

**UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE
YÜZEYSEL SULARDA KALİTE TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim YILDIZ

Danışman
Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE YÜZEYSEL
SULARDA KALİTE TAYİNİ

Halil İbrahim YILDIZ

Danışman

Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Halil İbrahim YILDIZ tarafından hazırlanan “Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Yüzeysel Sularda Kalite Tayini” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 06/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA

Başkan : Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA
Afyon Kocatepe Üni. Mühendislik Fak.

Üye : Doç. Dr. Murat UYSAL
Afyon Kocatepe Üni. Mühendislik Fak.

Üye : Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ
Giresun Üni. Mühendislik Fak.



Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06/07/2021

Halil İbrahim YILDIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE YÜZEYSEL SULARDA KALİTE TAYİNİ

Halil İbrahim YILDIZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA

Bu araştırmada, insan yaşantısında önemli bir kaynak olan göl suyu kalitesinin ve kirlilik düzeyi tayininde kullanılabilecek parametreler, daha hızlı bir yöntem olan Uzaktan Algılama (UA) verileriyle belirlenmeye çalışılmıştır. İstanbul il sınırları içinde kalan Terkos gölü ve gölü besleyen akarsular da yüzeysel su kirlilik parametresi olan Toplam Askıda Katı Madde (TAKM), pH, Sıcaklık değerleri saptanmaya çalışılmıştır. Bu değerlerin belirlenmesinde, Sentinel-2 ve Landsat-8 uydularına ait görüntü verisi kullanılıp zamansal değişimler göz önüne alınarak yüzeysel sularda kirlilik değişimleri ortaya konulmuştur. Toplam Askıda Katı Madde değeri kirlilik değerinin en yüksekği Eylül 2019 ve en düşükği Kasım 2020 olarak saptanmıştır. pH değerlerinin en yüksekği Kasım 2020 tarihinde ve en düşükği Eylül 2019 tarihinde elde edilmiştir. Bu değişimler İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) den alınan verilerle karşılaştırılmıştır. Bu sonuçların korelasyon değerleri; TAKM miktarında $r=0,85$ pH değerinde $r=0,88$ ve sıcaklık ölçümlerinde $r=0,89$ olarak belirlenmiştir. Yüzeysel sularında TAKM, pH ve Sıcaklık parametrelerinin uzaktan algılama yöntemleri ile izlenmesi istatistiksel açıdan kabul edilebilir sonuç vermektedir.

2021, xi + 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Su Kalitesi, Sentinel-2, Landsat-8, Hidroloji.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

QUALITY ESTIMATION IN SURFACE WATERS BY REMOTE SENSING METHODS

Halil Ibrahim YILDIZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Yilmaz ICAGA

In this research, the parameters that can be used in determining the quality of lake water and pollution level, which is an important resource in human life, were tried to be determined with Remote Sensing (UA) data, which is a faster method. It was tried to determine the surface water pollution parameter of Total Suspended Solid Matter (TAKM), pH, and Temperature values on Terkos Lake and the rivers feeding the lake within the provincial borders of Istanbul. In the determination of these values, the image data of Sentinel-2 and Landsat-8 satellites were used and the pollution changes in the surface waters were revealed by taking into account the temporal changes. It plays an important role in the protection of usable water resources. Suspended Solids value was found to be the highest in September 2019 and the lowest in November 2020. The highest pH values were obtained in November 2020 and the lowest values were obtained in September 2019. These changes were compared with the data received from the Istanbul Water and Sewerage Administration (ISKI). Correlation values of these results; $r=0,88$ at pH value of $r=0,85$ in TAKM amount and $r=0,89$ in temperature measurements. Monitoring of TAKM, pH and temperature parameters in surface waters by remote sensing methods gives statistically acceptable results.

2021, xi + 65 pages

Keywords: Remote Sensing, Water Quality, Sentinel-2, Landsat-8, Hydrology.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yılmaz İÇAĞA, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen ve her konuda öneri, eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı anne, baba ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Hayat boyu öğrenme fikrini aşılayan ğretmenim Hatem ŐİMŐEK teşekkür ederim.

Pratik bilgi ve desteklerini paylaşmakta tereddüt etmeyen arkadaşlarım Aslıhan ESKİN, Ayettullah KIRMIZIOĞLU, Bakıcan ERDEM, Deniz DURMAZ, İbrahim KELEŐ, Mehmet Fırat ZUĞUR, Onur Sezai ÇETİN ve Yunus YALÇIN teşekkür ederim.

Veri talebime olumlu dönüş sağlayan başta Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ve İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) teşekkür ederim.

Halil İbrahim YİLDİZ
Afyonkarahisar 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Kapsam	3
1.3 Önem.....	4
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 Uydu Verileri	5
2.1.1 Sentinel Uydusu	8
2.1.2 Landsat Uydusu.....	9
2.1.3 Radyometrik Çözünürlük.....	10
2.1.4 Zamansal Çözünürlük	11
2.1.5 Konumsal Çözünürlük	11
2.2 Su Kalite Parametreleri	13
2.2.1 Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)	14
2.2.2 Sıcaklık	15
2.2.3 pH.....	15
2.3 Literatür Taraması.....	16
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1 Çalışma Alanı	18
3.2 Sentinel-2 Görüntüleri	25
3.3 Landsat-8 Görüntüleri.....	29
3.4 Kullanılan Algoritmalar.....	30
3.4.1 TAKM Tayininde Kullanılan Algoritma	30

3.4.2 pH Tayininde Kullanılan Algoritma	30
3.4.3 Sıcaklık Tayininde Kullanılan Algoritma	31
3.5 Kullanılan Yazılımlar	33
3.5.1 Sen2Core	33
3.5.2 ArcGIS	33
3.5.3 GPower	35
3.5.4 QGIS	37
3.5.5 GRASS	38
3.5.6 SPSS	38
4. BULGULAR	39
4.1 Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)	39
4.2 pH	46
4.3 Sıcaklık	53
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	59
6. KAYNAKLAR	61
İnternet Kaynakları	64
ÖZGEÇMİŞ	65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CH ₄	Metan gazı
gr	Gram
mgr	Miligram
HCl	Hidroklorik asit
H ₂ S	Hidrojen sülfür
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
L	Litre
µL	Mikro litre
m	Metre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
m ²	Metre kare
m ³	Metre küp
NH ₃	Amonyak
OH ⁻	Hidroksil radikali
µS	Mikro siemens

Kısaltmalar

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DOS	Disk Yönetim Sistemi
MSI	Multi-Spektral Görüntüleme
NIR	Yakın Kızıl Ötesi
OLI	Operasyonel Arazi Görüntüleyici
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SDT	Seki Diski Şeffaflığı
SWIR	Kısa Dalga Kızıl Ötesi
TIR	Termal Kızılötesi Sensör
TSS	Toplam Askıda Katı Madde
UA	Uzaktan Algılama
VNIR	Görünür Kızıl Ötesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Uydu verilerinin görüntü işleme şeması (İnt.Kyn.3).	5
Şekil 2.2 Cisimlerin Elektromanyetik Spektrum ışınım değerleri (NUS 2001).....	6
Şekil 2.3 Türüne göre Yansıma - Dalga Boyu gösterimi (NUS 2001).....	14
Şekil 2.4 pH seviyeleri (Batur 2019).....	15
Şekil 3.1 Çalışma alanı Marmara havzası haritası.	18
Şekil 3.2 Çalışma alanı Terkos alt havzası, Terkos gölü ve gölü besleyen akarsu kolları.	19
Şekil 3.3 Terkos Havzasına göre kullanım alanının dağılımı (İnt.Kyn.1).	21
Şekil 3.4 Terkos havzası kullanım türüne göre alansal dağılımı (İnt.Kyn.1).....	22
Şekil 3.5 Sentinel-2 Çoklu algılayıcılardan gelen sinyalin işleme prosesi (ESA 2015).	26
Şekil 4.1 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası TAKM konsantrasyon haritaları.....	40
Şekil 4.2 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde TAKM değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.	45
Şekil 4.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası pH değeri haritaları.....	47
Şekil 4.4 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde pH değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.	52
Şekil 4.5 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası yüzey sıcaklık değeri haritaları.....	54
Şekil 4.6 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sıcaklık değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Günümüze kadar kullanılmış uzaktan algılama sensörlü uyduların bir kısmı (İnt.Kyn.5).	7
Çizelge 2.2 Sentinel-2 uydusuna ait Multi-Spektral bant numaralarına karşılık gelen dalga boyları ve çözünürlükleri (ESA 2015).	12
Çizelge 2.3 Landsat-8 uydusuna ait OLI ve TIR bant numaralarına karşılık gelen dalga boyları ve çözünürlükleri (USGS 2019).	12
Çizelge 3.1 Terkos Havzasına göre belirlenen alansal kullanım (İnt.Kyn.1).	20
Çizelge 3.2 Terkos Havzası türüne göre alansal dağılım (İnt.Kyn.1).	21
Çizelge 3.3 Gözlem noktaları koordinatları (İSKİ 2021).	23
Çizelge 3.4 Terkos Gölü (Taşoluk) su analizi sonuçları (İSKİ 2021).	23
Çizelge 3.5 Terkos Gölünü besleyen derelerin su analiz sonuçları (İSKİ 2021).	24
Çizelge 3.6 İndirilen Sentinel-2 görüntü tarihleri ve isimleri (İnt. Kyn. 6).	25
Çizelge 3.7 İndirilen Landsat-8 görüntü tarihleri ve isimleri (İnt. Kyn. 7).	29
Çizelge 3.8 Örneklem büyüklüğü seçimi ($p<0,05$; %95) güven aralığında (Yazıcıoğlu ve Erdoğan 2004).	36
Çizelge 4.1 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sentinel-2 görüntü verilerinden okunan TAKM istatistikleri.	43
Çizelge 4.2 Terkos gölüne dökülen akarsularda yerinde yapılan gözlem ile Sentinel-2 görüntülerinden okunan TAKM değerlerinin karşılaştırılması.	44
Çizelge 4.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sentinel-2 görüntü verilerinden okunan pH istatistikleri.	50
Çizelge 4.4 Terkos gölüne dökülen akarsu kollarında yerinde yapılan gözlem ile Sentinel-2 görüntülerinden okunan pH değerlerinin karşılaştırılması.	51
Çizelge 4.5 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Landsat-8 görüntü verilerinden okunan Sıcaklık istatistikleri	55
Çizelge 4.6 Terkos gölüne dökülen akarsu kollarında yerinde yapılan gözlem ile Landsat-8 görüntülerinden okunan yüzey sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması.	56
Çizelge 4.7 Gözlem noktaları üzerinde elde edilen sonuçların UA değerleri ile arasındaki korelasyon katsayıları (r).	58

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 QGIS versiyon 3.10 yazılım arayüzü SCP eklentisi.	27
Resim 3.2 Sen2Core versiyon 2.08 yazılımı Disk İşletim Sistemi (DOS) arayüzü.	28
Resim 3.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde istatistik değerler için okunan noktalar.	34
Resim 3.4 Örneklem büyüklüğü için kullanılan GPower versiyon 3.1.9.7 yazılımı arayüzü.	35
Resim 3.5 Landsat-8 görüntü düzeltmeleri için kullanılan SCP eklentisi.	37
Resim 3.6 Grass versiyon 7.8.3 yazılımı arayüzü.	38

1. GİRİŞ

Göl, insan yaşamı için çok önemli olan bir iç su ekosistemidir. Günlük amaçlı içme suyu ve su kaynakları kaynağı olmasının yanı sıra, endüstriyel ham su, su taşımacılığı, sulama, turizm ve balıkçılıktan elde edilen protein kaynakları olarak da kullanılmaktadır. Gölün etrafındaki alanda aktivitenin varlığı, gölün ekosistem durumunun bugüne kadar giderek daha ağır bir bozulma yaşamasına neden olur (Haryani 2014).

Göller ile gölleri çevreleyen arazi parçaları, drenaj suları bakımından sürekli bir alışveriş halindedirler. Bu devinime ek olarak yer altı su kaynaklarındaki hareket dahil olmaktadır. Yüzeysel akışlar ve yüzey altı akışların etkisiyle su kaynakları fiziksel, kimyasal ve biyolojik maddelerce organik, partiküller ve pek çok yabancı maddeyi beraberinde taşırlar. Taşınım da akışkanın hızı iklim ve coğrafi yapıya bağlı olarak farklılık göstermektedir. Canlı yaşamı açısından önemli bir yere sahip olan kaynakların sürekli bir gözlemlenmesi gerekmektedir.

1.1 Amaç

Günümüzde su kalitesinin belirlenmesinde kimyasal yöntemlerin kullanımı maliyetlidir ve zaman almaktadır. Yeni yöntemlerin geliştirilmesi bir ihtiyaç arz etmektedir. Görüntüleme araçlarının geliştirilmesiyle bu süreç daha hızlı ve düşük maliyetle yapılabilmektedir. Görüntüleme araçları gönderilen ışığın etkisiyle cisimlerin yaydıkları frekans değerlerine göre renklenmekte ve çok katmanlı bir veri kümesine dönüşmektedir. Bu görüntü değerleri bizlere kıyas düzlemini genişletmemizde ve yansıma sonuçları maddenin fiziksel ve kimyasal yapısındaki özellikler hakkında bilgi vermektedir.

Bir su kaynağının morfolojik yapısı, kaynağın organik ve inorganik yapısını belirleyen en önemli etmendir. Devinimli bir yapıya sahip olan akarsulara göre gölün yapısı, kirlilikten uzun süre etkilenebilmektedir. Başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tuzlar, mikro-organizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, toplam askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri, atık ısı, vb'dir (Ellis vd. 1989).

Kapalı forma ve yüzeysel çıkış akışına sahip olmayan su kaynaklarında ağır metal ve parçalanması güç olan pestisitlerin kirlilik üzerindeki etkisi büyüktür. Bu nedenle göllerin korunmasının büyük öneme sahip olduğunu söylemek mümkündür (Çakmak ve Demir, 1997).

Kentleşme baskısı ile oluşan evsel ve endüstriyel atık suların yanı sıra tarımsal bölgelerde drenaj sularının içerisinde bulunan azot ve fosforun etkisi göllerdeki doğal yaşamı tehlikeye atmaktadır. Bu durum fotosentezle aşırı alg üremesine ve organik madde miktarında artışa sebebiyet vermektedir. Aşırı alg üremesi; bulanıklığı ve organik madde miktarını arttırmaktadır. Bu durumun oksijen ihtiyacında artış meydana getirir. Su kaynağının tabanında yeterli oksijen olmaması H₂S, CH₄, NH₃, vb. gazları açığa çıkartır. Bu olay sonucunda ötrofikasyon adı verilen durum, su kaynağına giren kirleticiler önlenirse bile bir süre daha devam eder. Taban çamurundaki fosforun çözünmesi bile alg kirlenmesini uzun süre devam ettirir (Forsberg 1998).

Göl taban yapısındaki sıcaklık farkından oluşan katmanlar kütleli su hareketlerine etki etmektedir. Bu kütleli harekete mevsimsel sıcaklık değişimleri etki ettiği gibi su kalitesindeki değişimlerde etkilemektedir. Su kalite geçişi ile su sıcaklık geçişi birlikte oluşturdukları yaz sükûnet fazında belirgin olarak görülebilmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ikili geçiş etkileri ortadan kalkmaktadır. Bu durum derinlik farklarına nazaran aynı olur (Muslu 2001).

Terkos Gölü, İstanbul ölçeğinde şehir su temini açısından önemli bir içme suyu rezervuarıdır. Son yıllarda yapılaşma baskısı altındaki göl çevresi ilçelerde, Terkos gölü ve bu gölü besleyen yüzeysel sularında kalitesinde önemli ölçümlerin hızlı ve ekonomik olması alınacak kararlar açısından önem arz etmektedir.

Şu anda uzaktan algılama teknikleri de dahil olmak üzere suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin anlaşılmasını geliştirmek için çok sayıda çaba devam etmektedir. Trofik durum, secchi (seki) derinliği, bulanıklık, klorofil-a konsantrasyonu, askıya alınmış organik madde, sıcaklık ve pH değerleri gibi su kalitesi parametrelerini belirlemek için uzaktan algılama yöntemleri kullanılabilir. Tipik olarak, tek bir gösterge,

çeşitli kirleticilerin suyun genel durumu üzerindeki toplam etkisini belirlememize izin verecektir. Giderek daha karmaşık hale gelen sensörler, daha iyi veriler ve geliştirilmiş algoritmalar ile fitoplankton tespiti ve tür tanımlaması uzaktan algılama verileri kullanılarak doğru bir şekilde belirlenebilir. Uzaktan algılanan veriler, güneş radyasyonu, deniz suyu ve içinde bulunan farklı maddeler arasındaki etkileşim hakkında bilgi verir. Söz konusu başlıca süreçler elektromanyetik enerjinin emilimi, saçılması ve iletilmesidir (Bagheri 2017).

Yer yüzünün %70'ini çevreleyen ve yaşam formunun vazgeçilmez bir parçası olan su kaynaklarındaki: devinim, kirlilik, gel-git etkisi ve atmosferik basınç etkisi gibi yersel ve global etkilerini incelemek amacıyla UA yöntemleri önemli bir yer etmektedir. Bu çalışmada uydu verilerini kullanarak UA yöntemleriyle yüzeysel sulara ait su kalitesi parametrelerine görüntüler oluşturulması, oluşturulan görüntülerden parametre değerlerinin belirlenmesi ve belirlenen değerlerin gözlem sonuçlarıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

1.2 Kapsam

Çalışma Marmara havzasının bir alt havzası olan Terkos gölü ve havzasında yapılacaktır. Bölgenin seçimi İstanbul şehir merkezine sağlanan önemli ölçüde içme suyu kaynağını oluşturmaktadır. Bu içme suyu kaynağının bulunduğu alt havza sınırları içinde Türkiye genelinde bulunan 73 endemik bitki türünden 17 tanesine ev sahipliği yapmaktadır (Özhatay vd. 2003).

Bu çalışma da Marmara havzası Terkos alt havzası İstanbul il sınırları içerisinde bulunan Terkos Gölü ve göle su taşıyan akarsulara ait Sentinel-2 ve Landsat-8 uydu verileri kullanılacaktır. Uydu verileri literatürde verilen hesap yöntemleriyle kalite parametrelerinden TAKM, pH ve sıcaklık parametrelerine ait görüntülere dönüştürülecek ardından İSKİ tarafından ölçülmüş değerlerle karşılaştırılarak UA yöntemlerinin performansı belirlenecektir. Performans sonuçlarının istatistiksel analiz edilebilmesi için sırasıyla Grass, GPower ve SPSS programları kullanılmıştır.

1.3 Önem

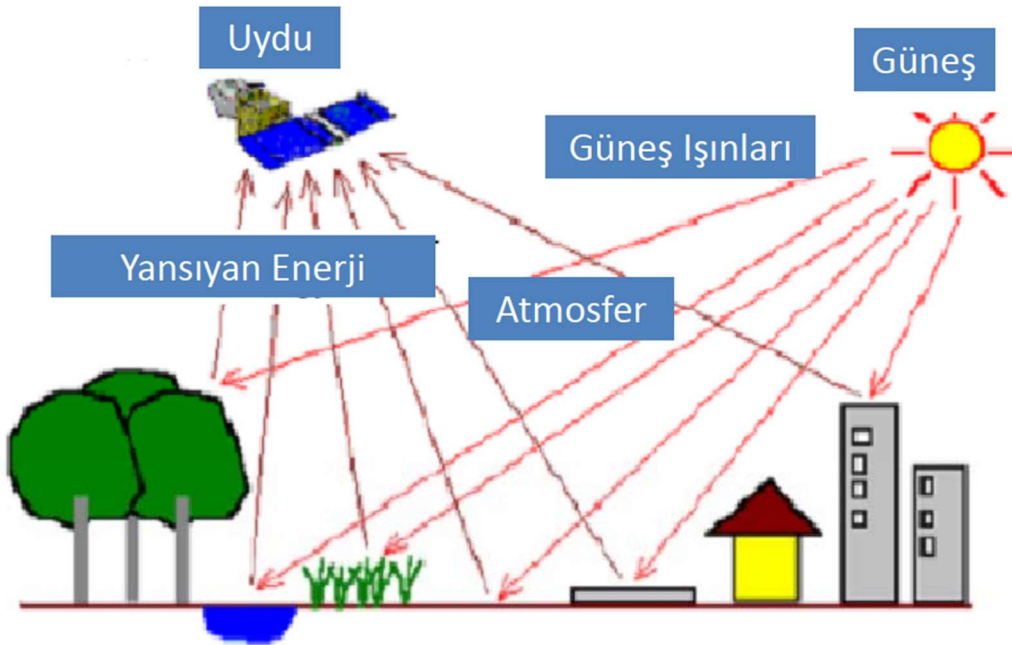
Bu çalışma ile Sentinel-2 ve Landsat-8 verileri kullanılarak literatürde yer alan algoritmalar ile Toplam Askıda Katı Madde, pH ve sıcaklık parametrelerinin değerleri kabul edilebilir başarıyla belirlenmiş olacaktır. Bu sonuç su kalitesi parametrelerinin hızlı ve etkin bir şekilde belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada kullanılan yöntemin performansına göre araştırılan su kalitesi parametrelerinin miktarlarının yerinde ölçümüne gerek kalmayabilecek veya yerinde ölçüm yapıp yapılmaması yönünde yöneticilerin karar vermesi kolaylaşacaktır. Yerinde ölçüm yapmamak veya ölçüm adedinin azalması ile ölçüm maliyetleri düşecektir. Ayrıca doğa olayları sebebiyle her istenildiğinde ölçüm yapılmayacağı dikkate alındığında bu çalışmanın önemi daha çok ortaya çıkmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Uydu Verileri

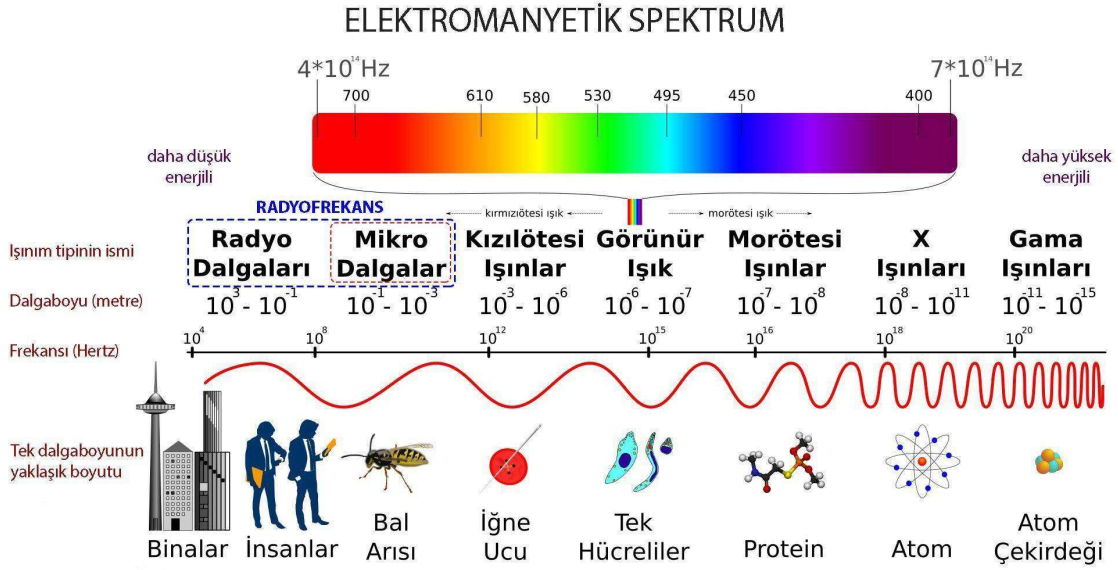
Kaynak olarak gönderilen bir ışığın cisimlere çarpması sonucunda, yansıma ve soğurma olarak iki farklı türde cisim tepkisi oluşmaktadır. Bunlar farklı bant seviyelerindeki dalga boylarında kaydedilip görüntü oluşturmaktadır. Sinyal değerlerinin işlenmesi bir dizi işlem gerektirmektedir (bkz. Şekil 3.5). Algılayıcıların uydulara göre 8-12-16 bit değer aralıklarında bant sinyallerini kaydetmektedir. Bant seviyesinde kaydedilen görüntüler bitki-arazi kullanımı-su kalite parametreleri ve iklim değerlendirme kriterleri gibi daha birçok veri kümelerine kullanıcılar tarafından dönüştürülebilmektedir (bkz. Şekil 2.1).

Uydular genel anlamda insanlı ve insansız uydular olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. İnsansız uydulara Landsat, Sentinel, Spot, Goes vb. örnekler verilebilir. Algılayıcı türlerine göre ise fotografik sistemli, tarayıcı sistemli, radar sistemli olarak ayırmak mümkündür (Örüklü 1988).



Şekil 2.1 Uydu verilerinin görüntü işleme şeması (İnt.Kyn.3).

Işığın yansıma değerlerinin kaydedilmesi işlemi spektral sensorlar yardımıyla olurken her bir sensorun kaydettiği yansıma renkleri farklıdır. Bu nedenle çoklu spektral bantlara aynı zamanda Multi-Spektral Görüntü (MSI) denilmektedir. Farklı dalga boylarında sensorların kaydettiği değerler vardır. Maddelerin yaydıkları ışınma değerleri Elektromanyetik Spektrum olarak tanımlanmaktadır (bkz. Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Cisimlerin Elektromanyetik Spektrum ışınım değerleri (NUS 2001).

MSI algılayıcılara sahip uyduların başında Sentinel, Landsat, Spot, Modis, Aster, Envisat, Adeos, Alos gibi birçok uydu bilinmektedir (Richards 1993). Sentinel uyduları Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından gönderilmiştir. Farklı bantlarda 10-20-60m konumsal çözünürlükleri olan görüntüler sunmaktadır (bkz. Çizelge 2.1). Konumsal çözünürlük 1 metrenin karşılık geldiği piksel değerini ifade etmektedir. Bu şekilde oluşturulan görüntüler raster görüntüleri denilmektedir. Buna karşılık konumsal nesnelere ifade etmek içinse vektör veri tipi olarak adlandırılmaktadır.

Hydrosat, Radarsat ve IRS uyduları ticari uydu sistemlerine birkaç örnek olarak gösterilebilmektedir. İlk yer gözlem uydusu olan Landsat uydusu 1972 tarihinde yörüngeye oturtulmuştur. Bu uydular pankromatik modu 1 m, renkli modu 4 m konumsal çözünürlüğe ulaşabilmektedir (Fritz 1995).

Landsat uyduları misyonları gereği fırlatılmaya devam edilmektedir. Şu ana kadar Landsat 1-8 olmak üzere uydular gönderilmiştir. Landsat 9 uydusu Eylül 2021 tarihinde fırlatılması planlanmaktadır. Landsat 1-2-3 görüntüleri konumsal çözünürlükleri 80 m iken günümüzde 30 m çözünürlükte görüntüler mevcuttur (İnt.Kyn.4) (bkz. Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Günümüze kadar kullanılmış uzaktan algılama sensörlü uyduların bir kısmı (İnt.Kyn.5).

Ülke	Uydu Sahibi	Program	Algılayıcı	Fırlatma Tarihi	Algılayıcı Tipi	Konumsal Çözünürlük
AMERİKA	Devlet	Landsat 5	TM	1985	M	30
HİNDİSTAN	Devlet	Irs - 1b	LISS-2; LISS-1	1991	M	25; 36; 72,5
FRANSA	Devlet	Spot 3	HRV	1993	M; P	10; 20
HİNDİSTAN	Devlet	P2	LISS-2	1994	M	25; 36
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-1c	LISS-3; PAN (WIFS)	1995	M; P	5,8; 23
ALMANYA	Devlet	Priroda	MOMS-02	1996	M; P	-
JAPONYA	Devlet	Adeos	AVNIR	1996	M; P	-
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-1d	LISS-3; PAN, (WIFS)	1997	M; P	5,8; 23
ÇİN-BREZİLYA	Devlet	Cbers	CCD; IRMSS	1997	M; P	-
FRANSA	Devlet	Spot 4	HRVIR (VEGETATION)	1997	M; P	10; 20
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-p5	LISS 4; LISS-3	1998	M	
AMERİKA	Devlet	Landsat 7	ETM+	1998	M; P	30; 15
AMERİKA	Ticari	Resource 21	XXX	1999	M	10; 20; 100
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-2a	LISS 4; LISS-3; (WIFS)	2000	M	-
RUSYA	Devlet	Spin-2	KVR-1000; TK-350	1996	P(f)	2; 10
AMERİKA	Ticari	EarthWatch	EARLYBİRD	1996	M; P	3; 15
AMERİKA	Ticari	SpaceImaging	SIS	1997	M; P	1; 4
AMERİKA	Ticari	EarthWatch	QUİCKBİRD	1998	M; P	0,82; 3,28
AMERİKA	Ticari	Orbimage	ORBVIEW	1998	M; P	1; 4
AMERİKA	Ticari	Gde	XXX	1999	P	0,82
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-p6	PAN	1999	P	-
AMERİKA	Devlet	Cta Clark	W-VIEW	1997	M; P	-
AMERİKA	Devlet	Trw lewis	HSI	1997	H; P	-
AMERİKA; JAPONYA	Devlet	Eos am-1	ASTER (MODIS)	1998	M	-
AMERİKA	Devlet	Eo-1	XXX	1999	M; H	-
AMERİKA	Devlet	Warfighter 1	XXX	1999	M; H	-
RUSYA	Devlet	Almaz 1	SAR	1991	R	-
ESA	Devlet	Ers-1	SAR	1991	R	30; 50
JAPONYA	Devlet	Jers-1	OPS; SAR	1992	M; R	18
AMERİKA; ALMANYA; ITALYA	Devlet	Shuttle Radar	SIR-C; X-SAR	1994	R	-
ESA	Devlet	ERS-2	SAR	1994	R	30; 50
CANADA	Devlet	Radarsat	SAR	1995	R	8; 100
ESA	Devlet	Poem	ASAR	1998	R	-

Çizelge 2.1 (Devam) Günümüze kadar kullanılmış uzaktan algılama sensörlü uyduların bir kısmı.

RUSYA	Devlet	Almaz 1b	1 SLR; 3 SARs; 4 SCANNERS	1998	M; P; R	-
RUSYA	Devlet	Almaz 1c	1 SLR; 3 SARs; 4 SCANNERS	2001	M; P; R	-
FRANSA	Devlet	Spot 5a	HRG; (VEGETATION)	2002	M; P	4; 10
JAPONYA	Devlet	Alos	AVNIR-2; VSAR	2002	M; P; R	-
TÜRKİYE	Devlet	Bilsat	-	2003	M; P	12, 26, 120
JAPONYA	Devlet	Alos-a1	AVNIR-3; VSAR	2004	M; P; R	-
RUSYA	Devlet	Almaz 2	1 SLR; 3 SARs; 4 SCANNERS	2004	M; P; R	-
HİNDİSTAN	Devlet	Irs-3	MULTI FREQ; POL SAR	2004	R	-
HİNDİSTAN	Devlet	IRS-2b	LISS 4; LISS-3; (WIFS)	2004	M	-
FRANSA	Devlet	Spot 5b	HRG, (VEGETATION)	2004	M; P	-
AMERİKA	Devlet	Eos am-2	LATI (MODIS)	2004	M; P	-
JAPONYA	Devlet	Alos-b1	A-SAR	2006	R	-
JAPONYA	Devlet	Alos-a2	AVNIR-4, VSAR	2007	M; P; R	-
JAPONYA	Devlet	Alos-b2	A-SAR	2009	R	-
TÜRKİYE	Devlet	Rasat	-	2011	M; P	7,5; 15
TÜRKİYE	Devlet	Göktürk-2	-	2012	M; P	2,5; 5
AMERİKA	Devlet	Landsat 8	OLI; TIRS; PAN	2013	M; P	15; 30; 100
ESA	Devlet	Sentinel 1	SAR	2014	R	20
ESA	Devlet	Sentinel 2	-	2015	M; P	10; 20; 60
ESA	Devlet	Sentinel 3	-	2018	M; P	10; 20; 60

* M = Multi-Spektral, R = Radar, H = Hiper-Spektral, (f) = Film, P = Pankromatik

2.1.1 Sentinel Uydusu

Sentinel Uydusu yeryüzü gözlemlemek amacıyla Copernicus programı kapsamında dünya yörüngesine oturtulan uyduları tanımlamaktadır. Program kapsamında 2014 yılında gönderilen ilk uydu Sentinel-1A uydusudur. Sentinel-1 uydu takımına ait 1A-1D uydular peşi sıra yedi (7) yıllık planlanan görev süreleri öngörülerek gönderilmiştir. Bu uydu takımları tarım, orman ve gıda güvenliğinin yönetilmesine yardımcı olmak, bilgi sağlamak amacıyla gönderilmiştir. Sentinel-1 verilerinin ve misyonunun devamı niteliğinden gelişen Sentinel-2A uydusu 2015 yılında on üç (13) çoklu algılayıcı seviyesinde veri sağlanması amacıyla gönderilmiştir. Sentinel-2 uydu takıma ek olarak 2017 de Sentinel-2B uydusu gönderilmiştir. Günümüzde Sentinel-3 uyduları 2018 tarihinden itibaren gönderilmektedir. Uydu misyonunda görüntü kaliteleri ve geliştirilen algılayıcı farklılıklarından elde edilmektedir (ESA 2015).

2.1.2 Landsat Uydusu

Yeryüzündeki doğal kaynakların incelenmesi amacı ile NASA tarafından 1972 yılında Landsat uyduları programı başlatılmıştır. İlk Landsat uydusu ERST-I adıyla 23 Temmuz 1972 yılında uzaya gönderilmiştir. Yaklaşık olarak 6 yıl görev yapan uydu, bu süre içerisinde 300 bin yeryüzü görüntüsü almış ve daha önceden saptanmamış 1 milyar dolarlık petrol rezervi belirlenmiştir. Daha sonraki yıllarda 4 adet Landsat uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak Landsat-(1, 2, 3) programı üç uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır. Bunlar, RBV kamera ve Multispectral Scanner (MSS). İkinci kuşak Landsat uyduları, 1982 'te Landsat-4 ile başlayarak, RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1984 yılında Landsat-5 fırlatılmıştır. Ardından 1993 yılında fırlatılan Landsat-6 şansız bir şekilde düştükten sonra Landsat-7, geliştirilmiş Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü tarayıcı (MSS) ile donatılarak Mart 1999 da fırlatılmıştır. Landsat-8 uyduları programında son uydu ise 11 Şubat 2013 tarihinde fırlatılmıştır. Yerden 705 km yükseklikteki yörüngesinde bir turunu 16 günde tamamlamaktadır. 2. kuşak Landsat uydularında yer alan tematik mapper (TM) ve çok bantlı algılayıcı (MSS) yerine Landsat-8 uydusunda OLI (Operational Land Imager) ve TIRS (Thermal Infrared Sensor) olmak üzere 2 yeni algılayıcıya sahiptir (İnt. Kyn. 2).

2.1.3 Radyometrik Çözünürlük

Radyometrik çözünürlük, bir görüntüleme sisteminin farklı parlaklık veya ton seviyelerini kaydetme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Sentinel-2'nin radyometrik çözünürlüğü 12 bittir. Bu, 0-4095 arasında potansiyel bir parlaklık seviyesi aralığı verir. Sentinel-2'nin 13 spektral bandı mevcuttur. Yakın Görünür Kıızılötesi (VNIR) ve Yakın Kıızılötesi (NIR) ile Uzun Dalga Kıızılötesi (SWIR) arasında değişir. Bunlardan üçü klasik RGB bandı ((Mavi (493nm), Yeşil (560nm) ve Kırmızı (665nm)) ve bir Yakın Kıızılötesi (833nm) bantlarını oluşturmaktadır. Bunlardan altısı Yakın Görünür Kıızılötesi (VNIR) 4 dar bant (704nm, 740nm, 783nm ve 865nm) ve kar / buz / bulut tespiti veya bitki örtüsü nem stresi değerlendirmesi amacıyla iki tanesi Kısa Dalga Kıızılötesi (SWIR) bantlarıdır. Bunlardan üçü esas olarak bulut taraması ve atmosferik düzeltmeye (aerosoller için 443nm ve su buharı için 945nm) ve sirüs bulutu algılamaya (1374nm) odaklanmıştır. Radyometrik çözünürlük, aletin ışık yoğunluğu veya yansıtma oranındaki farklılıkları ayırt etme kapasitesidir. Radyometrik çözünürlük ne kadar büyükse, algılanan görüntü o kadar doğru olacaktır. Radyometrik çözünürlük rutin olarak tipik olarak 8 ila 16 bit aralığında bir bit sayısı olarak ifade edilir. Multi-Spektral görüntüleme (MSI) cihazının radyometrik çözünürlüğü 12 bittir. Bu durum görüntünün 0 ila 4095 potansiyel ışık yoğunluğu değerleri aralığında elde edilmesini sağlar. Radyometrik doğruluk % 5'ten azdır hedeflenen % 3'tür. Radyometrik çözünürlük ayrıca detektörün Sinyal Gürültü Oranına (SNR) bağlıdır (ESA 2015).

Landsat-8'in radyometrik çözünürlüğü 12 bittir. Sıfır ve birlerden oluşan renklendirme aralığını temsil eder. Bu 0-4.095 arasında potansiyel bir parlaklık seviyesi aralığı verir. Landsat-8'in 11 spektral bandı mevcuttur. Yakın Görünür Kıızılötesi (VNIR), Yakın Kıızılötesi (NIR), Uzun Dalga Kıızılötesi (SWIR) ve Termal Kıızılötesi (TIR) arasında değişir. Bunlardan üçü klasik RGB bandı ((Mavi (450nm), Yeşil (525nm) ve Kırmızı (650nm)) ve bir Yakın Kıızılötesi (845nm) bantlarını oluşturmaktadır. Bunlardan altısı Yakın Görünür Kıızılötesi (VNIR) 6 dar bant ve kar / buz / bulut tespiti veya bitki örtüsü nem stresi değerlendirmesi amacıyla üç tanesi Kısa Dalga Kıızılötesi (SWIR) bantları ve termal değerleri gözlemek için ikisi termal bantlardan oluşmaktadır. Radyometrik çözünürlük, aletin ışık yoğunluğu veya yansıtma oranındaki farklılıkları ayırt etme

kapasitesidir. Operasyonel Yüzey Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi (TIR) cihazlarının radyometrik çözünürlüğü 12 bittir. Bu durum görüntünün 0 ila 4095 potansiyel ışık yoğunluğu değerleri aralığında elde edilmesini sağlar (USGS 2019).

2.1.4 Zamansal Çözünürlük

Yörüngedeki bir uydunun zamansal çözünürlüğü, uydunun belirli bir konuma yeniden ziyaret frekansıdır. Diğer ifade ile zamansal çözünürlük, bir uydu Dünya yüzeyindeki belirli bir noktayı yeniden ziyaret etmeden önce geçen ve günlerle ifade edilen süredir. Her bir Sentinel-2 uydusunun yeniden ziyaret sıklığı 10 gündür (ESA 2015). Landsat-8 uydusunun yer yüzünde belirli alanı tekrar ziyaret sıklığı 16 gündür (USGS 2019).

2.1.5 Konumsal Çözünürlük

Bir aletin konumsal çözünürlüğü, bir uydu sensor dizisindeki ayrı bir detektörün yerdeki temsilidir. MSI cihaz çözünürlüğünün konumsal çözünürlüğü, birim uzam başına ayrıştırılabilen çizgi adedini veya ayrıştırılabilen komşu iki çizginin birbirlerine uzaklığını temsil etmektedir. Yerde ölçülen ve tek bir pikselle temsil edilen yüzey alanı, konumsal çözünürlük olarak adlandırılır. Sentinel-2 için, üç olası konumsal çözünürlük vardır (bkz. Çizelge 2.1). Spektral çözünürlük, elektromanyetik spektrumdaki özellikleri çözme becerisinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Sentinel-2 spektral çözünürlükleri (Bant genişliği) verilmiştir (bkz. Çizelge 2.2). Landsat-8 için, üç olası konumsal çözünürlük vardır (bkz. Çizelge 2.3).

Çizelge 2.2 Sentinel-2 uydusuna ait Multi-Spektral bant numaralarına karşılık gelen dalga boyları ve çözünürlükleri (ESA 2015).

Konumsal Çözünürlük (m)	Bant Numarası	Sentinel-2		
		Merkez Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Radyometrik Çözünürlük (bit)
10	2	492,4	66	12
	3	559,8	36	12
	4	664,6	31	12
	8	832,8	106	12
20	5	704,1	15	12
	6	740,5	15	12
	7	782,8	20	12
	8a	864,7	21	12
	11	1.613,7	91	12
	12	2.202,4	175	12
60	1	442,7	21	12
	9	945,1	20	12
	10	1.373,5	31	12

Çizelge 2.3 Landsat-8 uydusuna ait OLI ve TIR bant numaralarına karşılık gelen dalga boyları ve çözünürlükleri (USGS 2019).

Konumsal Çözünürlük (m)	Bant Numarası	Landsat-8	
		Merkez Dalga Boyu (nm)	Radyometrik Çözünürlük (bit)
15 (OLI)	8	503	12
	1	435	12
30 (OLI)	2	452	12
	3	533	12
	4	636	12
	5	851	12
	6	1.566	12
	7	2.107	12
	9	1.363	12
	10	10.600	12
100 (TIR)	11	11.500	12

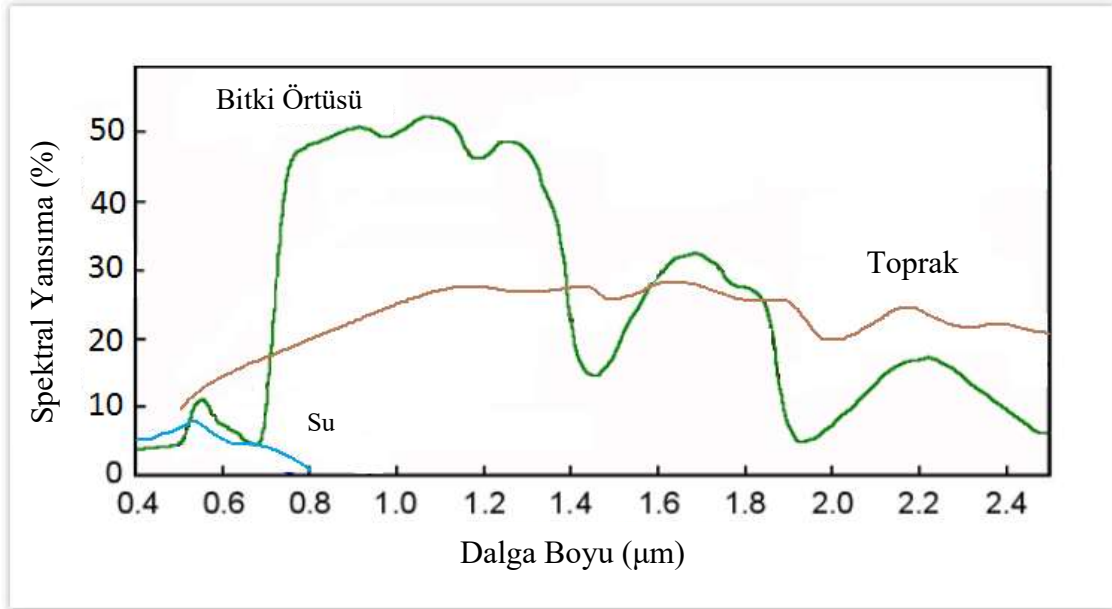
2.2 Su Kalite Parametreleri

Kullanılabilir ham su kaynaklarından bulaştığı belirlenen hastalıklar; Kolera, amipli dizanteri, tifo, basili dizanteri, paratifo, sarılık ve çocuk felci'dir. Bu doğrultuda temiz su kaynaklarının sürekli biyolojik ve kimyasal analizleri güçlük içermektedir. Mikrobiyolojik açıdan bu parametrelerin belirlenmesi indikatör analizleri ile mümkündür. Bu ölçümlerin başında koliform bakteri ölçümleri gelmektedir. Kendi başına hastalık yapıcı özelliği bulunmayan bu organizmanın su kaynağı içerisinde bulunması zararlı mikroorganizmaların varlığının bir göstergesi sayılmaktadır. Aynı doğrultuda su kaynağında koliform konsantrasyon miktarı su kaynağın dezenfeksiyon girişimlerinin ne denli başarılı olduğuna bir işarettir. Bu bakterilerin giderilmesinde arıtma işlemlerinin hastalık yapıcılar açısından giderildiği düşünülmektedir. Ükelere göre farklılık gösterebilen ölçüm standartları mevcut olsa dahi su kaynağında veya çıkış noktalarında koliform miktarının hiç olmaması beklenen değerdir (Akgiray 2003).

Genel anlamda su kaynaklarında gözlenen kirliliğin nedenleri olarak, kentsel atıklar, sanayi atıkları, taşımacılık, tarımsal faaliyetler, termik veya nükleer santral atıklarından kaynaklandığı bilinmektedir. Su kaynakları organik ve inorganik maddelerce kirlenmektedir. Bunlar mikroorganizmalar pestisitler, tuzlar, ağır metaller, yağlar, atık ısı, radyoaktivite ve toplam askıda katı maddeler vb. gibi yapılardır. Her biri insan kaynaklı oluşan kirlilik çeşitleri her geçen gün denizler, göller ve nehirlere atılmaktadır. Bu atıklar su kaynaklarında biyolojik ve fizikokimyasal değişime ve dip suyunda yer alan önemli değişkenleri etkilemektedir (Kökmen vd. 2007).

2.2.1 Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)

Toplam Askıda Katı Maddeler genellikle alıcı su ortamlarında endüstriyel ve evsel atık sularla taşınırlar. Aynı zamanda erozyonun neden olduğu tahribat neticesinde verimli yüzey kısımları süprüntü halinde su kaynaklarına taşınırlar. Bu durum su kaynağında TAKM yükü olarak kendini göstermektedir. Su kaynağının bulanıklık derecesini arttırdığı gibi ışık geçirgenliğini azaltarak sucul bitkilerin güneş ışığı vasıtasıyla fotosentez yapmasını önlerler (bkz. Şekil 2.3). Çözülmüş oksijen miktarının azaltan bu durum su sahanlığında yaşayan bentik canlıların ekosistemini olumsuz etkiler (Ünlü vd. 2008).



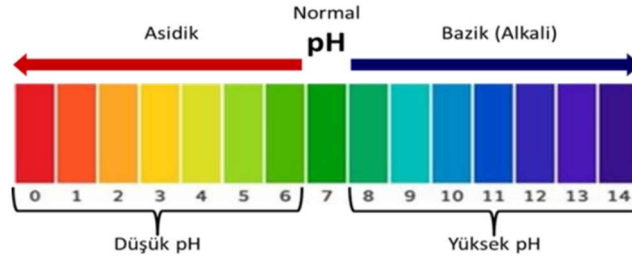
Şekil 2.3 Türene göre Spektral Yansımaya - Dalga Boyu gösterimi (İnt. Kyn. 9).

2.2.2 Sıcaklık

Su kaynağının sıcaklığının artması mikroorganizmaların üremesinde önemli bir rol almaktadır. Sıcaklığın artmasıyla beraber yeterli kirlenme sonucunda besin bulan mikroorganizmalar üremeye döngüsüne girmektedir. Bu durumun su kaynağındaki kirliliği önemli ölçüde etkilemektedir. Su sıcaklığının arttığı dönemlerde su kaynaklarının kıyı çizgisinde önemli daralmalar görülmektedir (İnt. Kyn. 8).

2.2.3 pH

Bir çözeltinin asidik veya bazik olduğunu tayin etmek için pH ölçümü yapılmaktadır. Yapılan bu ölçümün sonuçları 0 ile 14 arasında değerler almaktadır. Değerin 7 çıkması çözeltinin nötr olduğunu göstermektedir. 0 ile 6,9 arasındaki değerler asidik, 7,1 ile 14 arasındaki değerler bazik olarak adlandırılır (bkz. Şekil 2.4). pH su kaynağındaki kimyasal kirliliğin bir göstergesi olarak bilinmektedir. Bu değerlerdeki değişim sucul ekosistemde canlı yaşamı için olumsuz etkileri bulunmaktadır. (Stevenson vd, 2015)



Şekil 2.4 pH seviyeleri (Batur 2019).

2.3 Literatür Taraması

Al-Adamat (2017) yaptığı çalışmada CBS sistemlerini kullanarak Yüzeysel su kirliliğini araştırmıştır. Kirliliğin bağlı olduğu parametreleri araştırmak için Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon tekniklerini altı(6) farklı giriş faktörü üzerinden araştırmıştır. Bu endekste, CBS ortamında Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon teknikleri, toplam yüzey suyu kirliliğe duyarlılık skorlarını 6 faktör kullanarak hesaplamak için kullanmıştır. Oluşturulan modelde insan faktörü; kentleşme etkisi, tarım alanlarının etkisi ve yolların etkileşimi yer alırken doğal faktörler ise yüzeysel akarsulara ve kara sınırına uzaklık etkileri gradyan eğimi (yön türev) olarak ele alınıp değerlendirilmiş ve alansal duyarlılık etkileri sunmuştur.

Mutlu vd. (2017) Sivas Topalyurdu barajı Kasım 2015 ile Aralık 2016 tarihleri arasında ölçülen veriler ile yaptıkları çalışmada, yerinde test yöntemleriyle kimyasal kirleticilerin; Sıcaklık, pH, tuzluluk ve elektriksel iletkenlik parametreleriyle rezervuarın yüzey suyu kalitesini değerlendirmişlerdir.

Žižala vd. (2016) Çekya’da yaptıkları çalışmada potansiyel tarım alanlarının önemli sorunlarından biri olan erozyonun gözlemlenmesi amacıyla Sentinel-2, Landsat-8, ortofoto görüntüleri kullanılmıştır. Görüntülerden oluşturulan imza verileri çözünürlüğü düşük olduğundan bu amaçla harici VNIR ve SWIR algılayıcılar kullanılarak oluşturulmuştur. Alan, insansız hava araçları (drone) ile taranmıştır. Oluşturulan görüntü profilleri ile erozyonun miktarı saptanmıştır.

Coskun vd. (2006)’nin yaptıkları çalışmada bilgisayar tabanlı coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleriyle UTM koordinat sistemine göre kullanılan SPOT-PAN, XS ve IRS-1C / D PAN verileri Landsat-TM ve LISS-III ile kalibre edip kullanmışlardır. 1993 ile 2000 yılları arasında değerlendirerek Terkos gölüne ait UA verilerine dönüştürüp, İstanbul Teknik Üniversitesi Laboratuvarlarında yerinde ölçüm verileri kalibrasyon için kullanmışlardır. Oluşturulan modellerde dört farklı sınıfta kirlilik ortaya konulmuştur.

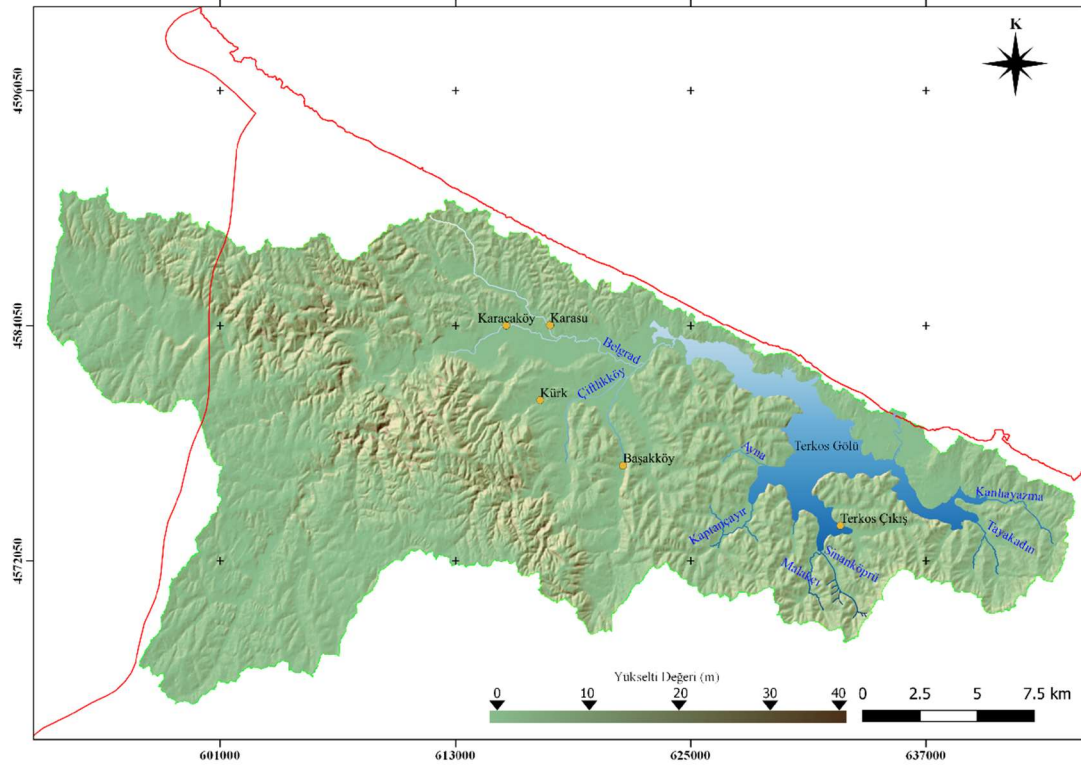
Bonanse vd. (2019) yaptıkları çalışmada Arjantin’de Cordoba bölgesi içerisinde yer alan Rio Tercero rezervuarı üzerinde Sentinel-2 görüntülerini kullanarak Seki Disk (SDT) şeffaflığını tahmin etmek için bir algoritma oluşturmuş ve doğrulamak için alansal gözlemlerle değerlendirmişlerdir. Sentinel-2 misyonunun bir su kalitesi karakteristiğini tahmin edip haritalayarak su sistemlerinin mevcut değerlendirmesine ve anlaşılmasına önemli bir katkı sağlama yeteneklerini göstermektedir.

Coskun ve Yalcin (2014)’in yaptıkları çalışmada İstanbul ili Büyükçekmece içme suyu rezervuarında farklı tarihlerdeki uydu verilerini kullanarak kirlilik düzeyini gelişimini ve tahminini ölçmek amacıyla sınıflandırma yapmıştır. Oluşturulan modelde şehirdeki hızlı nüfus artışı, endüstriyel, yetersiz alt yapı ve yasa dışı yapılaşmanın su kirliliği üzerinde etkili olduğunu aynı zamanda içme suyu üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir.

Jaelani ve Ratnaningsih (2018)’in Endonezya’da yaptıkları çalışmaya göre on beş öncelikli koruma alanından biri olan Matano ve Towuti tatlı su kaynaklarının üzerinde Sentinel-2 uydu görüntüleri ile bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algorithmada önceki çalışmalarında ortaya koydukları TSS, Chl-a ve CDOM model denklemlerini kullanarak yüzeysel sularda ve göl yüzeyinde su kalite parametrelerini oluşturmuşlardır.

Potes vd. (2018), Portekiz’in güneydoğusunda bulunan Alqueva rezervuarına ait ENVISAT-1 / MERIS ile Sentinel-2 çoklu spektrum görüntülerini UA yansımaları klorofil-a ve su bulanıklığı karşılaştırılmıştır. Gözlem ve Tahmin istasyonları yerinde ölçümleri yaklaşım teyit edilmiştir. Oluşan farklılığın yüzeysel sularda gerçekleşen çiçeklenme etkisinden olduğu kanısına varılmıştır.

yönleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı paket programlar ile çıkartılmış ve toplanma noktasına göre ağırlıkça derecelendirilmiştir. Terkos alt havzasını beslediği düşünülen bu akarsu kolları İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri (İSKİ) alınan bilgilerle teyit edilmiştir. İSKİ gözlem noktalarını görebilecek bir biçimde genişletilen göl yüzeyi toplamda 37 km² olarak bulunmuştur. Gözlem noktaları aktif akarsu yollarını içine alacak şekilde konumlandırılıp gösterilmiştir (bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Çalışma alanı Terkos alt havzası, Terkos gölü ve gölü besleyen akarsu kolları.

Terkos gölünü besleyen su kaynakları Binkılıç, Karamandere, Yeniköy, Çiftlikköy, Başakköy, Mandıra, Kürk, Karacaköy Dereleri ve Belgrat Ormanları'nın küçük dereleridir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2017).

Göl-Akarsu çevresi Arnavutköy sınırları içerisinde; Balaban, Yassören, Boyalık, Baklalı, Karaburun mahallerinin yanı sıra İstanbul Havalimanı bulunmaktadır. Göl-Akarsu çevresi Çatalca İlçe sınırları içerisinde; Örencik, Celepköy, Yazlıkköy, Ormanlı, Belgrat, Karacaköy, Çiftlikköy, Oklalı, Kalfaköy, Karamandere, Başakköy ve Hisarbeyli Mahalleri bulunmaktadır. Bu mahalleler 2018 yılı sonrasında Havalimanı, Arnavutköy

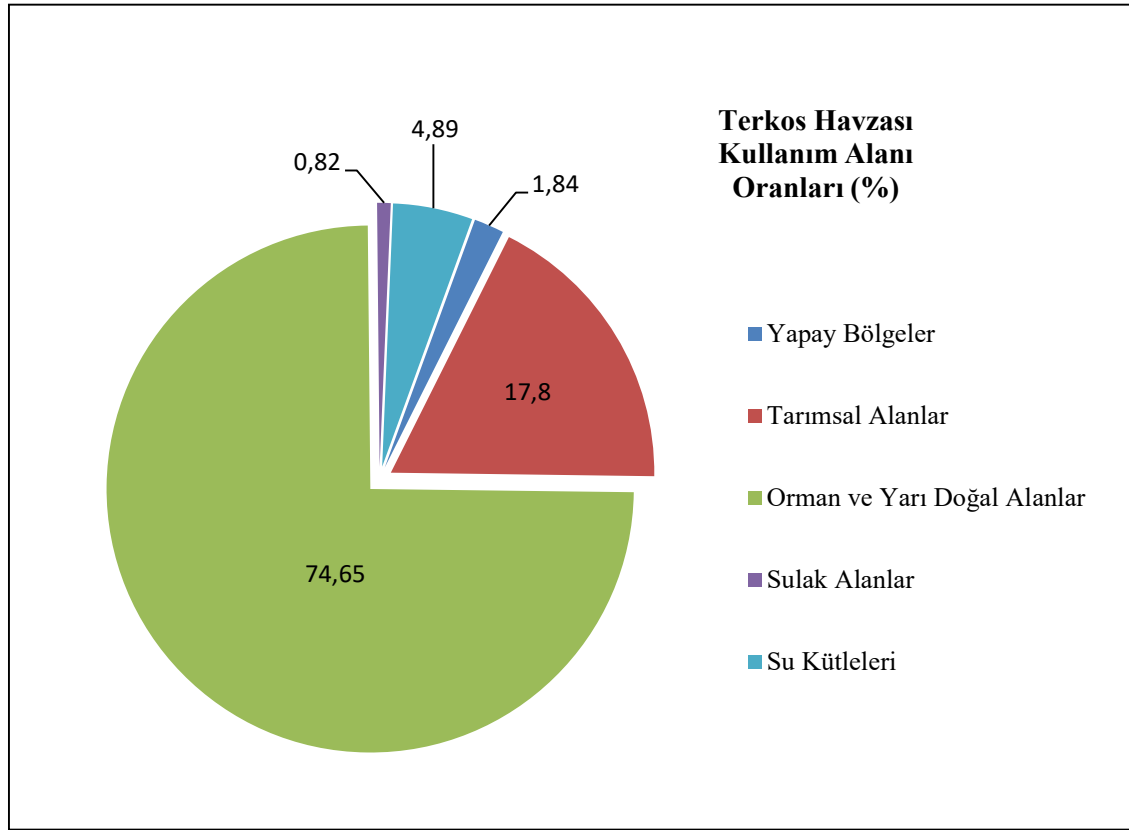
çevresi Kentsel Dönüşüm Projeleriyle ve İmar Barışı noktasında yapılaşma baskısındadır. Yıllara göre içme suyu kaynaklarında bu baskının etkileri gözlemlenmeye çalışılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Corine Projesi kapsamında 2018 yılına ait verilerine göre Terkos Havzası alansal kullanım şeması oluşturulmuştur. Oluşturulan bu şema Terkos Havzasına ait alanların kendi içerisinde sınıflarına ait fikir vermektedir (bkz. Çizelge 3.1, Çizelge 3.2, Şekil 3.3, Şekil3.4).

Çizelge 3.1 Terkos Havzasına göre belirlenen alansal kullanım (İnt.Kyn.1).

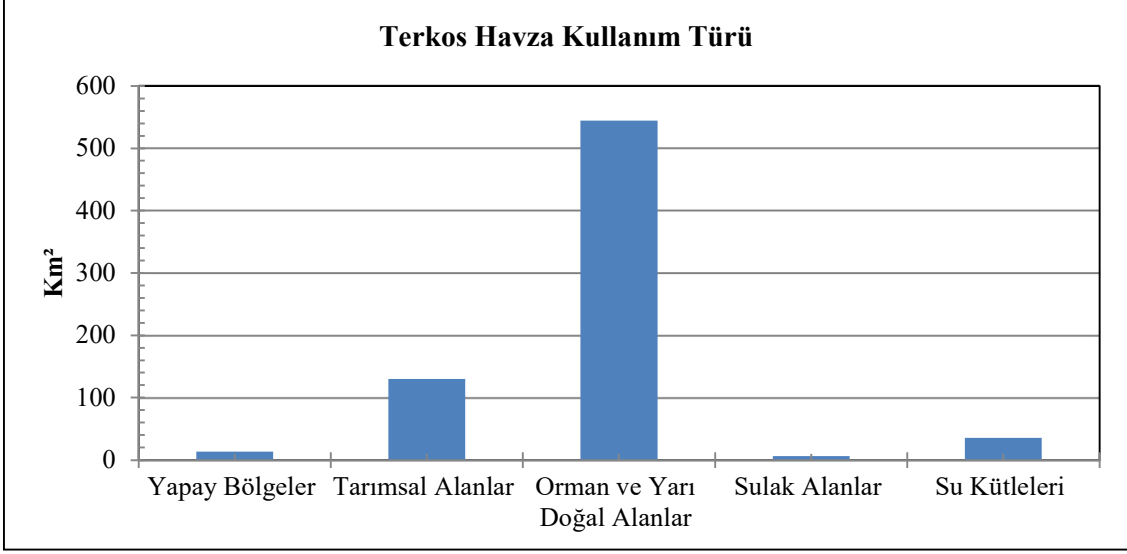
Corine 2018 Bölgesel Raporu		
Katman	Alan (km²)	Yüzde (%)
Geniş Yapraklı Ormanlar	504,80	69,20
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	60,46	8,29
Doğal Bitki Örtüsü İle Karışık Tarım Alanları	43,32	5,94
Su Kütleleri	35,05	4,80
Bitki Değişim Alanları	20,63	2,83
İğne Yapraklı Ormanlar	13,59	1,86
Sulanmayan Karışık Tarım Alanları	12,18	1,67
Pirinç Tarlaları	9,88	1,35
Sürekliği Olmayan Yerleşim Alanları	6,26	0,86
İnşaat Sahaları	6,13	0,84
Bataklıklar	5,98	0,82
Karışık Ormanlar	4,54	0,62
Mera Alanları	2,24	0,31
Sürekli Sulanan Alanlar	1,45	0,20
Doğal Çayırliklar	0,76	0,10
Su Yolları	0,57	0,08
Maden Çıkarım Sahaları	0,52	0,07
Sürekliği Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	0,51	0,07
Üzüm Bağları	0,32	0,04
Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	0,25	0,03
Denizler	0,09	0,01
Toplam	729,50	100

Çizelge 3.2 Terkos Havzası türüne göre alansal dağılım (İnt.Kyn.1).

Havza Kullanım Türüne Göre		
	Alan (km²)	Yüzde (%)
Yapay Bölgeler	13,42	1,84
Tarımsal Alanlar	129,83	17,8
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	544,56	74,65
Sulak Alanlar	5,98	0,82
Su Kütleleri	35,70	4,89
Toplam	729,50	100



Şekil 3.3 Terkos Havzasına göre kullanım alanının dağılımı (İnt.Kyn.1).



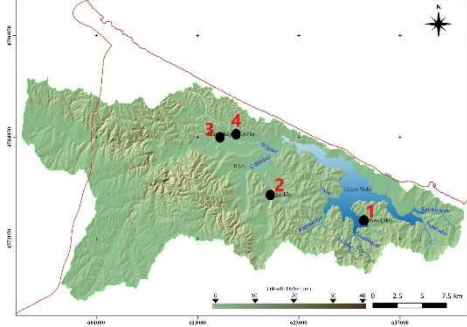
Şekil 3.4 Terkos havzası kullanım türüne göre alansal dağılımı (İnt.Kyn.1).

Terkos havzası şehir merkezinden uzak bir konumda yer almaktaydı. Ekolojik etkiler yönünden bakıldığında bu zamana kadar havza sınırları içerisinde tarımsal faaliyetlerin havza içi sorunların birincil sebebi olduğu görülmektedir. Alansal olarak kısa mesafeli yapılan uygulamalar erozyona neden olmakta ve tarımsal zirai ilaçlama havza içindeki su kaynaklarını önemli ölçüde kirletmektedir. Uluslararası düzeyde bu alan; doğal bitki, tabiat ve sit alanı olarak yaban hayatını koruma sahası olarak ilan edilmektedir (Özhatay vd. 2003).

Çalışma alanına ait İSKİ tarafından yerinde ölçülmüş değerleri verilmiştir (bkz. Çizelge 3.4 ve 3.5). Terkos göl üzerinde yapılan pH ölçümleri verilmiştir (bkz. Çizelge 3.4). Terkos gölünü besleyen derelere ait sıcaklık, pH ve TAKM değerleri verilmiştir (bkz. Çizelge 3.5). Ölçüm yapılan kollara ait nokta koordinatları verilmiştir (bkz. Çizelge 3.3)

Çizelge 3.3 Gözlem noktaları koordinatları (İSKİ 2021).

No	Su Kaynakları	Kuzey	Doğu
1	Terkos Gölü	41,305212	28,65843
2	Başakköy Dere	41,3346	28,45251
3	Karacaköy Dere	41,39989	28,38272
4	Karasu Dere	41,39965	28,40947



Çizelge 3.4 Terkos Gölü (Taşoluk) su analizi sonuçları (İSKİ 2021).

İSKİ ANALİZ TARİHLERİ	PH
14.08.2015	8,27
13.05.2016	7,55
5.08.2019	8,04
2.10.2019	8,32
17.12.2019	7,84
5.02.2020	7,82
21.04.2020	7,89
6.07.2020	8,03
5.10.2020	7,97
27.10.2020	7,98
30.11.2020	7,97

Çizelge 3.5 Terkos Gölünü besleyen derelerin su analiz sonuçları (İSKİ 2021).

TERKOS GÖLÜNÜ BESLEYEN DERE VE SONUÇLARI				
NOKTA İSMİ (KAYNAK NOKTA KODU)	Tarih	Sıcaklık C°	pH -	TAKM (gr/m³)
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	4.08.2015	24,9	7,35	15,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	4.05.2016	14,8	7,94	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	4.08.2019	22,2	7,99	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	25.09.2019	15,7	7,65	16,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	6.12.2019	8,0	7,97	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	11.02.2020	7,5	7,6	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	10.03.2020	11,6	7,98	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	9.07.2020	20,5	7,59	10,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	4.11.2020	11,3	7,80	14,0
TERKOS 4 BAŞAKKÖY	12.01.2021	11,1	8,50	105
TERKOS 8 KARACAKÖY	4.08.2015	25,9	7,68	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	4.05.2016	14,7	7,80	20,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	4.08.2019	24,6	7,82	24,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	25.09.2019	18,1	7,69	13,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	6.12.2019	7,7	7,87	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	11.02.2020	7,1	7,73	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	10.03.2020	12,2	7,97	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	9.07.2020	23,5	7,57	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	6.10.2020	20,0	8,08	10,0
TERKOS 8 KARACAKÖY	4.11.2020	13,0	7,66	10,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	4.08.2015	20,9	7,80	20,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	4.05.2016	13,3	7,73	95,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	4.08.2019	22,1	8,36	72,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	25.09.2019	20,2	8,20	43,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	6.12.2019	9,9	7,73	84,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	11.02.2020	9,5	7,49	50,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	10.03.2020	13,4	7,81	17,0
TERKOS 9 İSTRANCA AÇIK KANAL (KARASU)	9.07.2020	23,3	7,78	40,0

3.2 Sentinel-2 Görüntüleri

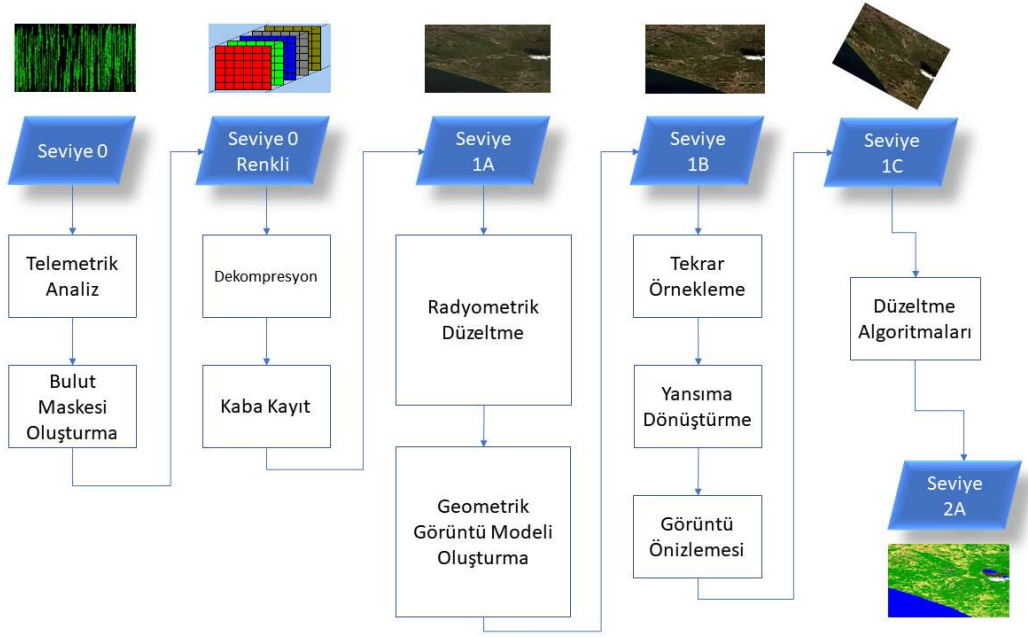
Sentinel-2 görüntüleri Copernicus Projesi kapsamında Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından farklı tarihlerinde alınan uydu görüntülerini kapsamaktadır (bkz. Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 İndirilen Sentinel-2 görüntü tarihleri ve isimleri (İnt. Kyn. 6).

Tarih (Gün-Ay-Yıl)	Dosya İsimleri	Radyometrik Çözünürlük	Bant Sayısı
12.08.2015	S2A_MSIL1C_20150812	12 bit	13
8.05.2016	S2A_MSIL1C_20160508	12 bit	13
1.08.2019	S2A_MSIL1C_20190801	12 bit	13
30.09.2019	S2A_MSIL1C_20190930	12 bit	13
14.12.2019	S2A_MSIL1C_20191214	12 bit	13
2.02.2020	S2A_MSIL1C_20200202	12 bit	13
17.04.2020	S2A_MSIL1C_20200417	12 bit	13
1.07.2020	S2A_MSIL1C_20200701	12 bit	13
4.10.2020	S2A_MSIL1C_20201004	12 bit	13
24.10.2020	S2A_MSIL1C_20201024	12 bit	13
28.11.2020	S2A_MSIL1C_20201128	12 bit	13

Bu bağlamda görüntülerin projeksiyonları aynı olanlar ve yüzde on (%10) bulutluluk oranı sınırlandırılacak biçimde seçim yapılmıştır. Seçilen görüntüler 2015-2021 yılları arasında kısa dönemlik (aylık- iki aylık), mevsimlik olmasına dikkat edilerek seçim yapılmıştır.

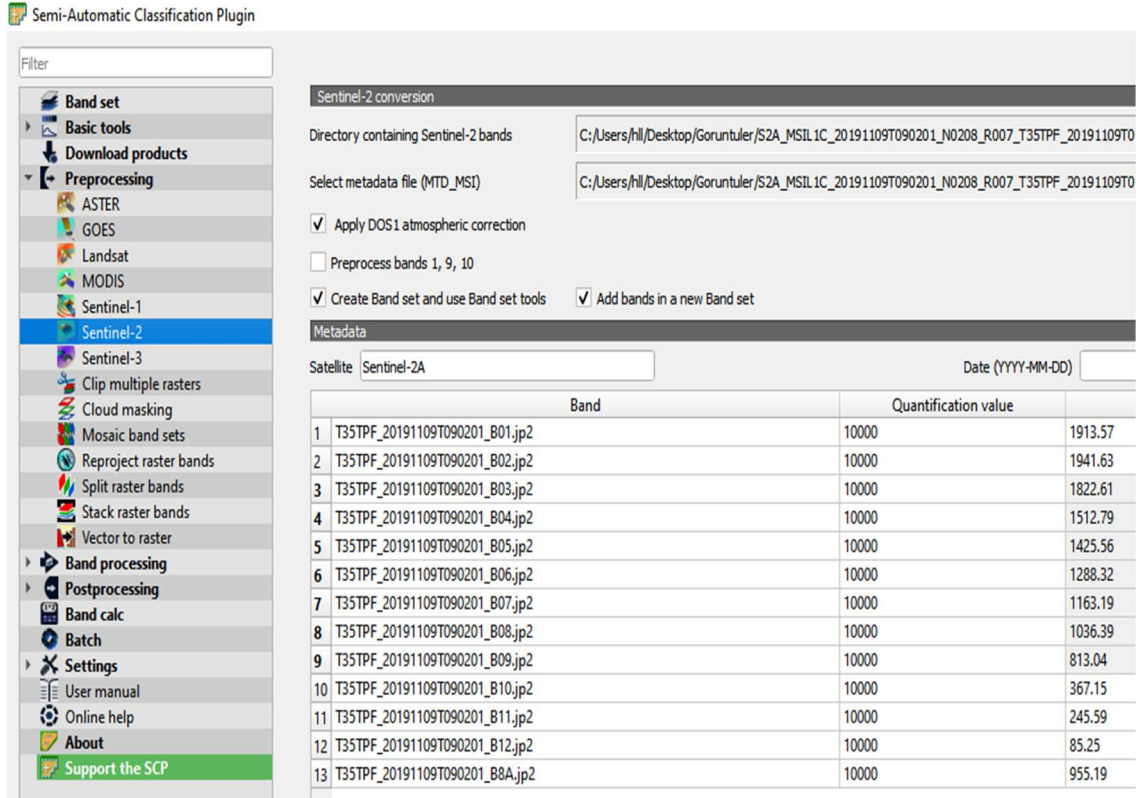
Yapılabilecek düzeltmelere uygun olabilmesi amacıyla “S2A_MSIL1C_Tarih” li görüntüler seçilmiştir. L1C seviyesindeki görüntüler kullanıcıların L2A seviyesine geçilmesine olanak tanımaktadır (bkz. Şekil 3.5). Görüntü dosyasında Sentinel-2A (S2A) olarak uydu ismi, Multi-Spektral görüntüleme (MSI) ve Görüntü işleme seviyesini (L1C) olarak alınan tarihle birlikte görüntü adlandırılmaktadır.



Şekil 3.5 Sentinel-2 Çoklu algılayıcılardan gelen sinyalin işleme prosesi (ESA 2015).

Bu görüntüler üzerine farklı algoritma düzeltmelerinin uygulandığı ve performansının sınındığı çalışmalar mevcuttur. ESA'nın sunduğu ve kendi düzeltmesinin yaptığı "S2A_MSIL1A_Tarih" li görüntüleri, bir deneme grubu oluşturulmuş ve istenilen performansı vermeyeceği kanısı oluşmuştur.

Alınan görüntülerde öncelikli Atmosferik-Sirüs düzeltmeleri ile görüntü yansımaya değerleri sıfır ila bir değerleri arasına çekilip işlemler yapılmıştır. ESA'nın sunduğu "S2A_MSIL1A_Tarih"li görüntüleri ile "S2A_MSIL1C_Tarih"li Sentinel-2 görüntüleri SNAP yazılımı üzerinden Sen2Core eklentisi ile yapılmıştır. (bkz. Resim 3.2).



Resim 3.1 QGIS versiyon 3.10 yazılım arayüzü SCP eklentisi.

Açık kaynak kodlu yazılımlar farklı algoritma düzeltmelerini günümüzde çeşitliğinin artmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle Phyton yazılım dili tabanlı geliştirilen Sen2Cor versiyon 2.08 yazılımı DOS ekranından görüntü ve gürültü giderilmesi için kullanılmıştır. Bu bir dizi düzeltme ve gürültü giderme algoritmasını oluşturmaktadır (bkz. Resim 3.2) (ESA 2016).


```

Progress[%]: 3.59 : PID-3880, L2A_CSND_1_2 , elapsed time[s]: 1.981, total: 0:01:56.954000
Progress[%]: 3.61 : PID-3880, L2A_CSND_2_0 , elapsed time[s]: 0.664, total: 0:01:57.618000
Progress[%]: 3.66 : PID-3880, L2A_CSND_2_1 , elapsed time[s]: 1.369, total: 0:01:58.987000
Progress[%]: 3.69 : PID-3880, L2A_CSND_2_1_2 , elapsed time[s]: 0.794, total: 0:01:59.781000
Progress[%]: 3.71 : PID-3880, L2A_CSND_2_2 , elapsed time[s]: 0.529, total: 0:02:00.310000
Progress[%]: 3.76 : PID-3880, L2A_CSND_2_3 , elapsed time[s]: 1.420, total: 0:02:01.730000
Progress[%]: 3.84 : PID-3880, L2A_CSND_2_4 , elapsed time[s]: 1.961, total: 0:02:03.691000
Progress[%]: 3.93 : PID-3880, L2A_CSND_2_5 , elapsed time[s]: 2.450, total: 0:02:06.141000
Progress[%]: 3.93 : PID-3880, L2A_SnowPostProcessingCCI , elapsed time[s]: 0.015, total: 0:02:06.156000
Progress[%]: 4.01 : PID-3880, L2A_CSND_3 , elapsed time[s]: 2.193, total: 0:02:08.349000
Progress[%]: 4.10 : PID-3880, L2A_CSND_5_1 , elapsed time[s]: 2.468, total: 0:02:10.817000
Progress[%]: 4.24 : PID-3880, L2A_CSND_5_2 , elapsed time[s]: 3.775, total: 0:02:14.592000
Progress[%]: 4.34 : PID-3880, L2A_CSND_6 , elapsed time[s]: 2.911, total: 0:02:17.503000
Progress[%]: 4.43 : PID-3880, L2A_CSND_6_2 , elapsed time[s]: 2.246, total: 0:02:19.749000
Progress[%]: 4.49 : PID-3880, L2A_CSND_7 , elapsed time[s]: 1.758, total: 0:02:21.507000
Progress[%]: 6.25 : PID-3880, L2A_SHD , elapsed time[s]: 47.637, total: 0:03:09.144000
Progress[%]: 6.36 : PID-3880, DV recovery , elapsed time[s]: 3.231, total: 0:03:12.375000
Progress[%]: 6.46 : PID-3880, WP recovery , elapsed time[s]: 2.547, total: 0:03:14.922000
Progress[%]: 6.46 : PID-3880, WP recovery with CCI Water Bodies at 150m , elapsed time[s]: 0.013, total: 0:03:14.935000
Progress[%]: 6.60 : PID-3880, Snow recovery , elapsed time[s]: 3.758, total: 0:03:18.693000
Progress[%]: 6.64 : PID-3880, Soil recovery , elapsed time[s]: 1.026, total: 0:03:19.719000
Progress[%]: 6.64 : PID-3880, Land recovery with B10, B09 and B8A , elapsed time[s]: 0.012, total: 0:03:19.731000
Progress[%]: 6.64 : PID-3880, Cirrus recovery with B10 , elapsed time[s]: 0.012, total: 0:03:19.743000
Progress[%]: 6.64 : PID-3880, Urban and Bare pixel recovery with CCI Land Cover Map at 300 m , elapsed time[s]: 0.014, total: 0:03:19.757000
Progress[%]: 6.64 : PID-3880, Post process , elapsed time[s]: 0.012, total: 0:03:19.769000
Progress[%]: 6.82 : PID-3880, L2A_ProcessTile: start of Atmospheric Correction, elapsed time[s]: 4.976, total: 0:03:24.745000
Progress[%]: 6.89 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of calculation terrain maps, elapsed time[s]: 1.963, total: 0:03:26.708000
Progress[%]: 6.89 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: start of AOT retrieval at 550nm, elapsed time[s]: 0.011, total: 0:03:26.719000
Progress[%]: 7.34 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of internal classification, elapsed time[s]: 12.102, total: 0:03:38.821000
Progress[%]: 7.39 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of interpolation LUTs, elapsed time[s]: 1.507, total: 0:03:40.328000
Progress[%]: 8.13 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end retrieving reference pixels for dark areas, elapsed time[s]: 19.964, total: 0:04:00.292000
Progress[%]: 9.66 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of check for negative reflectance pixels, elapsed time[s]: 41.680, total: 0:04:41.972000
Progress[%]: 9.83 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: the rescaling of path radiance in blue band has been disabled by configuration, elapsed time[s]: 4.437, total: 0:04:46.409000
Progress[%]: 10.59 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of visibility index calculation, elapsed time[s]: 20.600, total: 0:05:07.009000
Progress[%]: 10.59 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of AOT retrieval at 550nm, elapsed time[s]: 0.009, total: 0:05:07.018000
Progress[%]: 10.59 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: start of water vapour retrieval, elapsed time[s]: 0.009, total: 0:05:07.027000
Progress[%]: 10.63 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of water vapour retrieval preparation, elapsed time[s]: 1.290, total: 0:05:08.317000
Progress[%]: 17.48 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of water vapour retrieval, elapsed time[s]: 185.950, total: 0:08:14.267000
Progress[%]: 17.48 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: preparation of surface reflectance retrieval, elapsed time[s]: 0.015, total: 0:08:14.282000
Progress[%]: 17.81 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of surface reflectance retrieval preparation, elapsed time[s]: 8.995, total: 0:08:23.277000
Progress[%]: 17.81 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: start of surface reflectance retrieval, elapsed time[s]: 0.010, total: 0:08:23.287000
Progress[%]: 22.86 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of surface reflectance retrieval, elapsed time[s]: 136.948, total: 0:10:40.235000
Progress[%]: 22.86 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: start of rho retrieval step 2, elapsed time[s]: 0.023, total: 0:10:40.258000
Progress[%]: 25.09 : PID-3880, L2A_AtmosCorr: end of rho retrieval step 2, elapsed time[s]: 60.713, total: 0:11:40.971000

```

Resim 3.2 Sen2Core versiyon 2.08 yazılımı Disk İşletim Sistemi (DOS) arayüzü.

Sen2Cor yazılımı üst atmosferik görüntü data değerlerini (TOA), alt atmosferik data (BOA) yansımaya değerlerine dönüşümünü içermektedir (Jaelani ve Ratnaningsih 2018). Oluşturulan BOA yansımaya değerleri ($10.000 * \pi$) değerine bölünerek UA yansımaya değerlerine dönüştürülüp kalibre edilmektedir (Vuolo vd. 2016). UA yansımalarına dönüştürülen değerler (R_{rs}) olarak belirtilirken bunların her bir banda karşılık gelen dalga boyları (λ_{Band_No}) ile gösterilmektedir.

Landsat-8 görüntülerinde NDVI görüntüleri oluşturulurken OLI bantlarına QGIS paket programı 3.10 versiyonun da SCP eklentisi kullanılarak yapılmıştır (bkz. Resim 3.1). TIR bantları için paket program yardımı olmaksızın düzeltme faktörleri uygulanmıştır (bkz. Denklem 3.5, Denklem 3.11)

3.3 Landsat-8 Görüntüleri

Landsat-8 görüntüleri %20 veya daha düşük bulutluluk oranı kriteri ile USGS'nin sitesinden indirilmiştir (İnt. Kyn. 7) (Çizelge 3.7).

Landsat-8 görüntülerinde NDVI görüntüleri oluşturulurken OLI bantlarına QGIS paket programı 3.10 versiyonun da SCP eklentisi kullanılarak yapılmıştır (bkz. Resim 3.1). TIR bantları için paket program yardımı olmaksızın düzeltme faktörleri uygulanmıştır (bkz. Denklem 3.5, Denklem 3.11)

Çizelge 3.7 İndirilen Landsat-8 görüntü tarihleri ve isimleri (İnt. Kyn. 7).

Tarih (Gün-Ay-Yıl)	Dosya İsimleri	Radyometrik Çözünürlük	Bant Sayısı
06.09.2015	LC08 L2SP 180031 20150906	12 bit	11
17.09.2019	LC08 L2SP 180031 20190917	12 bit	11
22.12.2019	LC08 L2SP 180031 20191222	12 bit	11
12.04.2020	LC08 L2SP 180031 20200412	12 bit	11
01.07.2020	LC08 L2SP 180031 20200701	12 bit	11

3.4 Kullanılan Algoritmalar

3.4.1 TAKM Tayininde Kullanılan Algoritma

Jaelani vd. (2016) tarafından geliştirilen Landsat 8 uydu verilerinden Sentinel-2 uydu verileri arasında TAKM (TSS) konsantrasyonu belirten denklem kullanılmıştır (Jaelani vd. 2016).

$$\log(TSS_{Jaelani}) = 1,5212 \left(\frac{\log R_{rs}(\lambda_2)}{\log R_{rs}(\lambda_3)} \right) - 0,3698 \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'de $TSS_{Jaelani}$ = TAKM miktarı, $R_{rs}(\lambda_2)$ = UA Sentinel-2 ikinci bandı (Mavi), $R_{rs}(\lambda_3)$ = UA Sentinel-2 üçüncü bandı (Yeşil) değerlerini ifade etmektedir (Jaelani vd. 2016, Jaelani ve Ratnaningsih 2018).

3.4.2 pH Tayininde Kullanılan Algoritma

Pereira vd. (2020) tarafında geliştirilen Landsat-8 uydu verileri ile Sentinel-2 uydu verileri arasında yansımaya değerleri ile ele alınan algorithmada pH değerleri saptanmıştır. Bu değerler Sentinel-2 uydu görüntülerini Sen2core yazılımı yardımıyla düzeltmeleri yapılmıştır. Oluşan yansımaya değerleri denklemlerde uygulanmıştır.

$$NDWI = \frac{R_{rs}(\lambda_3) - R_{rs}(\lambda_8)}{R_{rs}(\lambda_3) + R_{rs}(\lambda_8)} \quad (3.2)$$

Denklem (3.2)'de $NDWI$ = Normalleştirilmiş su indeksini, $R_{rs}(\lambda_3)$ = UA Sentinel-2 üçüncü bandını, $R_{rs}(\lambda_8)$ = UA Sentinel-2 sekizinci bandı değerlerini ifade etmektedir (Pereira vd. 2020).

$$MNDWI = \frac{R_{rs}(\lambda_3) - R_{rs}(\lambda_{11})}{R_{rs}(\lambda_3) + R_{rs}(\lambda_{11})} \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'de $MNDWI$ = Düzeltilmiş normalleştirilen su indeksini, $R_{rs}(\lambda_3)$ = UA Sentinel-2 üçüncü bandını, $R_{rs}(\lambda_{11})$ = UA Sentinel-2 on birinci bandı değerlerini ifade

etmektedir (Pereira vd. 2020).

$$pH_{Pereira} = a + b * NDWI + c * MNDWI + d * MNDWI^2 + e * \sin(f + a) - g * \sin(h * MNDWI) \quad (3.4)$$

Denklem (3.4)'de $pH_{Pereira}$ = pH değerini, $a= 5.502868058$, $b= 0.000268732$, $c= 5.669416074e^{-8}$, $d= 4.014937768e^{-6}$, $e= 0.485758883$, $f= 5.035647409$, $g= 0.375986531$, $h= 2.502132245$, $MNDWI$ = Düzeltilmiş normalleştirilen su indeksini, $NDWI$ = Normalleştirilmiş su indeksi değerlerini ifade etmektedir (Pereira vd. 2020).

3.4.3 Sıcaklık Tayininde Kullanılan Algoritma

Landsat-8 uydu görüntülerinden yüzey sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Yüzey sıcaklığı tayininde kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L - O_i \quad (3.5)$$

Denklem (3.5)'de $L\lambda$ = Üst atmosferik yansımaya değerini, M_L = Bandın ölçülendirme katsayısını, Q_{cal} = Landsat-8 on numaralı bandını, A_L = Banda özgü katsayısını, O_i = Düzeltme katsayısı değerlerini ifade etmektedir.

$$BT = \frac{K_2}{\ln \left[\left(\frac{K_1}{L\lambda} \right) + 1 \right]} - 273.15 \quad (3.6)$$

Denklem (3.6)'de BT = Sıcaklık parlaklık değerini, K_1 ve K_2 banda özgü dönüşüm sabitleri değerlerini ifade etmektedir.

$$NDVI = \frac{R_{rs}(\lambda_5) - R_{rs}(\lambda_4)}{R_{rs}(\lambda_5) + R_{rs}(\lambda_4)} \quad (3.7)$$

Denklem (3.7)'de $NDVI$ = Normalleştirilmiş bitki indeksini, $R_{rs}(\lambda_5)$ = Landsat-8 beş numaralı bandını, $R_{rs}(\lambda_4)$ = UA Landsat-8 dört numaralı bandını ifade etmektedir.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3.8)$$

Denklem (3.8)'de P_v = Bitki örtüsü oranını, $NDVI_{min}$ = NDVI görüntüsü minimum yansıma değerini, $NDVI_{max}$ = NDVI görüntüsü maksimum yansıma değerlerini ifade etmektedir

$$\varepsilon_\lambda = \varepsilon_{v\lambda}P_v + \varepsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C_\lambda \quad (3.9)$$

Denklem (3.9)'de ε_λ = Yüzey yayınım değerini, $\varepsilon_{v\lambda}$ ve $\varepsilon_{s\lambda}$ bitki örtüsü ve toprak yayınım değerlerini, C_λ = Yüzey katsayısı değerini ifade etmektedir.

$$\rho = h \frac{c}{\sigma} = 1.438 * 10^{-2} m K \quad (3.10)$$

Denklem (3.10)'de ρ = Boltzmann, Planck ve ışık hızına bağlı sabit değeri ifade etmektedir.

$$T_s = \frac{BT}{\left\{ 1 + \left[\left(\frac{\lambda BT}{\rho} \right) \ln \varepsilon_\lambda \right] \right\}} \quad (3.11)$$

Denklem (3.11)'de T_s =Kelvin cinsinden yüzey sıcaklık değerini ifade etmektedir (Avdan ve Jovanovska 2016).

3.5 Kullanılan Yazılımlar

3.5.1 Sen2Core

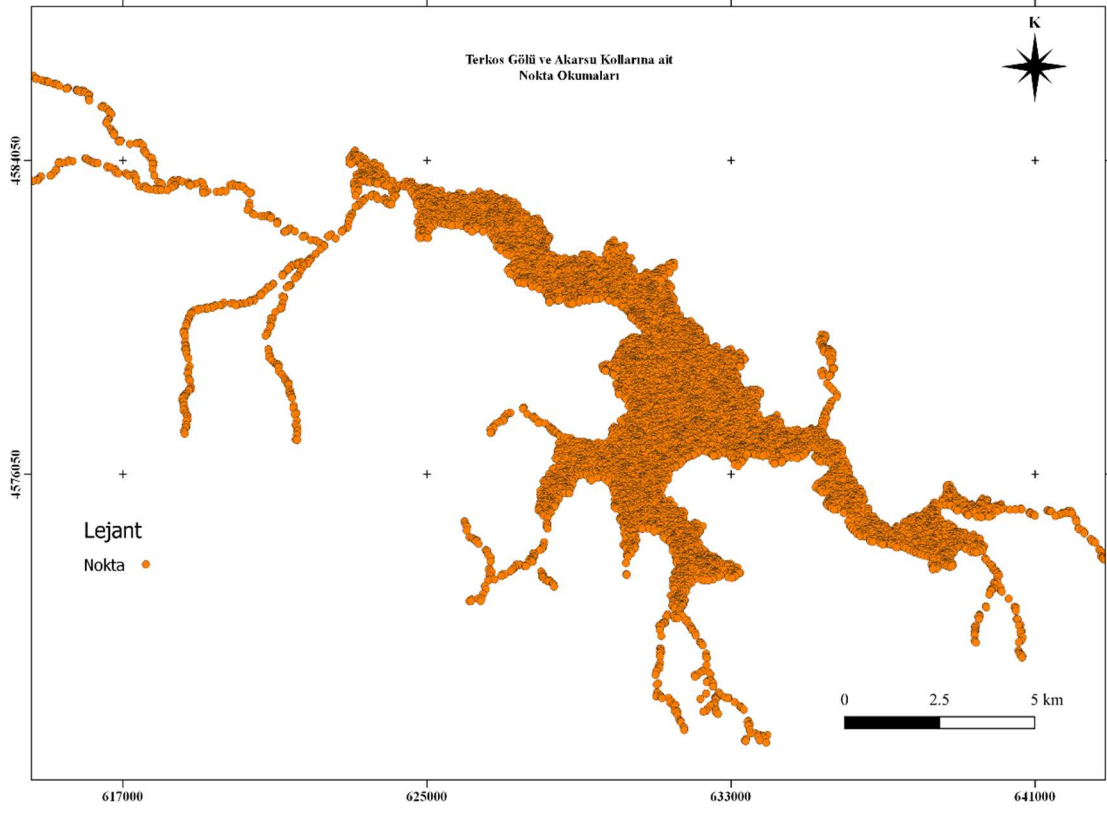
ESA tarafından sağlanan Sentinel-2 görüntüleri indirilmiştir. Python programı versiyon 3 kurulmuştur. “Sen2Cor-02.08.00-win64” paket programı indirilmiştir. Atmosferik-sirüs düzeltmeleri yapılabilmesi amacıyla DOS ekranı üzerinden Sen2Core dosyasına (cd ve dir) komutları yardımıyla giriş yapıldıktan sonra dosyanın DOS ekranına “’L2A_Process.bat’ ‘Dosya konumu’(SAFE)” yazılıp çalıştırılır. Böylelikle bütün düzeltmeler yapılabilmektedir (ESA 2016).

3.5.2 ArcGIS

NASA ve ESA tarafından sağlanan görüntüler indirilmiştir (bkz. İnt. Kyn. 6, İnt. Kyn. 7). ArcGIS versiyon 10.7 kullanılarak Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri ülkemiz projeksiyon değerlerine göre değiştirilmiştir. Bu değişimler 1984 yılında üç boyutlu kartezyen sistemini temel alan WGS-84 seçilmiştir. Çalışma alanına düzen UTM-35 dosya dizgisi seçilerek görüntülere projeksiyon değerleri yüklenmiştir.

HGM’den alınan görüntülerle ArcGIS hidroloji araç kutusundan alt havzalar ve akım değeri yüksek akarsu yolları çıkarılmıştır. Çıkarılan bu alanlar Bing haritaları ile altlık oluşturularak kontrolü sağlanmıştır. Aynı zamanda ArcGIS’te bant kombinasyonları kullanılarak akarsu ve göl alanları çıkartılıp bir (.shp) formatında vektörel formata dönüştürülerek kayıt edilmiştir.

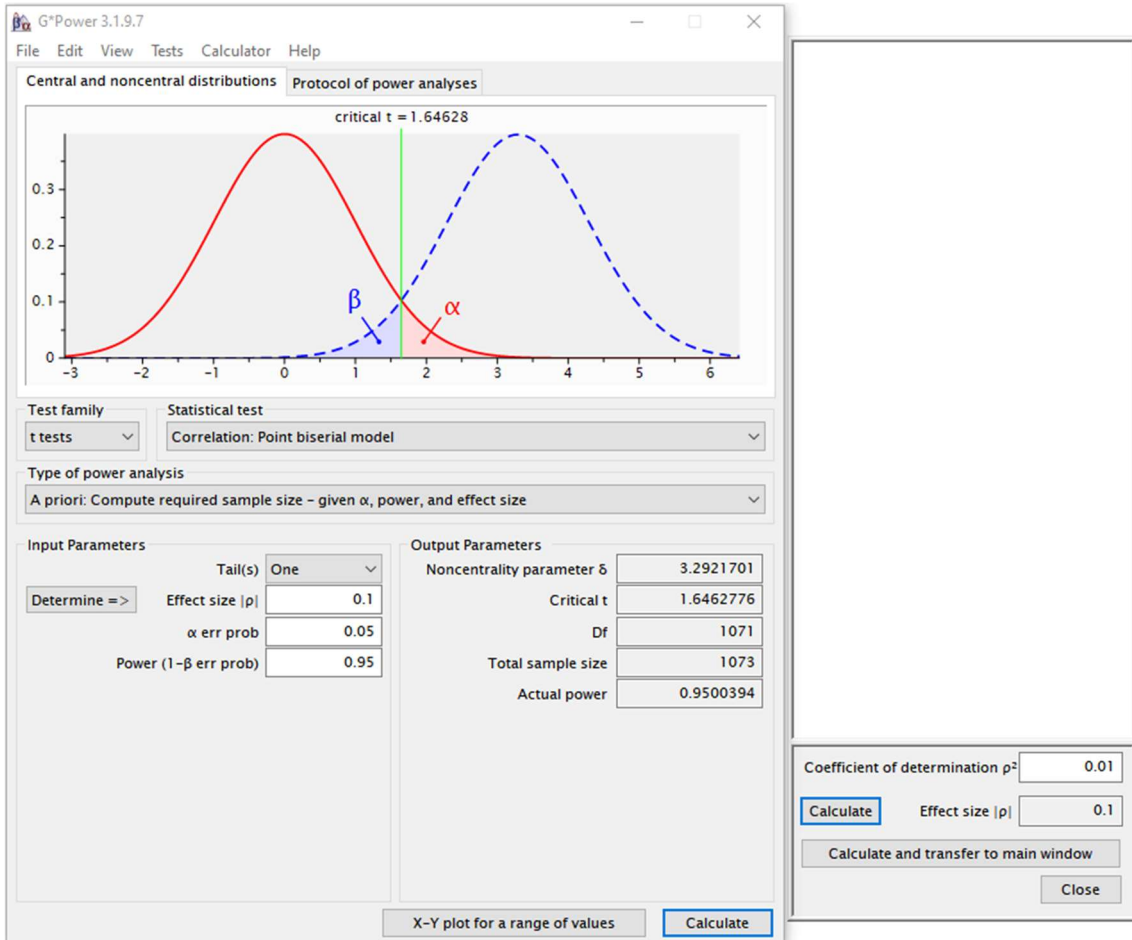
Kayıt edilen vektörel formattaki alan bilgisine göre Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri ArcGIS programı ile kesilmiştir. Kesilen raster formatındaki görüntülerden daha sonra istatistik hesaplarda kullanılmak üzere her bir piksele karşılık gelecek nokta verileri “Create Random Points” araç kutusundan oluşturulmuştur. Homojen dağılmasına dikkat edilmiştir. Her görüntü için oluşturulan 10.000 adet nokta verisinden hatalı piksellerin nokta satırı çıkartılarak 9.733 adet nokta verisi belirlenmiştir (bkz. Resim 3.3).



Resim 3.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde istatistik değerler için okunan noktalar.

3.5.3 GPower

Seçilen noktaların anakütleyi temsiliyeti GPower programı yardımıyla belirlenmiştir. Yaygın olarak kullanılan istatistiksel aralıklar programa girilmiştir (Yazıcıoğlu ve Erdoğan 2004)(bkz. Çizelge 3.8). Hesaplama için kullanılan asgari nokta adedi 1.073 olarak bulunmuştur(bkz. Resim 3.4). Daha yüksek tahmin olasılığı için seçtiğimiz 9.733 adet nokta adedi seçilmiştir.



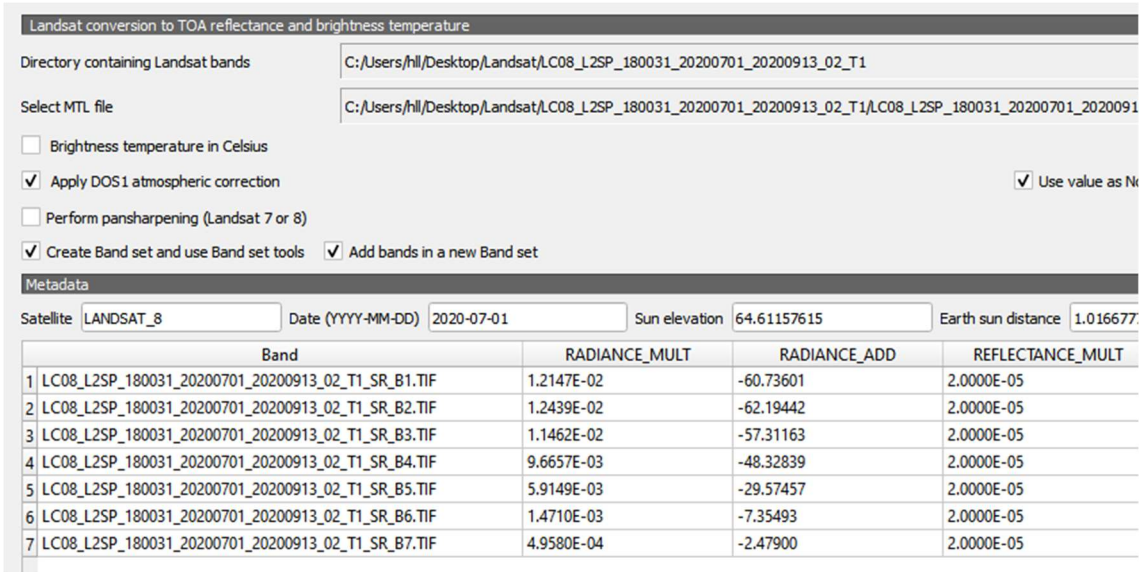
Resim 3.4 Örneklem büyüklüğü için kullanılan GPower versiyon 3.1.9.7 yazılımı arayüzü.

Çizelge 3.8 Örneklem büyüklüğü seçimi ($p < 0,05$; %95) güven aralığında (Yazıcıoğlu ve Erdoğan 2004).

Ana Kütle N	$\pm 0,03$ Örneklem hatası (d)			$\pm 0,05$ Örneklem hatası			$\pm 0,10$ Örneklem hatası		
	p=0,5	p=0,8	p=0,3	p=0,5	p=0,8	p=0,3	p=0,5	p=0,8	p=0,3
100	92	87	90	80	71	77	49	38	45
500	341	289	321	217	165	196	81	55	70
750	441	358	409	254	185	226	85	57	73
1.000	516	406	473	278	198	244	88	58	75
2.500	748	537	660	333	224	286	93	60	78
5.000	880	601	760	357	234	303	94	61	79
10.000	964	639	823	370	240	313	95	61	80
25.000	1.023	665	865	378	244	319	96	61	80
50.000	1.045	674	881	381	245	321	96	61	81
100.000	1.056	678	888	383	245	322	96	61	81
1.000.000	1.066	682	896	384	246	323	96	61	81
100 Milyon	1.067	683	896	384	245	323	96	61	81

3.5.4 QGIS

Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri üzerinde hesaplama ve harita oluşturma işlemleri yapılmıştır. Hesaplama evresinde sadece Landsat-8'in OLI bantları üzerindeki düzeltmeler SCP eklentisi ile yapılmıştır. OLI bantları yardımıyla NDVI görüntüsü oluşturulabilmektedir. Landsat-8 TIR bantları üzerinde SCP eklentisi kullanılmadan denklem 3.5-3.11 arasındaki düzeltme faktörleri Landsat-8 ile birlikte gelen (.mtl) uzantılı metin dosyasından değerler belirlenmiştir (USGS 2019).



Directory containing Landsat bands: C:/Users/hll/Desktop/Landsat/LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1

Select MTL file: C:/Users/hll/Desktop/Landsat/LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1/LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B1.TIF

Brightness temperature in Celsius

Apply DOS1 atmospheric correction Use value as N

Perform pansharpening (Landsat 7 or 8)

Create Band set and use Band set tools Add bands in a new Band set

Metadata

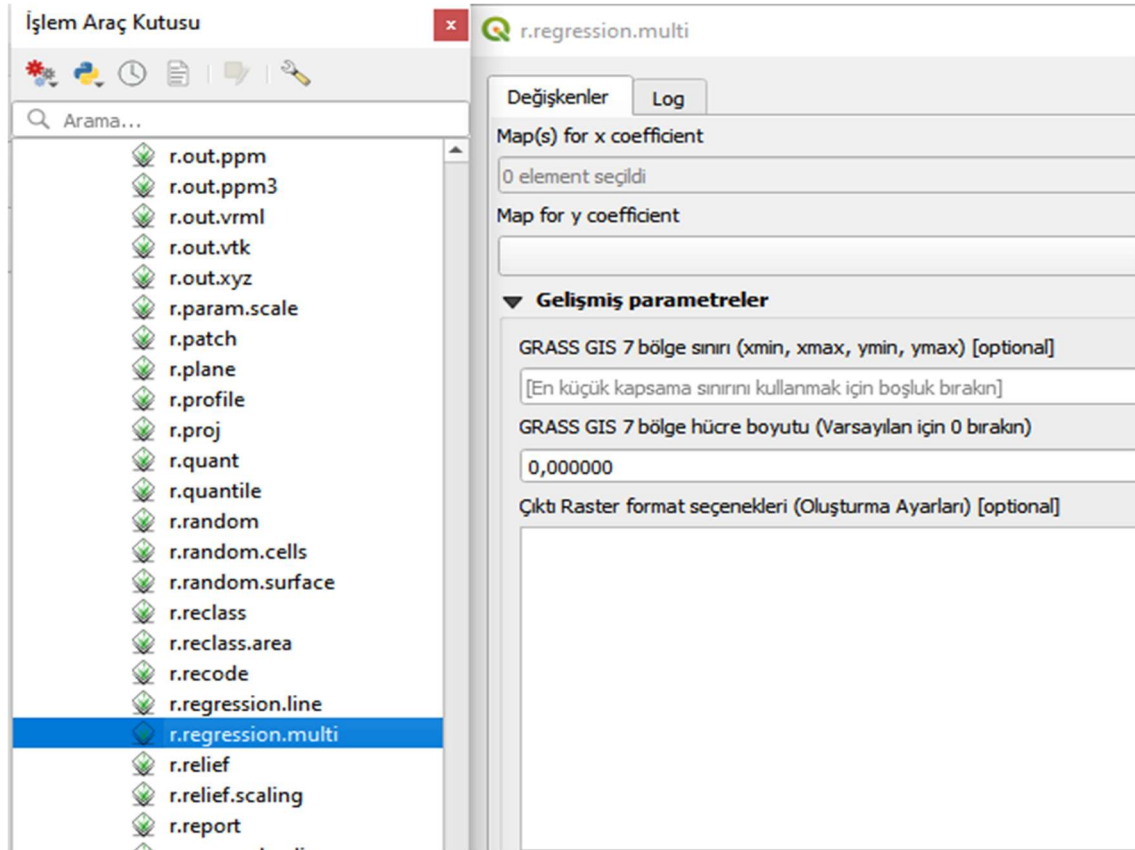
Satellite: LANDSAT_8 Date (YYYY-MM-DD): 2020-07-01 Sun elevation: 64.61157615 Earth sun distance: 1.016677

	Band	RADIANCE_MULT	RADIANCE_ADD	REFLECTANCE_MULT
1	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B1.TIF	1.2147E-02	-60.73601	2.0000E-05
2	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B2.TIF	1.2439E-02	-62.19442	2.0000E-05
3	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B3.TIF	1.1462E-02	-57.31163	2.0000E-05
4	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B4.TIF	9.6657E-03	-48.32839	2.0000E-05
5	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B5.TIF	5.9149E-03	-29.57457	2.0000E-05
6	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B6.TIF	1.4710E-03	-7.35493	2.0000E-05
7	LC08_L2SP_180031_20200701_20200913_02_T1_SR_B7.TIF	4.9580E-04	-2.47900	2.0000E-05

Resim 3.5 Landsat-8 görüntü düzeltmeleri için kullanılan SCP eklentisi.

3.5.5 GRASS

Grass versiyon 7.8.3 programı kullanılarak görüntüler arasında hızlı bir anlamlılık testine tabii tutulmuştur. Sentinel-2 ve Landsat-8 görüntüleri toplu bir biçimde raster formatında yüklendikten sonra aralarındaki regresyon ve korelasyonu (r.regression.multi) araç sekmesi kolaylıkla belirlenebilmektedir (bkz. Resim 3.6)



Resim 3.6 Grass versiyon 7.8.3 yazılımı arayüzü.

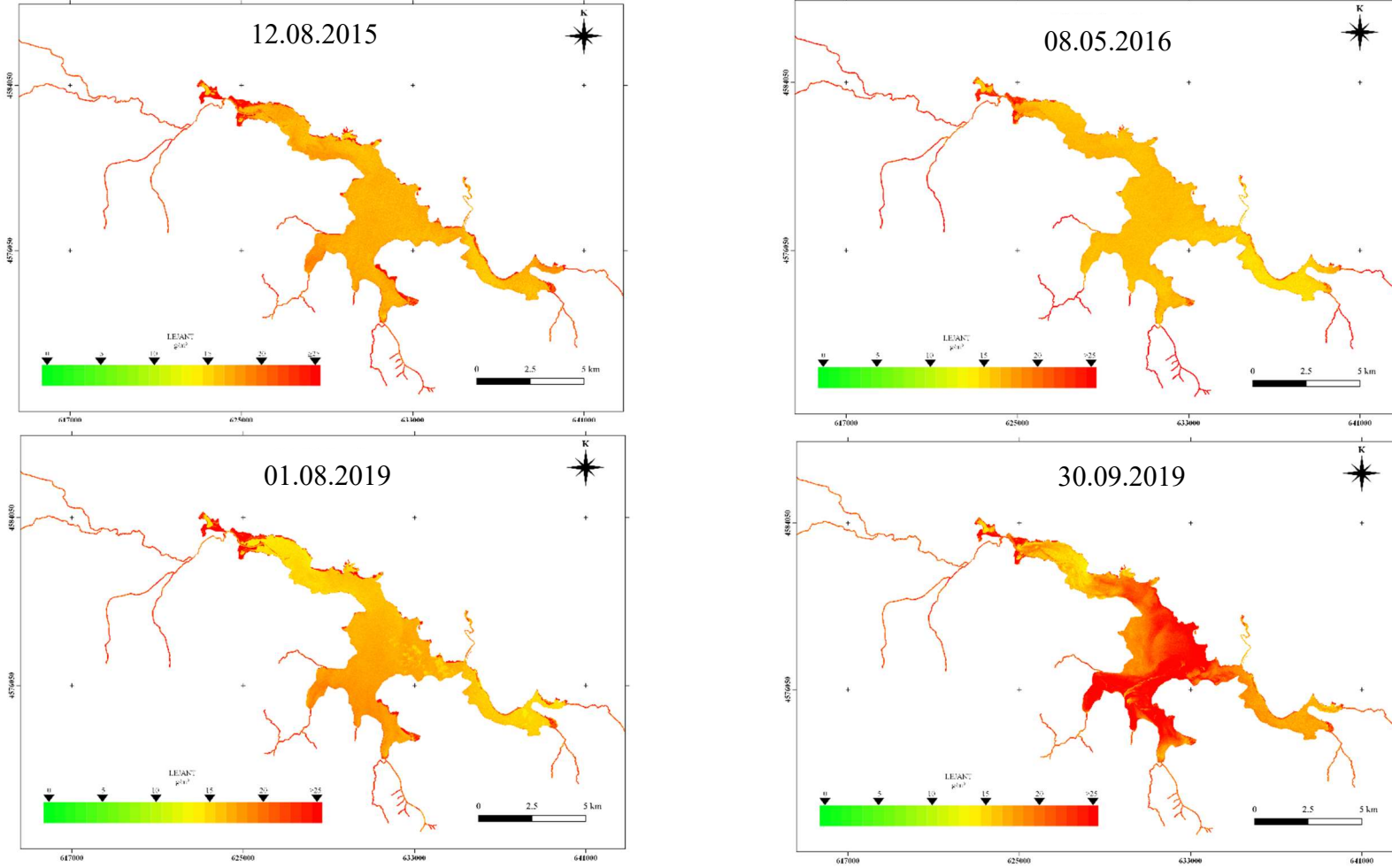
3.5.6 SPSS

Sentinel-2 ve Landsat-8 görüntüleri üzerinde 9.733 adet nokta arasında istatistik verileri elde edebilmek amacıyla SPSS versiyon 21 kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde okunan sonuçlar tablo formatında hazırlanmış ve SPSS programına giriş yapılmıştır. Noktaların tarihlerine göre sütunlar oluşturulmuş. Her bir tarihteki görüntünün gözlemlenen en küçük, en büyük, standart sapma, mod, medyan, ortalama ve varyans değerleri belirlenmiştir.

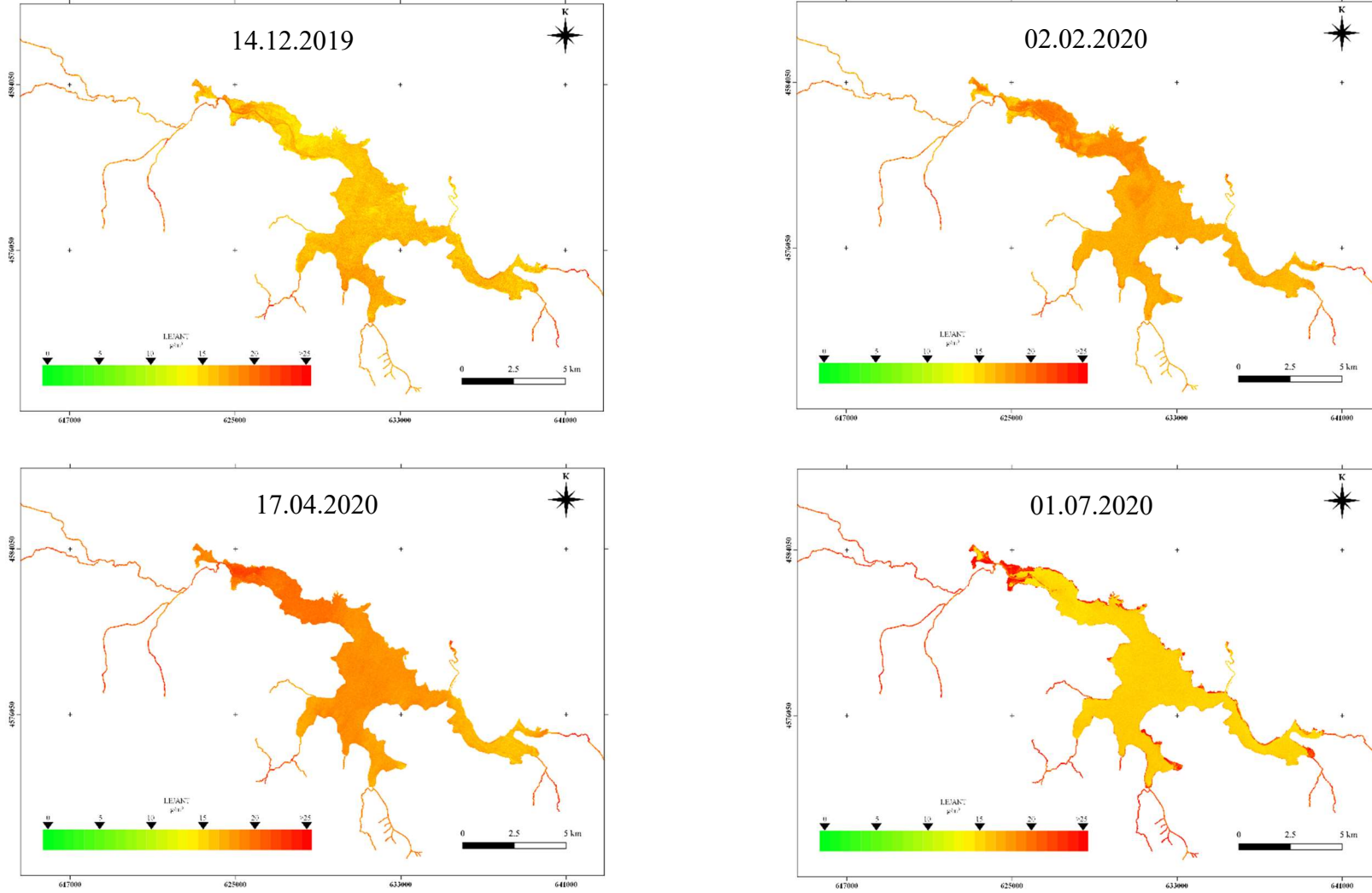
4. BULGULAR

4.1 Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)

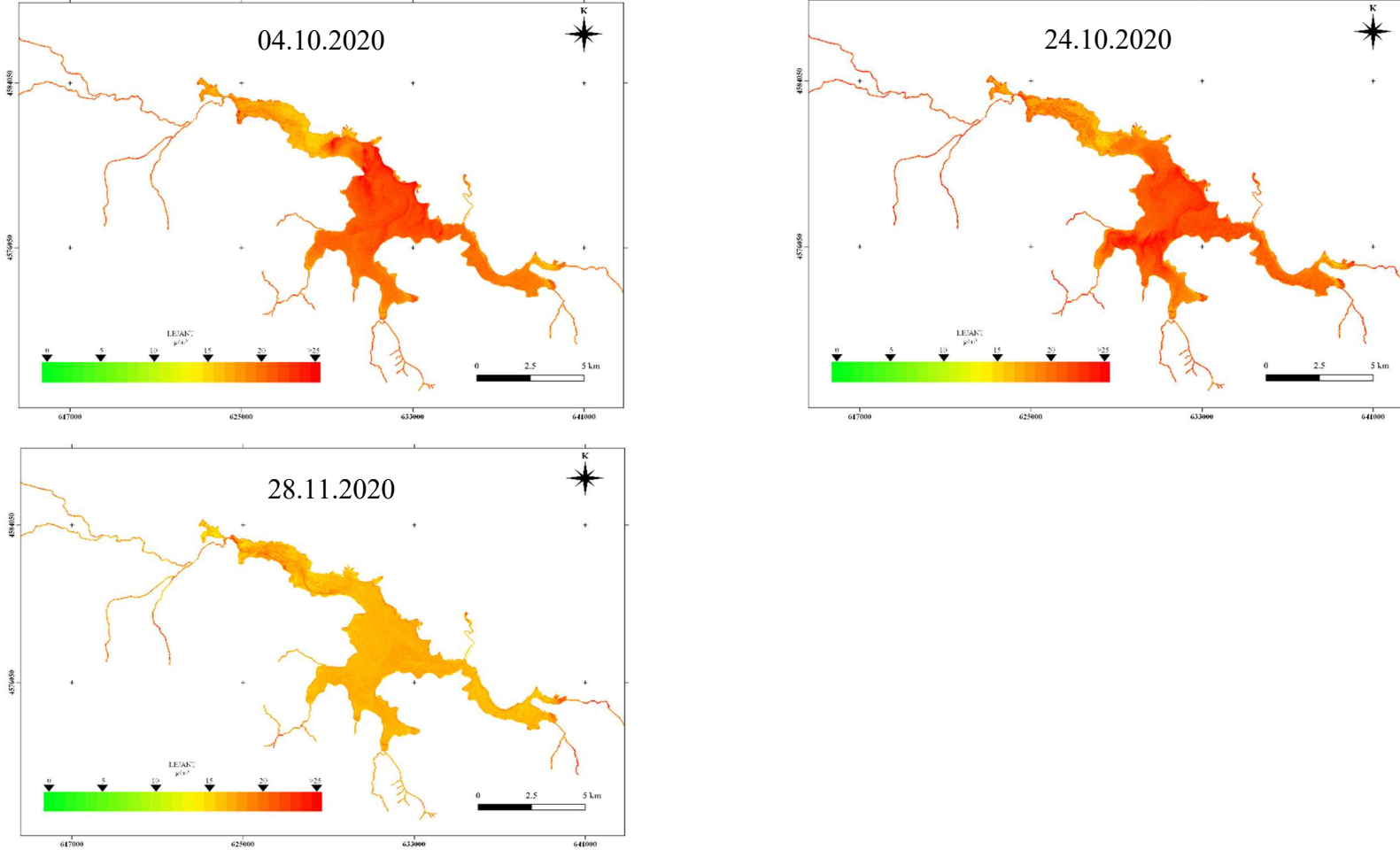
TAKM miktarı değeri için Sentinel-2 görüntüleri indirilmiştir (bkz. Çizelge 3.6). Sen2Core yazılımı kullanılarak görüntü düzeltmeleri yapılmıştır (bkz. Resim 3.2). Yansıma değerleri ilgili bantlara göre QGIS yazılımı ile hesap edilmiştir. Hesaplama denklem (3.1) kullanılarak TAKM miktarı belirlenmiştir. Bulunan değerler ve oluşturulan haritalar on bir farklı tarih için Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Harita değerleri arasındaki istatistiksel sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar harita verilerinden oluşturulan 9733 adet nokta verisinden hesap edilmiştir (bkz. Çizelge 4.1). İSKİ verileri ile kıyaslama yapılmıştır (bkz. Çizelge 4.2). Belirlenen TAKM değerleri ile diğer yerinde gözlem verileri karşılaştırılmıştır (bkz. Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası TAKM konsantrasyon haritaları.



Şekil 4.1 (Devamı) Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası TAKM konsantrasyon haritaları.



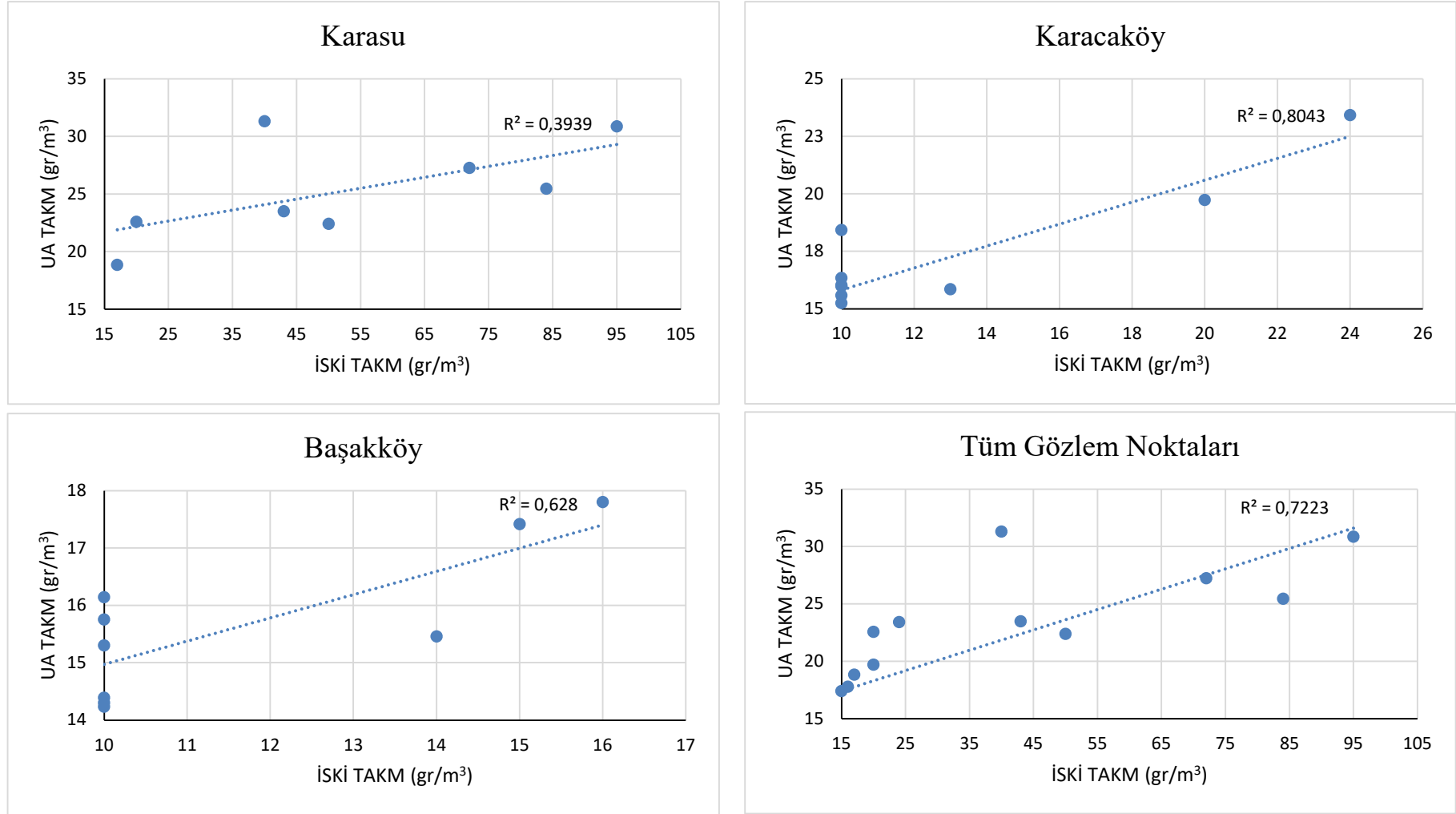
Şekil 4.1 (Devamı) Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası TAKM konsantrasyon haritaları.

Çizelge 4.1 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sentinel-2 görüntü verilerinden okunan TAKM istatistikleri.

	Sentinel-2 Gözlem Tarihleri										
	12.08.2015	8.05.2016	1.08.2019	30.09.2019	14.12.2019	2.02.2020	17.04.2020	1.07.2020	4.10.2020	24.10.2020	28.11.2020
Örneklem N	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733
Ortalama (gr/m³)	17,83	16,91	17,53	21,23	16,36	17,51	18,46	16,42	19,96	20,37	16,87
Medyan (gr/m³)	17,04	16,25	17,02	20,59	16,21	17,32	18,37	15,42	20,11	20,57	16,76
Mod (gr/m³)	17,02	14,17	14,17	14,17	14,18	16,99	18,63	14,17	21,14	20,95	17,06
Std. (gr/m³)	2,47	2,52	2,76	4,14	1,54	1,33	1,40	2,73	2,08	2,02	1,20
Varyans	6,08	6,34	7,62	17,16	2,36	1,77	1,97	7,46	4,33	4,08	1,43
Skewness	2,10	2,70	1,86	0,50	1,40	1,12	0,75	2,22	-0,11	-0,22	1,29
Kurtosis	4,24	7,51	4,05	-0,41	6,46	6,24	2,45	4,09	-0,04	0,21	6,10
Minimum (gr/m³)	13,59	12,74	13,18	12,05	10,20	10,64	14,00	12,77	14,01	12,54	11,13
Maksimum (gr/m³)	31,28	30,48	33,29	34,04	30,14	29,96	27,60	30,00	29,95	30,75	26,18

Çizelge 4.2 Terkos gölüne dökülen akarsularda yerinde yapılan gözlem ile Sentinel-2 görüntülerinden okunan TAKM değerlerinin karşılaştırılması.

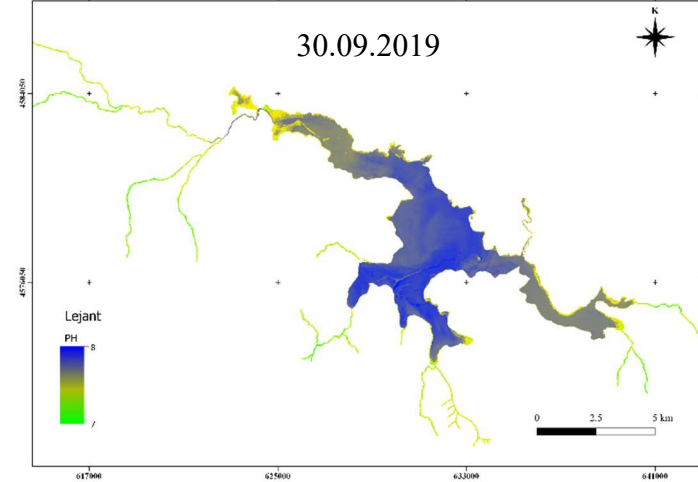
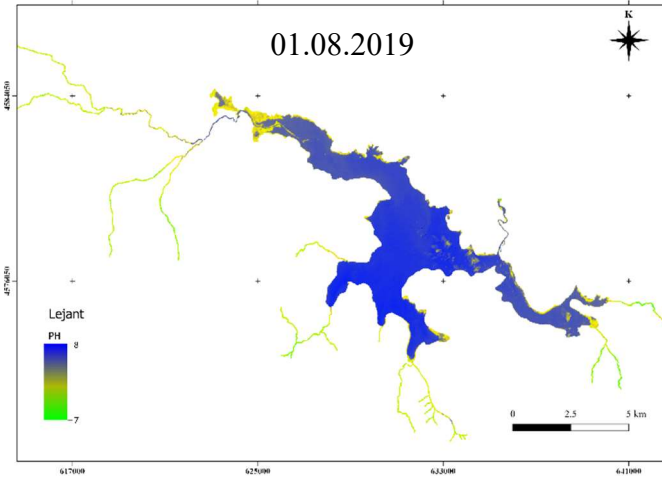
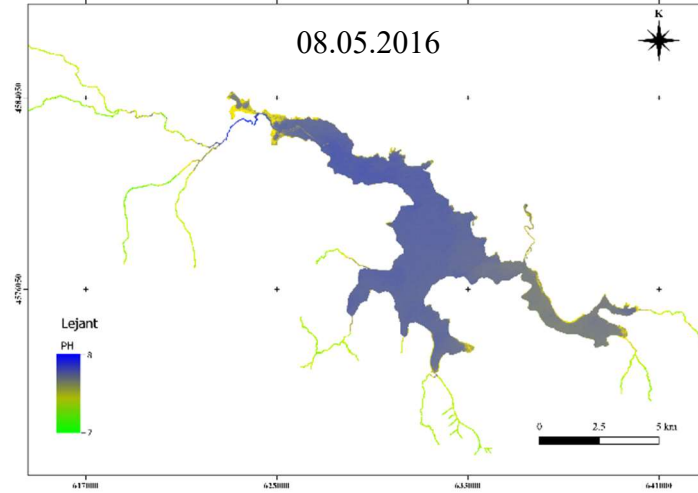
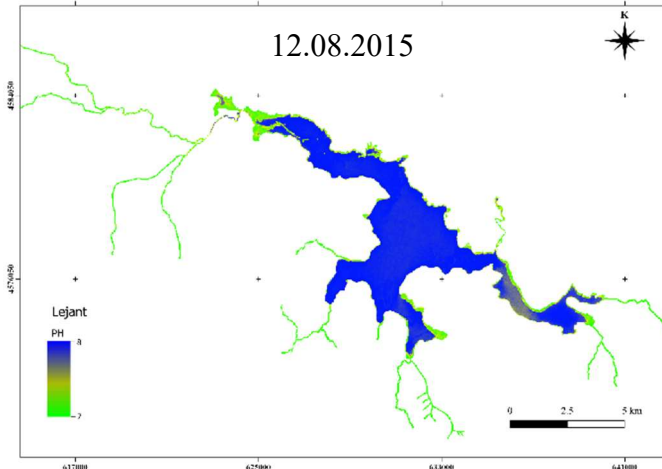
İSKİ Tarihleri	Sentinel-2 Tarihleri	Karasu		Karacaköy		Başakköy	
		İSKİ gr/m ³	Sentinel-2 gr/m ³	İSKİ gr/m ³	Sentinel-2 gr/m ³	İSKİ gr/m ³	Sentinel-2 gr/m ³
4.08.2015	12.08.2015	20	22,590	10	18,430	15	17,419
4.05.2016	8.05.2016	95	30,862	20	19,730	10	14,393
4.08.2019	1.08.2019	72	27,254	24	23,421	10	14,305
25.09.2019	30.09.2019	43	23,491	13	15,852	16	17,805
6.12.2019	14.12.2019	84	25,469	10	14,497	10	14,236
11.02.2020	2.02.2020	50	22,413	10	15,585	10	15,304
10.03.2020	17.04.2020	17	18,846	10	16,345	10	15,759
9.07.2020	1.07.2020	40	31,327	10	15,990	10	16,146
6.10.2020	4.10.2020		24,163	10	15,245		16,146
	24.10.2020		26,152		16,553		15,753
4.11.2020	28.11.2020		21,555	10	16,032	14	15,461



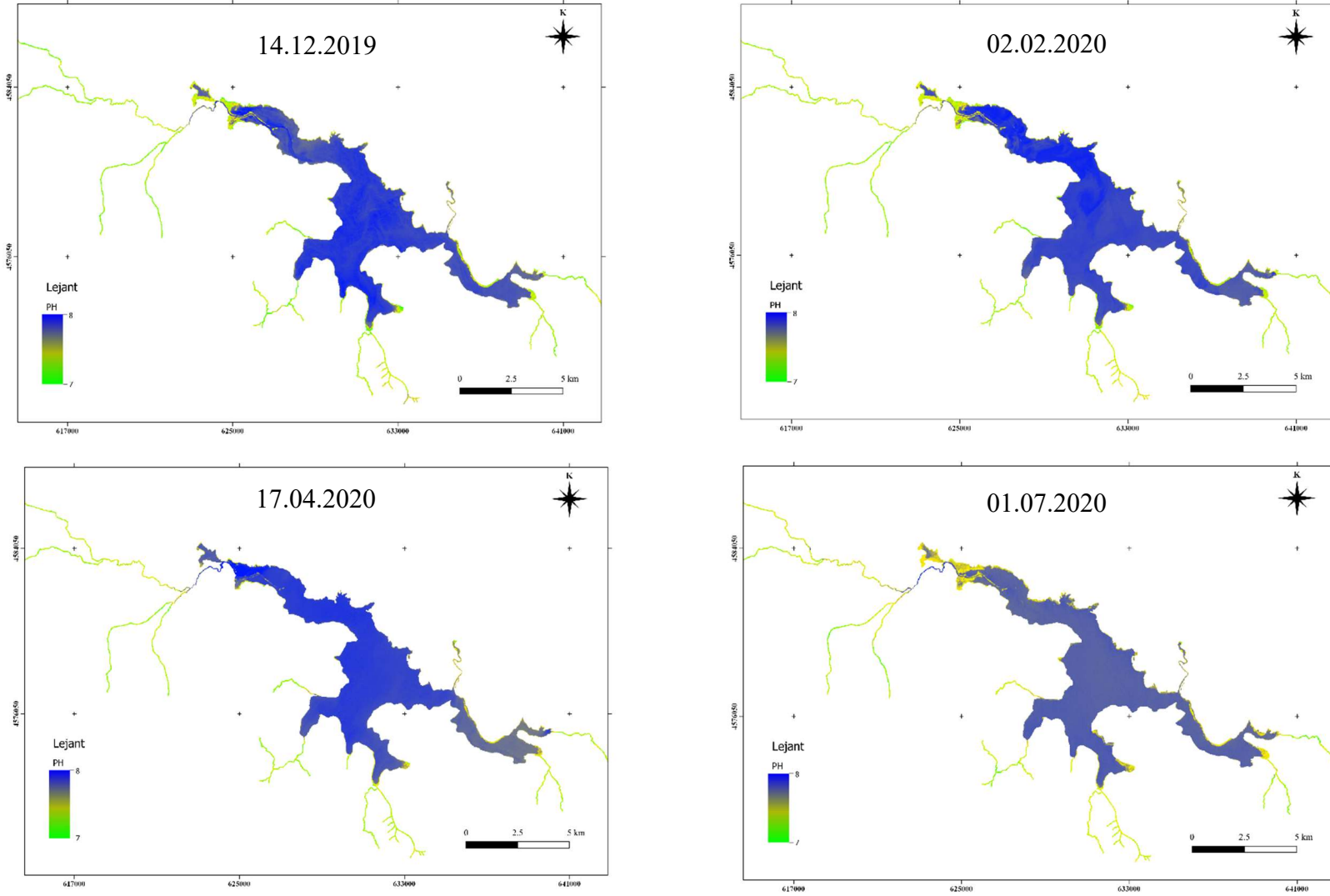
Şekil 4.2 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde TAKM değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.

4.2 pH

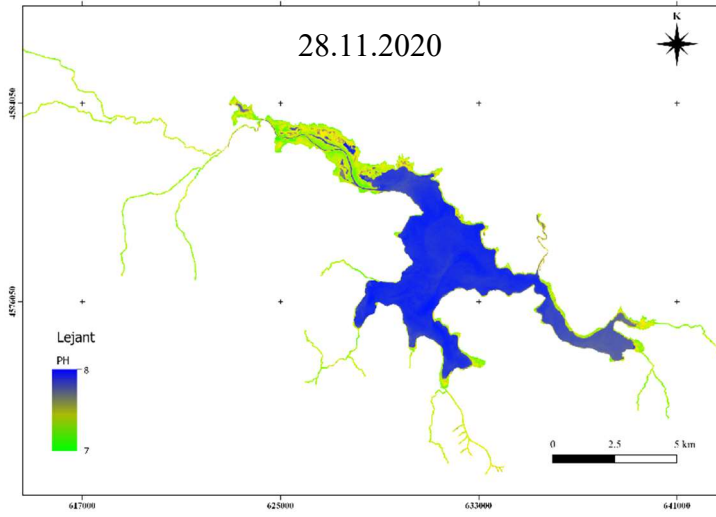
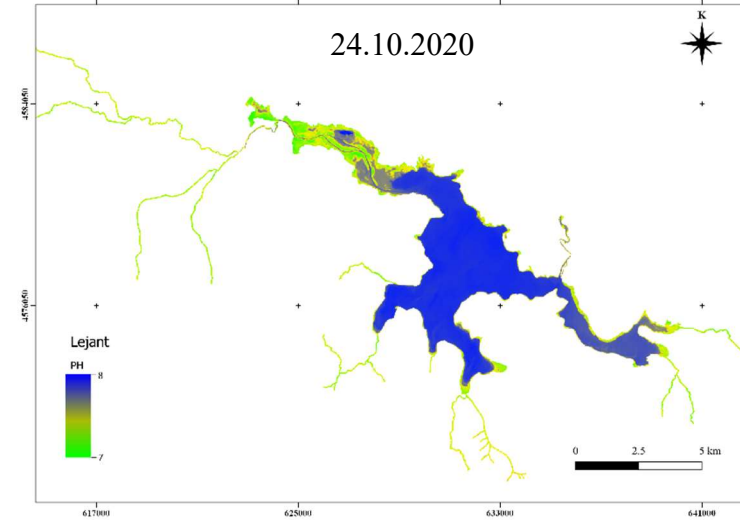
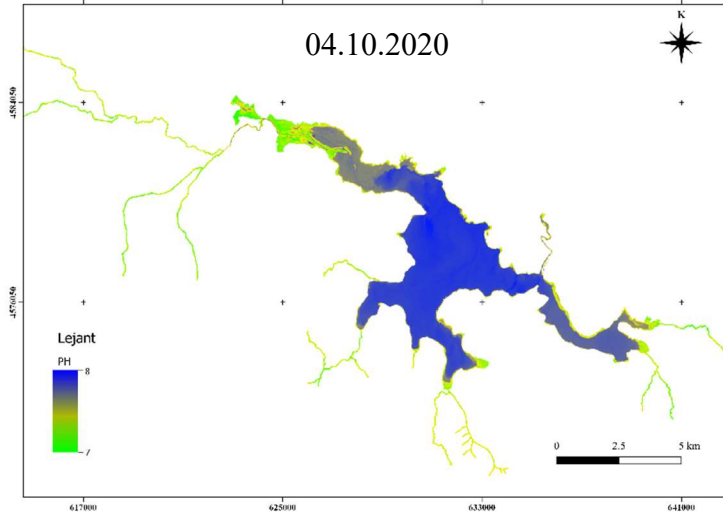
pH değeri için Sentinel-2 görüntüleri indirilmiştir (bkz. Çizelge 3.6). Sen2Core yazılımı kullanılarak görüntü düzeltmeleri yapılmıştır (bkz. Resim 3.2). Yansıma değerleri ilgili bantlara göre QGIS yazılımı ile hesap edilmiştir. Hesaplama da denklem (3.2-3.4) kullanılarak pH miktarı belirlenmiştir. Bulunan değerler ve oluşturulan haritalar on bir farklı tarih için Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Harita değerleri arasındaki istatistiksel sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar harita verilerinden oluşturulan 9733 adet nokta verisinden hesap edilmiştir (bkz. Çizelge 4.3). İSKİ verileri ile kıyaslama yapılmıştır (bkz. Çizelge 4.4). Belirlenen pH değerleri ile diğer yerinde gözlem verileri karşılaştırılmıştır (bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası pH değeri haritaları.



Şekil 4.3 (Devamı) Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası pH değeri haritaları.



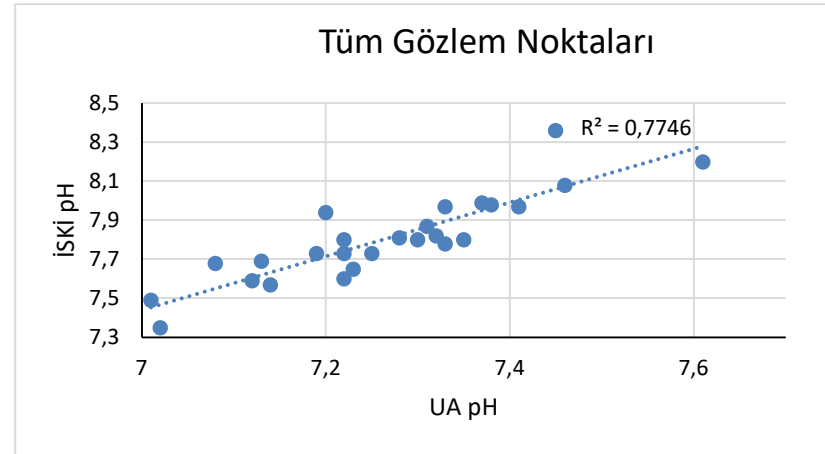
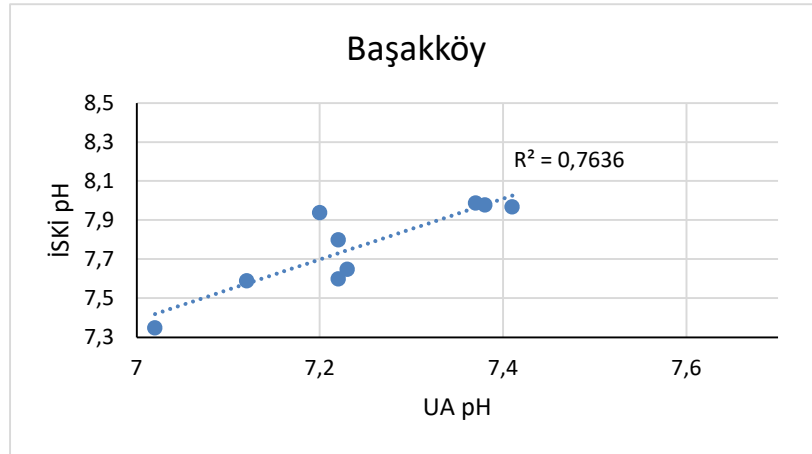
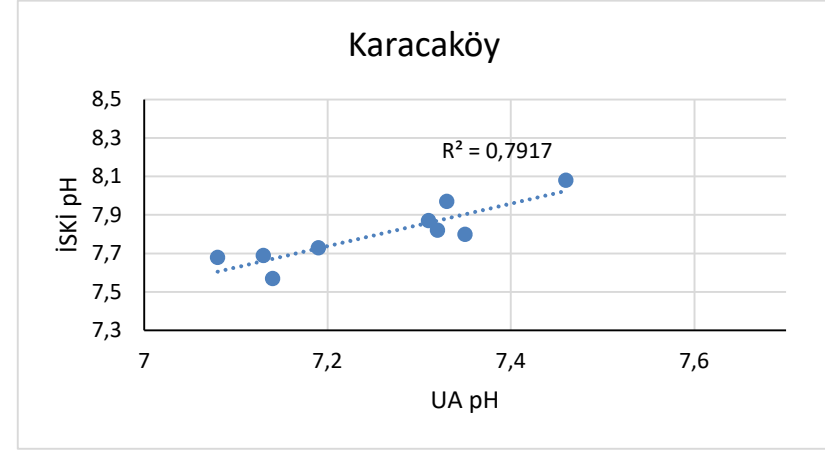
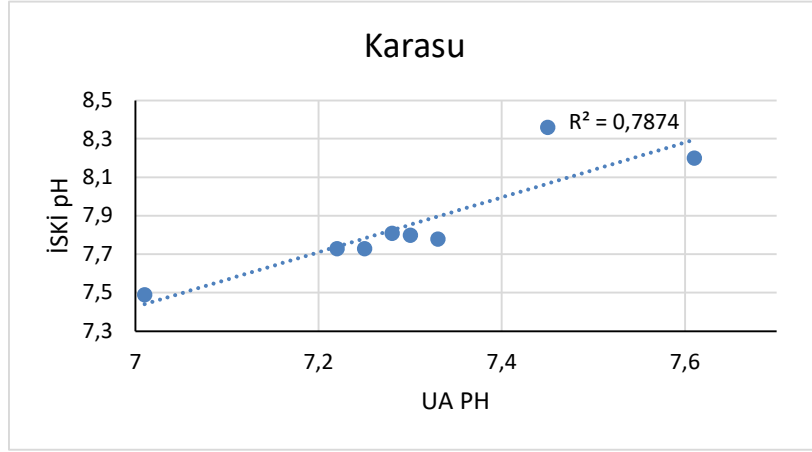
Şekil 4.3 (Devamı) Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası pH değeri haritaları.

Çizelge 4.3 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sentinel-2 görüntü verilerinden okunan pH istatistikleri.

	Sentinel-2 Gözlem Tarihleri										
	12.08.2015	8.05.2016	1.08.2019	30.09.2019	14.12.2019	2.02.2020	17.04.2020	1.07.2020	4.10.2020	24.10.2020	28.11.2020
Örneklem N	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733	9733
Ortalama	7,219	7,311	7,386	7,349	7,419	7,231	7,494	7,241	7,280	7,659	7,410
Medyan	7,232	7,271	7,410	7,368	7,438	7,251	7,512	7,258	7,316	7,709	7,456
Mod	7,233	7,278	7,438	7,347	7,445	7,253	7,516	7,252	7,331	7,719	7,469
Std.	0,033	0,037	0,048	0,055	0,047	0,053	0,043	0,042	0,071	0,083	0,075
Varyans	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,005	0,007	0,006
Skewness	-2,603	-2,701	-1,238	-1,736	-2,057	-1,960	-2,336	-2,273	-1,395	-1,161	-0,939
Kurtosis	5,109	3,510	1,908	2,551	3,028	2,560	4,517	4,476	0,659	-0,136	-0,771
Minimum	7,013	7,168	7,281	7,111	7,211	7,004	7,271	7,033	7,039	7,398	7,189
Maksimum	7,372	7,481	7,557	7,644	7,464	7,282	7,548	7,449	7,472	7,752	7,486

Çizelge 4.4 Terkos gölüne dökülen akarsu kollarında yerinde yapılan gözlem ile Sentinel-2 görüntülerinden okunan pH değerlerinin karşılaştırılması.

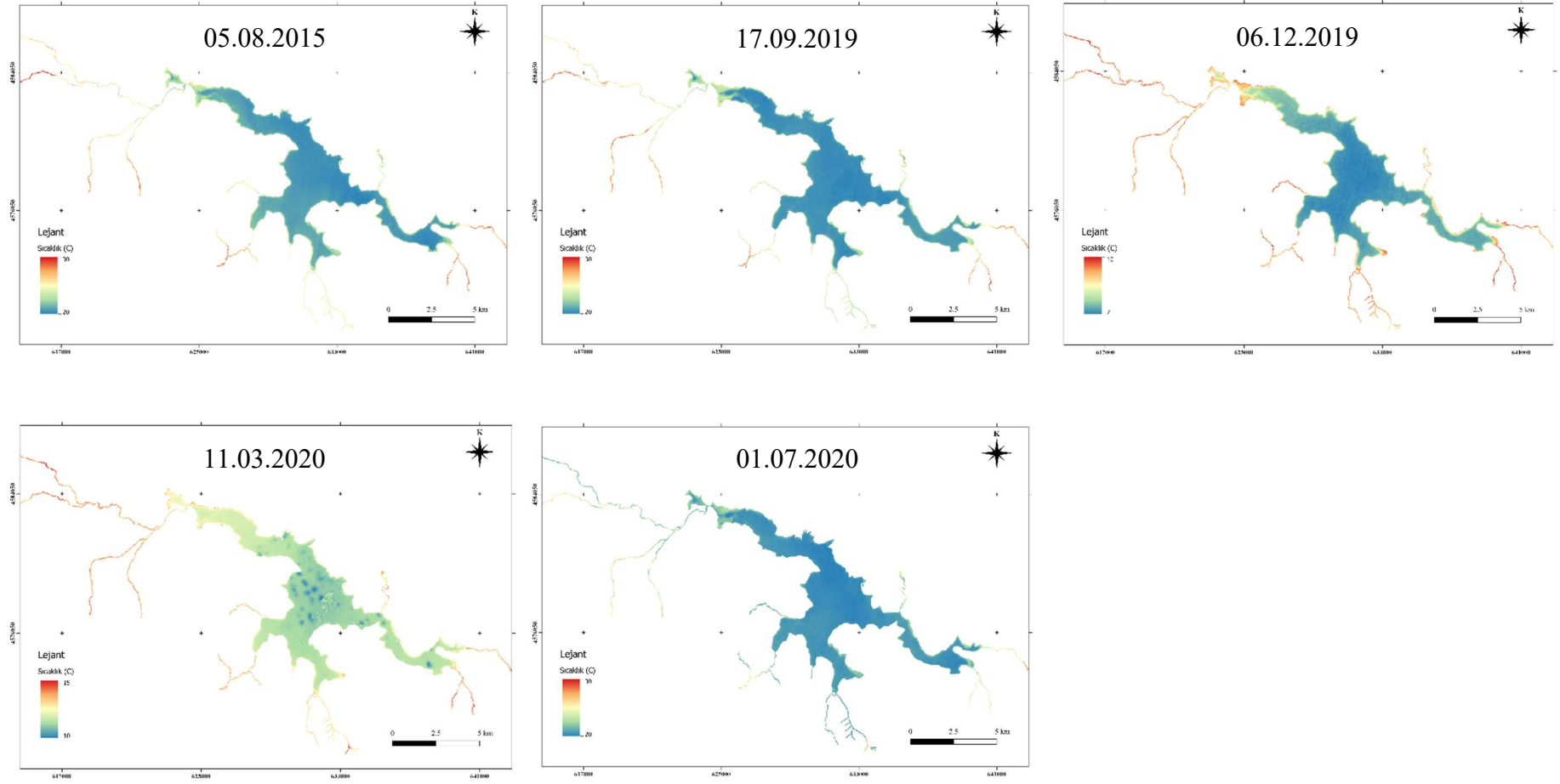
İSKİ Tarihleri	Sentinel-2 Tarihleri	Karasu		Karacaköy		Başakköy	
		İSKİ pH	Sentinel-2 pH	İSKİ pH	Sentinel-2 pH	İSKİ pH	Sentinel-2 pH
4.08.2015	12.08.2015	7,80	7,30	7,68	7,08	7,35	7,02
4.05.2016	8.05.2016	7,73	7,22	7,80	7,35	7,94	7,20
4.08.2019	1.08.2019	8,36	7,45	7,82	7,32	7,99	7,37
25.09.2019	30.09.2019	8,20	7,61	7,69	7,13	7,65	7,23
6.12.2019	14.12.2019	7,73	7,25	7,87	7,31	7,97	7,41
11.02.2020	2.02.2020	7,49	7,01	7,73	7,19	7,6	7,22
10.03.2020	17.04.2020	7,81	7,28	7,97	7,33	7,98	7,38
9.07.2020	1.07.2020	7,78	7,33	7,57	7,14	7,59	7,12
6.10.2020	4.10.2020		7,16	8,08	7,46		7,22
	24.10.2020		7,24		7,61		7,3
4.11.2020	28.11.2020		7,01	7,66		7,80	7,22



Şekil 4.4 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde pH değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.

4.3 Sıcaklık

Sıcaklık değeri için Landsat-8 görüntüleri indirilmiştir (bkz. Çizelge 3.7). Hesaplarda kullanılan NDVI görüntüsü için OLI bantları QGIS programı SCP eklentisi ile yapılmıştır. (bkz. Resim 3.2). Yansıma değerleri ilgili bantlara göre QGIS yazılımı ile hesap edilmiştir. Hesaplama denklem (3.1) kullanılarak TAKM miktarı belirlenmiştir. Bulunan değerler ve oluşturulan haritalar on bir farklı tarih için Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Harita değerleri arasındaki istatistiksel sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar harita verilerinden oluşturulan 9733 adet nokta verisinden hesap edilmiştir (bkz. Çizelge 4.1). İSKİ verileri ile kıyaslama yapılmıştır (bkz. Çizelge 4.2). Belirlenen TAKM değerleri ile diğer yerinde gözlem verileri karşılaştırılmıştır (bkz. Şekil 4.2).



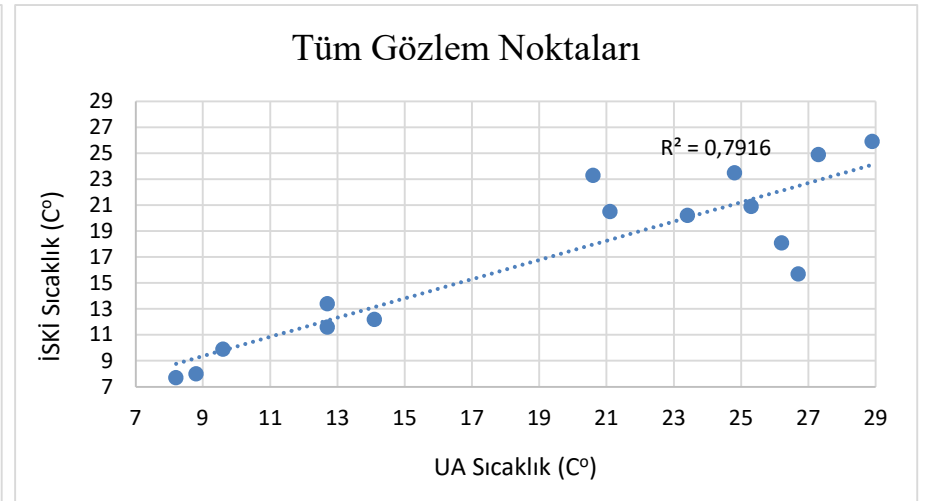
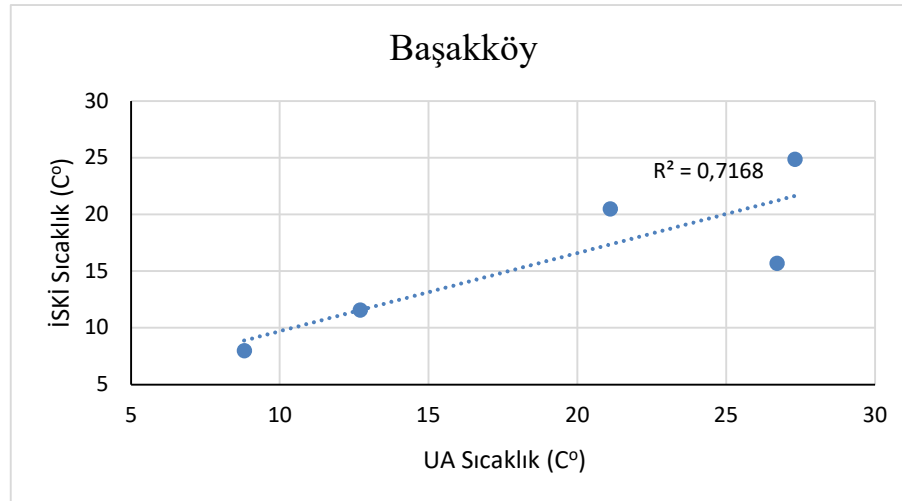
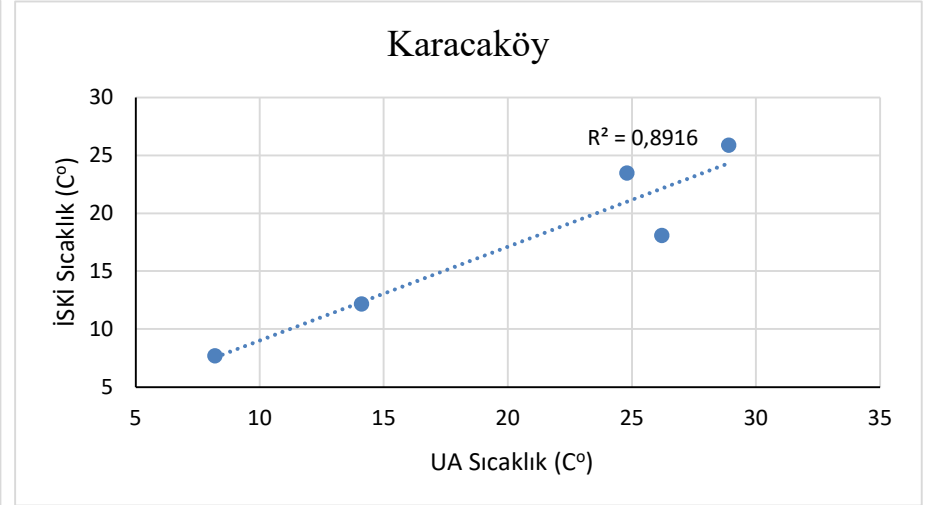
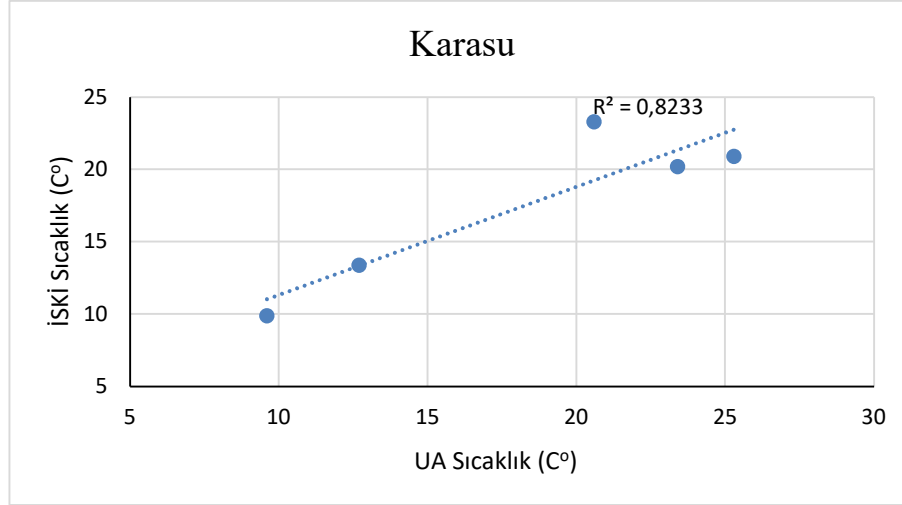
Şekil 4.5 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde 12.08.2015 - 28.11.2020 tarihleri arası yüzey sıcaklık değeri haritaları.

Çizelge 4.5 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Landsat-8 görüntü verilerinden okunan Sıcaklık istatistikleri

	Landsat-8 Gözlem Tarihleri				
	05.08.2015	17.09.2019	06.12.2019	11.03.2020	01.07.2020
Örneklem N	9733	9733	9733	9733	9733
Ortalama (C°)	24,508	23,382	9,003	13,165	22,301
Medyan (C°)	24,290	23,164	8,916	13,094	21,951
Mod (C°)	24,154	23,086	8,870	12,904	20,057
Std. (C°)	0,564	0,531	0,513	0,527	0,524
Varyans	0,319	0,283	0,271	0,417	0,311
Skewness	2,322	2,547	2,310	2,942	2,722
Kurtosis	5,428	5,557	4,869	5,549	4,520
Minimum (C°)	24,012	23,011	8,301	12,420	19,872
Maksimum (C°)	27,457	26,676	10,014	15,220	25,016

Çizelge 4.6 Terkos gölüne dökülen akarsu kollarında yerinde yapılan gözlem ile Landsat-8 görüntülerinden okunan yüzey sıcaklığı verilerinin karşılaştırılması.

İSKİ Tarihleri	Landsat-8 Tarihleri	Karasu		Karacaköy		Başakköy	
		İski Sıcaklık (C°)	Sentinel-2 Sıcaklık (C°)	İski Sıcaklık (C°)	Sentinel-2 Sıcaklık (C°)	İski Sıcaklık (C°)	Sentinel-2 Sıcaklık (C°)
4.08.2015		20,9		25,9		24,9	
	5.08.2015		25,3		28,9		27,3
25.09.2019		20,2		18,1		15,7	
	17.09.2019		23,4		26,2		26,7
6.12.2019		9,9		7,7		8	
	6.12.2019		9,6		8,2		8,8
10.03.2020		13,4		12,2		11,6	
	11.03.2020		12,7		14,1		12,7
9.07.2020		23,3		23,5		20,5	
	1.07.2020		20,6		24,8		21,1



Şekil 4.6 Terkos gölü ve akarsu kolları üzerinde Sıcaklık değerlerinin karşılaştırıldığı ve determinasyon katsayılarının (R^2) gösterildiği grafikler.

Çizelge 4.7 Gözlem noktaları üzerinde elde edilen sonuçların UA değerleri ile arasındaki korelasyon katsayıları (r).

	TAKM	pH	Sıcaklık
Başakköy	0,7924	0,8739	0,8466
Karacaköy	0,8968	0,8898	0,9442
Karasu	0,6276	0,8873	0,9073
Bütün Gözlem Noktaları	0,8498	0,8801	0,8897

Ölçüm türlerinin gözlem noktalarına göre korelasyon değerleri belirlenmiştir. Bu türler TAKM, pH ve Sıcaklık değerlerini oluşturmaktadır. Gözlem noktaları ise İSKİ ye ait gözlem noktalarını (Başakköy-Karacaköy-Karasu) gözlemlerini vermektedir. Tüm gözlem noktaları ise bütün ölçülen gözlem değerlerini temsil etmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, Terkos gölü ve göle su taşıyan akarsulardaki TAKM, pH ve Sıcaklık parametrelerinin UA yöntemiyle tayini ve yerinde ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılarak UA yönteminin başarısı ortaya konmuştur. Bu amaçla, TAKM ve pH parametrelerinin tayini için Sentinel-2 ve Sıcaklık parametresinin tayini için Landsat-8 uydularına ait ve bulutluluk oranı %20'ü aşmayan veriler kullanılmıştır. Öncelikle uydu verilerinde düzeltme yapılmış ardından literatürde verilen algoritmalar kullanılarak TAKM, pH ve Sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Hesap sonuçları İSKİ tarafından TAKM, pH ve Sıcaklık parametreleri için yerinde yapılan ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılarak UA yönteminin bu üç su kalitesi parametresi başarı yüzdeleri belirlenmiştir.

TAKM parametresi hesap bulguları gözlem tarihlerine göre değişiklik göstermekle birlikte, Terkos gölünün Kuzey-Batı bölgesinde (Karasu, Karacaköy bölgesi), Güney-Doğu (Ayazma, Tayakadın) ve Terkos çıkış bölgelerinde diğer bölgeler göre daha yoğun TAKM değerlerinin olduğu görülmektedir. Akarsuların TAKM taşınımının fazla olduğu gözlenmektedir. TAKM parametresinin UA ile hesaplanan değerlerinin istatistiksel analizi gözlem tarihlerine göre sonuçların normal dağılıma göre çarpık, sivri ve basık dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. İSKİ gözlem verileri ile UA hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında İSKİ verilerinin Karasu gözlem noktasında bazı tarihlerde yüksek değerler içermesine rağmen UA yönteminin yüksek değerleri takip edememesi ve noktasal gözleme göre daha homojen sonuç vermesi UA yönteminin literatürde verilen algoritmaların çalışma yerine göre kalibre edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuçların korelasyonunun % 84,98 olması UA yönteminin TAKM tayininde başarılı sayılabileceğini fakat yerinde ölçüm sonuçları ile aynı değerleri vermesinin beklenmemesi gerektiğini göstermektedir. Yerinde gözlem sonuçlarına daha yakın değerler elde edebilmek için UA için çalışma alanını daha daraltmak uygun çözüm olacaktır.

pH parametresi için yapılan hesaplamalar TAKM'de olduğu gibi gözlem tarihlerine göre değişiklik göstermekle birlikte TAKM parametresine benzer şekilde Terkos gölünün Kuzey-Batı, Güney-Doğu ve Terkos çıkış bölgelerinde pH değerinin diğer bölgelere göre

farklı davranış sergilediğini göstermektedir. Verilerin negatif çarpık olduğu, büyük değerlerin daha fazla olduğu, genel itibariyle göl ve akarsuların bazik davranış gösterdiği anlaşılmaktadır. UA sonuçları yerinde ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırıldığında değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Korelasyon analizi sonuçlarında UA ile bulunan parametre değerinin başarısının % 88,01 olduğunu göstermektedir.

Sıcaklık parametresi TAKM ve pH'a benzer şekilde Karasu, Başköy, Ayazma, Tayakadın ve Terkos Çıkış bölgelerinde gölün diğer bölgelerinde farklı değerler sahiptir. Parametrenin yerinde gözlem ve UA ile hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında, değerlerin kabul edilebilir olduğu ve gözlem ile hesaplama sonuçlarının % 88,97 seviyesinde bir bağımlılığa sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Terkos gölü ve göle su taşıyan akarsuların içinde bulunduğu bölgeye ait Corine projesi sonuçlarına bakıldığında oluşabilecek olası kirlenmenin Terkos gölünü beşleyen akarsular üzerinde baskıya sahip tarımsal alanların olduğu görülmektedir. Büyük bütçe ve işgücü ihtiyacı sebepleriyle ayrıca bazı durumlarda teknik sebeplerle her noktada ölçüm yapılamayacağından, su hareketinin etkisini bilinemediği hallerde tarımsal kirliliğin noktasal ölçümle belirlenmesi başarılı sonuç veremeyecektir. Diğer bir ifade ile birkaç noktada yapılan analiz ile tüm havzadaki yüzeysel suların kalitesini tayin etmek mümkün değildir. Bu açıdan kalite gözleminin UA ile yapılması noktasal ölçüme göre büyük avantaj sağlamaktadır. Özellikle kalitenin eğiliminin belirlenmesi, alansal kirlilik takibi, yangın, sel, fırtına gibi doğal veya yapay olaylardan etkilenmemesi, gözlem yapacak personel istihdam edilmesine, araç, laboratuvar analizi masraflarına gereksinim olmaması faydaları değerlendirildiğinde UA yöntemiyle su kalitesi parametre değerlerinin hesaplanması vazgeçilmez hale gelmektedir. Bununla beraber UA yöntemiyle bulunan değerlerin gerçek değerler olmayabileceği göz önünde bulundurularak çevre projesi geliştirilmesi veya hukuki durumlarda yerinde gözlem yapılması zorunluluğu dikkate alınması gereken hususlardandır.

6. KAYNAKLAR

- Akgiray Ö, 2003, İçme Suyu Kalitesi Parametreleri, Tesisat Dergisi, 4, 1-12.
- Al-Adamat R, 2017, Modelling Surface Water Susceptibility to Pollution Using GIS, Journal of Geographic Information System, 43, 293-308.
- Avdan U, Jovanovska G, 2016, Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data, Hindawi Publishing Corporation Journal of Sensors, 58, 1-9.
- Bagheri S, 2017, Hyperspectral Remote Sensing of Nearshore, New York, New Jersey, Amerika Birleşik Devletleri, Springer.
- Baki T, 1997, Terkos Gölü Su Kalitesi Değerlendirmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 155s,118.
- Batur E, 2019, Uzaktan Algılama Verilerinden Su Kalitesi Parametrelerinin Tespit Edilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İletişim Sistemleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul, 17s, 188.
- Bonansa M, Ledesma M, Bazán R, Ferral A, German A, O'Mill P, Pinotti L, 2019, Evaluating the Feasibility of Using Sentinel-2 Imagery for Water Clarity Assessment in a Reservoir, Journal of South American Earth Sciences, 95, 1-6.
- Coskun H G, Yalcin G, 2014, Water Quality Determination of Büyükçekmece Lake Turkey by Using Remote Sensing and GIS Techniques, Fresenius Environmental Bulletin, 23, 746-750.
- Coskun H G, Gulergun O, Yilmaz L, 2006, Monitoring of Protected Bands of Terkos Drinking Water, International Journal of Applied Earth Observation, 8, 49-60.
- Çakmak L, Demir T, 1997, Su Kirliliği ve Etkileri, Çevre ve İnsan Dergisi, 2, 27-29.
- Ducklow H W, Steinberg D K, 2001, Upper Ocean Carbon Export and the Biological Pump. K O (Ed.), Buesseler, Oceanography (50-58), Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusett.
- Ellis K V, White G, Warn A E, 1989, Surface Water Pollution and It's Control, London,

Palgrave.

ESA, 2015, Sentinel-2 User Handbook, The European Space Agency (ESA) Sentinel: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions> adresinden alındı.

ESA, 2016, Sen2Cor Configuration and User Manual, The European Space Agency.

Forsberg C, 1998, Which Policies can Stop Large Scale Eutrophication, Water Science and Technology, 37, 198-200.

Fritz L W, 1995, Recent Developments for Optical Earth Observation in the United States, Photogrammetric Week, (75-84), Stuttgart.

Haryani G S, 2014, Kondisi Danau di Indonesia dan Strategi Pengelolaannya, Prosiding MLI, 13, 1-19.

Harita Genel Müdürlüğü (HGM), 2021, Milli Savunma Bakanlığı, Ankara.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), 2021, İSKİ, İstanbul.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2017, İstanbul İli, 1/25.000 ölçekli Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt Raporu, İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

Jaelani L M, Ratnaningsih R Y, 2018, Spatial and Temporal Analysis of Water Quality Parameter using Sentinel-2A Data Case Study Lake Matano and Towuti, International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, 8, 547-553.

Jaelani L M, Limehuwey R, Kurniadin N, Pamungkas A, Koenhardono E S, Sulisetyono A, 2016, Estimation of TSS and Chl-a Concentration from Landsat 8-OLI The Effect of Atmosphere and Retrieval Algorithm, The Journal for Technology and Science, 27, 16-23.

Kökmen S, Arslan N, Filik C, Yılmaz V, 2007, Zoobenthos of Lake Uluabat, a Ramsar Site in Turkey and Their Relationship with Environmental Variables, Clean 2007, 35, 266-274.

Muslu Y, 2001, Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi ve Alg Kontrolü, 5, 1-203, İSKİ, İstanbul.

Mutlu E, Yanik T, Sutan N A, 2017, Evaluation of the Water Quality of Topalyurdu Dam (Yıldızeli-Sivas), Current Trends in Natural Sciences, 12, 277-286.

NUS, 2001, Interpretation of Optical Images.

- Öröklü E, 1988, Uzaktan Algılama, Yıldız Teknik Üniveristesi Yayınları, İstanbul.
- Özhatay N, Byfield A, Atay S, 2003, Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları, WWF Türkiye(Doğal Hayatı Koruma Vakfı).
- Pereira O J R, Merino E R, Montes C R, Barbiero L, Rezende-Filho A T, Lucas Y, Melfi A J, 2020, Estimating Water pH Using Cloud-Based Landsat Images for a New Classification of the Nhecolândia Lakes (Brazilian Pantanal), Remote Sensing, 21, 1090.
- Potes M, Rodrigues G, Penha A M, Novais M H, Costa M J, Salgado R, Morais M M, 2018, Use of Sentinel 2 – MSI for Water Quality Monitoring at Alqueva Reservoir, International Association of Hydrological Sciences, 28, 73-79. Portugal.
- Richards J A, 1993, Remote Sensing Digital (An Introduction), Sources and Characteristics of Remote Sensing Image Data (1-37), Springer-Verlag, Canberra.
- Stevenson J, McKenzie R, Wood J, Hayden M L, Investigator P, 2015, A comparative study to the 2011/2013 water quality assessments in the Pasquotank Watershed in Northeastern North Carolina with a sea level rise component, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 61, 153-156. Italy.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018, Corine Projesi, Corine 2018: <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/> adresinden alındı
- USGS, 2019, Landsat 8 Data Users Handbook, United States Geological Survey (USGS), Landsat-8:<https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook> adresinden alındı.
- Ünlü A, Çoban F, Tunç M S, 2008, Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganikkimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi, Gazi Üniviversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 119-127.
- Vuolo F, Zóltak M, Pipitone C, Zappa L, Wenng H, Immitzer M, Atzberger C, 2016, Data Service Platform for Sentinel-2 Surface Reflectance and Value-Added, Remote Sensing, 11, 938.
- Yazıcıoğlu Y, Erdoğan S, 2004, Spss Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri, Detay Yayıncılık, 49-50s, Ankara.

Žižala D, Krása J, Báčová M, Zelenková K, Laburda T, Novotný I, 2016, Monitoring Erozního Poškození Půd v ČR Nástroji Dálkového Průzkumu Země, Výzkumný Ústav Meliorací A Ochrany Půdy, České Vysoké Učení Technické v Praze, 63, 1-156, Praha.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/>, 09.06.2021
- 2- https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_4d768.pdf, 09.06.2021
- 3- <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/optical.htm>, 09.06.2021
- 4- <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>, 09.06.2021
- 5- <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/uzaktan-algilama-amacli-uydu-goruntuleme-sistemleri-994.pdf>, 09.06.2021
- 6- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home/>, 09.06.2021
- 7- <https://earthexplorer.usgs.gov/>, 09.06.2021
- 8- <https://cdn.bartın.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/cevremikrobiyolojisiogrencinotlari222.05.2019.pdf>, 09.06.2021
- 9- <https://portal.netcad.com.tr/pages/diffpages.action?originalId=217399047&pageId=217399048>, 09.06.2021

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil İbrahim Yıldız

Doğum Yeri ve Tarihi: Silivri 10/11/1992

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon / e-posta):(+90) 545 359 59 50 / hibrahimyldz@outlook.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çatalca Çok Programlı Anadolu Lisesi (2006 – 2010)

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Böl.,
(2012– 2016)

Yüksek Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., İnşaat
Mühendisliği ABD, (2018 - 2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Dakik Yapı Mühendislik (2015 - 2016)

: Denge Mimarlık Ofisi (2016 – 2019)

: Doğruyapı Yapı Denetim (2019 - Devam Ediyor)