alan kaybı yaşandığı tespit edilmiştir. Sekiz yıllık periyotta gölde önemli ölçüde alan kaybı meydana gelmiştir. Ayrıca, gölde su kalitesini önemli derecede etkileyen yüzen alg oluşumları da belirlenmiştir. Özellikle Haziran ve Temmuz aylarında, yoğun yüzen alglerin varlığı gözlemlenmiştir.
- Kuyucuk Gölü, diğer çalışma alanlarına göre yüz ölçümü bakımından oldukça küçüktür. Kuyucuk Gölü'nde meydana gelen değişim diğer dört göl arasında alan kaybının en fazla yaşandığı göldür. 2016-2023 yılları arasında yıllık su yüzey alanları değerlendirildiğinde en fazla değişim 2018-2019 yılları arasında yaşanmış olup göl su seviyesinin yarıya yakını kaybettiği tespit edilmiştir. Değişim oranı ortalama %97 seviyesinde olup gölün kuruduğu belirlenmiştir.
- Manyas Gölü, alansal değişimi incelenen göller arasında en büyük tektonik kökenli göldür. 2016-2023 yıllarında ortalama 2,25 km² alan kaybı görülmüştür. Diğer dört göle kıyasla su yüzey alanının daha iyi seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir.

- Seyfe Gölü’nde alansal değişim analizleri sonucunda göl yüzey alanında ortalama 9 km² azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Yaklaşık %48 oranında değişime uğrayan gölün kuzeydoğu kısmında önemli bir azalış yaşandığı görülmüştür.
- Uluabat Gölü, Manyas Gölü’nden sonra azalma miktarında en az alan kaybı yaşanan göldür. Sekiz yıllık süre içerisinde göl su seviyesinde ortalama 10,29 km² azalma olduğu tespit edilmiştir.
- Göl yüzey alanlarındaki değişimin izlenmesinde NDWI ve MNDWI indekslerinin daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu indekslerin uygulanmasında literatürde önerilen eşik değerlerin kullanımı indekslerin uygulanabilirliğini artırmaktadır.
- Yüzen alg oluşumlarının tespitinde görsel analizler neticesinde AFAI indeksi değerlendirmeye alınan diğer indekslerle kıyasla daha başarılı bulunmuş, bu bulgu önceki çalışmaları doğrular niteliktedir. Örneğin Colkesen vd., (2023) yapmış olduğu alg analizi çalışmalarında da AFAI indeksinin yüzen alg oluşum analizinde başarılı olduğu tespit edilmiştir.
- Göl yüzey alanının boyutu alan değişiminin belirlenmesinde önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Göl yüzey alanının küçük olması, özellikle uydu görüntülerinde çözünürlük sorunlarına sebep olmaktadır.
- Google Earth Engine bulut platformu farklı çözünürlüklerdeki uzaktan algılanmış görüntülerin işlenmesinde ve analizinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Göl ve sulak alanların takibinde ve zamansal olarak analizi noktasında tüm kullanıcılar için kolay ve hızlı çözümler sunmaktadır.
- Sentinel-2 uydu görüntüleri 10 m ve 20 m mekânsal çözünürlüklerdeki spektral bantları ve 5 günlük zamansal çözünürlüğü ile özellikle sulak alanlardaki zararlı alg patlamalarının izlenmesi ve su kalitesindeki değişimlerin zamansal takibi noktasında büyük avantajlar sağlamaktadır.
- Yapılacak olan gelecekteki çalışmalarda, Türkiye genelindeki göl ve büyük su kaynaklarındaki su kalitesindeki değişimlerin çevresel ve iklimsel değişimleri de ele alarak GEE platformunda analiz edilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acharya T. D., Subedi A., Lee D. H., (2018), "Evaluation of water indices for surface water extraction in a Landsat 8 scene of Nepal", *Sensors*, 18 (8), 2580.
- Aghlmand M., Kalkan K., Onur M. İ., Öztürk G., Ulutak E., (2021), "Google Earth Engine ile arazi kullanımı haritalarının üretimi", *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 38-47.
- Amani M., Kakooei M., Ghorbanian A., Warren R., Mahdavi S., Brisco B., Post R., (2022), "Forty years of wetland status and trends analyses in the Great Lakes using Landsat archive imagery and Google Earth Engine", *Remote Sensing*, 14 (15), 3778.
- Ataol M., (2010), "Burdur Gölü Havzası için Yeni Bir Su Yönetim Modeli Önerisi", *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi.
- Ataol M., (2010), "Burdur Gölü'nde seviye değişimleri", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8 (1), 77-92.
- Bakanlığı Ç., (2000), "Ramsar Sözleşmesi El Kitabı", Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü.
- Baysal B. U., (2022), "Türkiye Sulak Alanlar Arazi Örtü/Kullanım Değişimlerinin Arazi Tahribatının Dengelenmesi Kapsamında İzlenmesi ve Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Bartın Üniversitesi.
- Berberoglu S., Akin A., (2009), "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11 (1), 46-53.
- Bey A., Sánchez-Paus Díaz A., Maniatis D., Marchi G., Mollicone D., Ricci S., Miceli G., (2016), "Collect earth: Land use and land cover assessment through augmented visual interpretation", *Remote Sensing*, 8 (10), 807.
- Bozduman Ş., (2019), "Sınıflandırma yöntemiyle sulak alanların değişimi analizi: Dipsiz Lagün örneği", *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 1 (1), 16-20.
- Ceylan E., (2016), "Gâvur Gölü'nde (Kahramanmaraş) Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Colkesen I., Ozturk M. Y., Altuntas O. Y., (2023), "Index-based mapping of floating algae blooms observed on Lake Iznik using Landsat-8 imagery", *Intercontinental Geoinformation Days*, 6, 309-312.
- Colkesen I., Ozturk M. Y., Altuntas O. Y., (2024), "Comparative evaluation of performances of algae indices, pixel-and object-based machine learning algorithms in mapping floating algal blooms using Sentinel-2 imagery", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 38 (4), 1613-1634.

Coşkun M., Gözalan S., Öztekin M., Dünder Ö., (2020), “Susurluk Çayı havzasının ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin trend analizi”, *The Journal of Social Sciences*, (49), 24-39.

Coşkun S., (2022), “Göller Yöresi’nde sıcaklık, yağış ve akım değerlerinde meydana gelen eğilimler (Akdeniz Bölgesi-Türkiye)”, *Social Sciences Studies Journal (SSSJurnal)*, 6 (66), 3142-3155.

Coşkun S., (2020), “Aras-Kura kapalı havzasının ortalama sıcaklık, yağış ve akım verilerinin trend analizi”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 30 (2), 29-42.

Çakaroz D., Özelkan E., Karaman M., (2020), “Sulak alanlarda uzaktan algılama ile belirlenen zamansal değişime kuraklığın etkisinin incelenmesi: Umurbey deltası (Çanakkale) örneği”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 898-916.

Çalışkan V., (2003), “Amik Ovası ve Amik Gölü: bir sulak alanı kurutma deneyiminin günümüze ulaşan etkileri”, *Türk Coğrafya Dergisi*, (41), 97-125.

Çelik M. A., KIZILELMA Y., Gülersoy A. E., Denizdurduran M., (2013)., “Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak aşağı seyhan ovası güneyindeki sulak alanlarda meydana gelen değişimin incelenmesi (1990-2010)”, *Electronic Turkish Studies*, 8 (12).

Çeşmeci H., (2010), “İklim Değişikliğinin Seyfe Gölü Sulak Alanına, İklimine, Ekolojisine ve Yöre Halkının Yaşamına Etkileri”, *Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi*.

Çoban E., (2010)., “Kuyucuk Gölü’nde Üreyen Kuşların Dağılım Haritalarının Çıkarılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi*.

Dahl T. E., (1990), “Wetlands losses in the United States, 1780’s to 1980’s”, *US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service*.

Dai X., Yang X., Wang M., Gao Y., Liu S., Zhang J., (2019), “The dynamic change of bosten lake area in response to climate in the past 30 years”, *Water*, 12 (1), 4.

Dalkiliç N., (2000), “Manyas (Kuş) Gölü Doğal Çevre Sorunları”, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi*.

Davraz A., Sener E., Sener S., (2019), “Evaluation of climate and human effects on the hydrology and water quality of Burdur Lake, Turkey”, *Journal of African Earth Sciences*, 158, 103-569.

Davis T. J., Blasco, D., Carbonell M., (1997), “The Ramsar Convention manual: a guide to the Convention on wetlands”, *Ramsar, Iran*, 1971.

Dervisoglu A., (2021), “Analysis of the temporal changes of inland Ramsar Sites in Turkey using Google Earth Engine”, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10 (8), 521.

Dervisoglu A., (2022), "Investigation of long and short-term water surface area changes in coastal Ramsar Sites in Turkey with Google Earth Engine", ISPRS International Journal of Geo-Information, 11 (1), 46.

Dervisoglu A., Yağmur N., Fıratlı E., Musaoğlu N., Tanık A., (2022)., "Spatio-temporal assessment of the shrinking Lake Burdur, Turkey", International Journal of Environment and Geoinformatics, 9 (2), 169-176.

Eid A. N. M., Olatubara C. O., Ewemoje T. A., El-Hennawy M. T., Farouk H., (2020), "Inland wetland time-series digital change detection based on SAVI and NDWI indecies: Wadi El-Rayan lakes, Egypt", Remote Sensing Applications: Society and Environment, 19, 100-347.

Ekercin S., Örmeci C., (2011), "Tuz Gölü'ndeki su rezervi değişiminin çok zamanlı Landsat uydu görüntüleri ve eş-zamanlı yersel ölçmeler ile analizi", İTÜ Dergisi, 7 (1).

Erdoğan S., (2008), "Çevrenin Siyasallaştırılması ve Ramsar Sözleşmesi Örneği", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Erener A., Yakar M., (2015), "Uzaktan algılama ve CBS teknolojileri ile kıyı sınır değişim analizi: Meke Gölü örneği", TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, Konya, 1, 193-197.

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.

Fisher A., Flood N., Danaher T., (2016), "Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia", Remote Sensing of Environment, 175, 167-182.

Fraser L. H., Keddy P. A., (2005), "The world's largest wetlands: ecology and conservation", Cambridge University Press.

Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R., (2017), "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone", Remote sensing of Environment, 202, 18-27.

Gülersoy A., (2013), "Marmara Gölü yakın çevresindeki arazi kullanım faaliyetlerinin zamansal değişimi (1975-2011) ve göl ekosistemlerine etkileri", Türk Coğrafya Dergisi, (61), 31-44.

Karakoç D. Y., (2017), "Türkiye'de sulak alanlar", 5. Çevre Günleri Uluslararası Sempozyumu-İnsanların Doğayla Kenetlenmesi, Kentte ve Doğal Alanda, Kutuplardan Ekvatora, Ankara, Turkey, (s 100).

Gürlük S., Rehber E., (2009), "Manyas Gölü'nün çevresel değerlemesi üzerine bir araştırma", Tarım Ekonomisi Dergisi, 15 (2), 9-15.

Hossen H., Negm A., (2017), “Sustainability of water bodies of Edku Lake, northwest of Nile Delta, Egypt: RS/GIS approach”, *Procedia Engineering*, 181, 404-411.

Hunt Jr. E. R., Rock B. N., (1989), “Detection of changes in leaf water content using near-and middle-infrared reflectances”, *Remote sensing of environment*, 30 (1), 43-54.

Işıldar H. T., Ercoşkun Ö. Y., (2021), “Göller Yöresinde sürdürülebilirlik ve dirençlilik”, *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2 (2), 89-116.

İçel G., Ataoğlu M., (2014), “Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar ile yağışlarda eğilimler ve NAO arasındaki ilişkileri (1975-2009)”, *Coğrafya Dergisi*, (28), 55-68.

Ji L., Zhang L., Wylie B., (2009), “Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index”, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75 (11), 1307-1317.

Jiang H., Feng M., Zhu Y., Lu N., Huang J., Xiao T., (2014), “An automated method for extracting rivers and lakes from Landsat imagery”, *Remote Sensing*, 6 (6), 5067-5089.

Karabulut M., (2015), “Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Göksu Deltası göllerinde zamansal değişimlerinin incelenmesi”, *Journal of International Social Research*, 8 (37).

Karaca M., Yağmur N., Balçık F., (2022), “İstanbul Terkos Gölü zamansal değişiminin Google Earth Engine kullanılarak belirlenmesi”, *Geomatik*, 7 (3), 235-242.

Kashaigili J. J., Mbilinyi B. P., McCartney M., Mwanuzi F. L., (2006), “Dynamics of Usangu plains wetlands: Use of remote sensing and GIS as management decision tools”, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/B/C*, 31 (15-16), 967-975.

Kavzoğlu T., Tonbul H., Çölkesen İ., Sefercik U. G., (2021), “The use of object-based image analysis for monitoring 2021 marine mucilage bloom in the sea of Marmara”, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8 (4), 529-536.

Keskin M. E., Çakto İ., Çetin V., Bektaş O., (2018), “Doğu Anadolu Bölgesi sıcaklık ve yağış trend analizi”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6 (2), 294-300.

Keskin M. E., Aksoy Y. R., Aksoy A. S., Yılmazkoç B., (2017), “Göl seviye tahmini: Eğirdir Gölü”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (3), 601-608.

Kızılelma Y., Çelik M., Karabulut M., (2015), “İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi”, *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10.

Koskinen J., Leinonen U., Vollrath A., Ortmann A., Lindquist E., d'Annunzio R., Käyhkö N., (2019), “Participatory mapping of forest plantations with Open Foris and Google Earth Engine”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148, 63-74.

- Lacaux J. P., Tourre Y. M., Vignolles C., Ndione J. A., Lafaye M., (2007), "Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal", *Remote Sensing of Environment*, 106 (1), 66-74.
- Li A., Song K., Chen S., Mu Y., Xu Z., Zeng Q., (2022), "Mapping African wetlands for 2020 using multiple spectral, geo-ecological features and Google Earth Engine", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 193, 252-268.
- Liu S., Glamore W., Tamburic B., Morrow A., Johnson F., (2022), "Remote sensing to detect harmful algal blooms in inland waterbodies", *Science of the Total Environment*, 851, 158096.
- Liu W., Wang L., Zhou J., Li Y., Sun F., Fu G., Sang Y. F., (2016), "A worldwide evaluation of basin-scale evapotranspiration estimates against the water balance method", *Journal of Hydrology*, 538, 82-95.
- Long X., Li X., Lin H., Zhang M., (2021), "Mapping the vegetation distribution and dynamics of a wetland using adaptive-stacking and Google Earth Engine based on multi-source remote sensing data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102, 102453.
- Mahdianpari M., Salehi B., Mohammadimanesh F., Homayouni S., Gill E., (2018), "The first wetland inventory map of newfoundland at a spatial resolution of 10 m using sentinel-1 and sentinel-2 data on the google earth engine cloud computing platform", *Remote Sensing*, 11 (1), 43.
- Malahlela O. E., (2019), "Spatio-temporal assessment of inland surface water quality using remote sensing data in the wake of changing climate", In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 227, 062012.
- 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.
- Mirelva P. R., Nagasawa R., (2019), "Application of Sentinel-1 Data for Classifying Croplands Using Google Earth Engine", *International Journal of Geoinformatics*, 15 (3).
- Mitsch W. J., Gosselink J. G., (2015), "Wetlands", John Wiley & Sons.
- Munyati C., (2004), "Use of principal component analysis (PCA) of remote sensing images in wetland change detection on the Kafue Flats, Zambia", *Geocarto International*, 19 (3), 11-22.
- Özçalık H., Torun A. T., Bilgilioğlu S. S., (2020), "Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi", *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (2), 77-84.

Özelkan E., (2019), “Uzaktan algılama ile belirlenen baraj gölü alanının zamansal değişiminin meteorolojik kuraklık ile değerlendirilmesi: Atıksisar barajı (Çanakkale) örneği”, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6 (4), 904-916.

Özfidaner M., Şapolyo D., Topaloğlu F., (2016), “İç Anadolu bölgesi yağış verilerinin gidiş analizi”, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5, 161-168.

Rokni K., Ahmad A., Selamat A., Hazini S., (2014), “Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery”, Remote Sensing, 6 (5), 4173-4189.

Sabuncu A., (2020), “Burdur Gölü kıyı şeridindeki değişiminin uzaktan algılama ile haritalanması”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (4), 623-633.

Saçın Y., (2010), “Kocaçay Deltası ve Uluabat Gölü’nün Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

Sakaoğlu E., (2021), “Türkiye’nin Ramsar Sahalarından Olan Tektonik Göllerin Yüzey Alanlarındaki Zamansal Değişimin Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.

Sarp G., Ozcelik M., (2017), “Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey”, Journal of Taibah University for Science, 11 (3), 381-391.

Sener E., Davraz A., Ozcelik M., (2005), “An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in Burdur, Turkey”, Hydrogeology Journal, 13, 826-834.

Soyaslan, İ., Hepdeniz K., (2016), “Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanılarak Burdur ili arazi kullanımının zamansal değişiminin belirlenmesi”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (2), 94-101.

Sönmez M. E., Aytuk C., (2014), “Akyatan Lagünü çevresinde arazi kullanımındaki değişimlerin zamansal incelenmesi ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin belirlenmesi”, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1 (1), 25-39.

SYGM., (2018), “Susurluk Nehir Havzası Yönetim Planı”, T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

SYGM., (2019), “Burdur Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu”, T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Taş M. A., Akpınar E., (2021), “Burdur havzasındaki göllerde yaşanan seviye değişikliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve uzaktan algılama (ua) ile tespiti”, Doğu Coğrafya Dergisi, 26 (46), 37-54.

Tırıl A., (2006), “Sulak Alanlar”, Oran Yayınları, İzmir.

Turan L., (2001), “Türkiye’nin ornitolojik konumu ve sulak alanlar”, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 72-178.

Türkeş M., Deniz Z. A., (2011), “Güney Marmara Bölümü’nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler”, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8 (1), 1579-1600.

Villa P., Mousivand A., Bresciani M., (2014), “Aquatic vegetation indices assessment through radiative transfer modeling and linear mixture simulation”, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 30, 113-127.

Vuolo F., Zoltak M., Pipitone C., Zappa L., Wenng H., Immitzer M., Atzberger C., (2016), “Data service platform for Sentinel-2 surface reflectance and value-added products: System use and examples”, Remote Sensing, 8 (11), 938.

Wang M., Hu C., (2016), “Mapping and quantifying Sargassum distribution and coverage in the Central West Atlantic using MODIS observations”, Remote Sensing of Environment, 183, 350-367.

Xia H., Zhao J., Qin Y., Yang J., Cui Y., Song H., Meng Q., (2019), “Changes in water surface area during 1989–2017 in the Huai River Basin using Landsat data and Google earth engine”, Remote Sensing, 11 (15), 1824.

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.

Yıldız S., (2018), “Collect Earth Metodolojisi Kullanılarak İç Anadolu Bölgesi Arazi Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi.

Yılmaz O. S., (2023), “Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi”, Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi, 4 (2), 242-261.

Yiğit A. Y., Kaya Y., (2020), “Sentinel-2A uydu verileri kullanılarak sel alanlarının incelenmesi: Düzce örneği”, Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2 (1), 1-9.

Yiğitbaşoğlu H., (1995), “Seyfe gölü ekosistemi”, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Dergisi, 4, 147-171.

Yigitbaşoğlu H., Uğur A., (2010), “Burdur Gölü havzasında arazi kullanım özelliklerinden kaynaklanan çevre sorunları”, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 2 (2), 129-143.

Zhang L. X., Ruan R. Z., Xia S., (2015), “Parameter analysis of image texture of wetland in the Hongze Lake”, Remote Sensing for Land and Resources, 27 (1), 75-80.

Zhou W., Li Z., Ji S., Hua C., Fan W., (2015), “A new index model NDVI-MNDWI for water object extraction in hybrid area”, In Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem: Second International Conference, GRMSE 2014, Ypsilanti, MI, USA, October 3-5, 2014, Springer Berlin Heidelberg.

Web 1, (2024), <https://www.ramsar.org/country-profile/turkiye> , (Erişim Tarihi: 24.06.2024)

Web 2, (2024), <https://www.worldwildlife.org/pages/global-lakes-and-wetlands-database>, (Erişim Tarihi: 17.04.2024).

Web 3, (2024), <https://www.ramsar.org/>, (Erişim Tarihi: 20.04.2024).

Web 4, (2024), <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/sc/46/sc46-doc06-work.pdf>, (Erişim Tarihi: 24.06.2024)

Web 5, (2024), https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Guz/uzaktan_algilama/1/index.html#konu-4, (Erişim Tarihi: 20.04.2024).

Web 6, (2024), <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>, (Erişim Tarihi: 13.03.2024)

Web 7, (2024), <http://www.turkiyesulakalanlari.com/sulak-alanlar-hakkinda/>, (Erişim Tarihi: 18.12.2023)

Web 8, (2024), <http://www.milliparklar.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 18.12.2023)

Web 9, (2024), <https://dogadernegi.org/burdur-golu/>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 10, (2024), <https://dogadernegi.org/manyas-kus-golu/>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 11, (2024), <http://www.arpacay.gov.tr/kuyucuk-kus-cenneti>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 12, (2024), <http://www.balikesir.gov.tr/kuscenneti>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 13, (2024), <https://www.bursa.com.tr/tr/mekan/uluabat-golu-105/>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 14, (2024), <http://www.karacabey.gov.tr/uluabat-apolyont-golu-2>, (Erişim Tarihi: 25.04.2024)

Web 15, (2024), <https://stringfixer.com/tr/Wetland>, (Erişim Tarihi: 17.03.2024)

Web 16, (2024), <https://earth.google.com/web/> , Erişim Tarihi: 24.06.2024)

ÖZGEÇMİŞ

Asude Nihal GÜNEŞ, Lisans eğitimine 2017 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölümünde başladı ve 2021 yılında tamamladı. 2022 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim dalı Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri programında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Çölkesen İ., Güneş A. N., (2024), “Türkiye’de Ramsar alanı ilan edilen sulak alanlardaki zamansal değişimlerin uzaktan algılanmış görüntüler yardımıyla takibi”, 8. Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu, Gebze, Türkiye, 30-31 Mayıs.

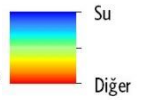
EKLER

Ek-A: Burdur Gölü Üzerinde Uygulanan Su İndeksleri

Yıllar/ ^{İndeks}	NDWI	MNDWI	AWEI _{sh}	WI
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



Ölçek: 1/300.000
0 1 2 4 km



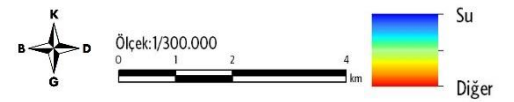
Ek-B: Burdur Gölü için Kullanılan Mevsim Bazlı RGB Uydu Görüntüleri

Yıllar/ ^{Mevsim}	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



Ek-C: Kuyucuk Gölü Üzerinde Uygulanan Su İndeksleri

Yıllar/ ^{İndeks}	NDWI	MNDWI	AWEI _{sh}	WI
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



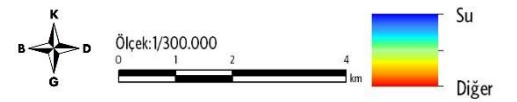
Ek-Ç: Kuyucuk Gölü için Kullanılan Mevsim Bazlı RGB Uydu Görüntüleri

Yıllar/ ^{Mevsim}	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



Ek-D: Manyas Gölü Üzerinde Uygulanan Su İndeksleri

Yıllar/ ^{İndeks}	NDWI	MNDWI	AWEI _{sh}	WI
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				

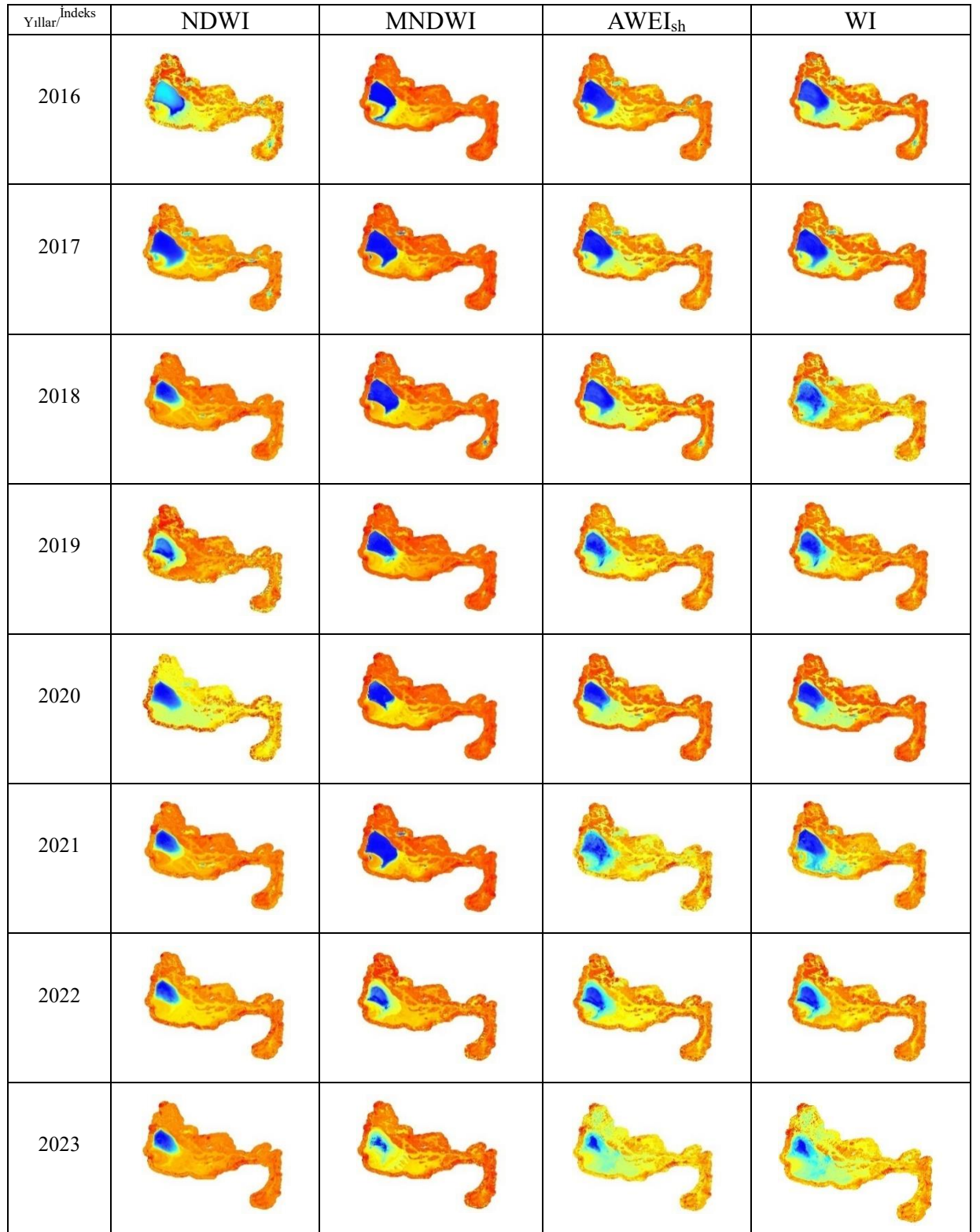


Ek-E: Manyas Gölü için Kullanılan Mevsim Bazlı RGB Uydu Görüntüleri

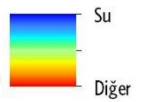
Yıllar/ ^{Mevsim}	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



Ek-F: Seyfe Gölü Üzerinde Uygulanan Su İndeksleri



Ölçek: 1/300.000
0 1 2 4 km



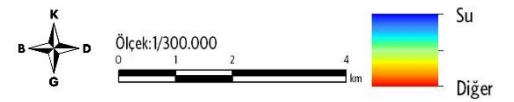
Ek-G: Seyfe Gölü için Kullanılan Mevsim Bazlı RGB Uydu Görüntüleri

Yıllar/ ^{Mevsim}	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				

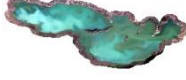


Ek-H: Uluabat Gölü Üzerinde Uygulanan Su İndeksleri

Yıllar/ ^{İndeks}	NDWI	MNDWI	AWEI _{sh}	WI
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				



Ek-I: Uluabat Gölü için Kullanılan Mevsim Bazlı RGB Uydu Görüntüleri

Yıllar/ ^{Mevsim}	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
2016				
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				

