

GÖLLER YÖRESİ'NDEKİ KLOROFİL-A KONSANTRASYONU ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN SENTİNEL UYDU VERİSİ İLE İZLENMESİ

Simge ÖZER

Danışman: Prof. Dr. Ayşegül PALA

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ülkemizin su kaynaklarının yönetimi, ekolojik sağlık, rekreasyonel faaliyetler ve küresel ekonomik hizmetler üzerindeki doğrudan etkisi nedeniyle önemli bir çevresel konudur. İnsan kaynaklı aktiviteler sonucu su kütlelerine taşınan besin maddeleri, ötrofikasyona yol açarak su kalitesini olumsuz etkiler. Bu durum, su kaynaklarının izlenmesi ve yönetiminde iyileştirmeler gerektirir. Son yıllarda uzaktan algılama teknolojileri, su kaynaklarının hızlı ve geniş kapsamlı izlenmesini sağlayarak önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle klorofil-a konsantrasyonlarının alansal ve zamansal değişikliklerini izlemek için ekonomik ve etkili bir yöntem sunar. Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli su kaynaklarından olan Göller Yöresi'ndeki on dört gölde (Acıgöl, Akşehir, Beyşehir, Burdur, Eber, Eğirdir, Iğın, Işıklı, Karamık, Karataş, Kovada, Salda, Suğla, Yarıklı) 2017-2024 yılları arasında klorofil-a konsantrasyonundaki zamansal değişimler uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Harmonized Sentinel-2 MSI görüntüleri Google Earth Engine platformunda işlenmiş, su yüzey alanı Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) ile belirlenmiştir. Kodlamalar aracılığıyla oluşturulan veri setleri kullanılarak göllerdeki klorofil-a konsantrasyonları hesaplanmış, yıllık ortalamalar bazında karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve trofik durumları belirlenmiştir.

GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, GEE platformunda Klorofil-a tahmini için geliştirilen modellerin kullanılabilirliğini analiz etmektir. Benimsenen metodoloji şu adımlarla temsil edilmektedir:

1. Sentinel-2 uydu görüntülerinin atmosferik düzeltmeler yapılarak JavaScript yazılımıyla Google Earth Engine arayüzünde kodlanarak işlenmesi.
2. Çalışma alanlarındaki su yüzeylerinin modifiye edilmiş normalize fark su indeksi (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) kullanılarak tespiti.
3. Göllerin Normalize Fark Klorofil İndeksi (NDCI) değerlerinin saptanması.
4. NDCI ve klorofil-a ilişkisinden yola çıkarak klorofil-a değerlerinin hesaplanması.

Çalışma alanı olarak Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Acıgöl, Akşehir, Beyşehir, Burdur, Eber, Eğirdir, Iğın (Çavuşçu), Işıklı, Karamık, Karataş, Kovada, Salda, Suğla ve Yarıklı göllerinde oluşup Göller Yöresi olarak adlandırılan bölge seçilmiştir. Bu çalışmada Göller Yöresi içerisinde kalan Akgöl'ün ve Gavr Gölü'nün sulak alanının kuruması nedeniyle su yüzeyi saptanamamış ve klorofil-a konsantrasyonunun izlenmesi yapılamamıştır. Bu bölgenin seçilmesinin nedeni, son 30 yılda 36 gölden 20'sinin tamamen kuruması ve kalan 16 gölde de ciddi yüzey alanı ve su seviyesi azalmalarının görülmüştür. İklim değişikliği, yağış rejimlerinin değişmesi, buharlaşmanın artması gibi doğal etkiler ile tarım için su saptırmalar, göl kurutma, yanlış arazi kullanımı, ötrofikasyon, baraj yapımı, tarımsal sulama ve yeraltı sularının bilinçsiz kullanımı gibi antropojenik faaliyetler göllerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır.

Çalışmada, Türkiye'nin önemli göllerinin klorofil-a konsantrasyonları uzaktan algılama teknikleri ile analiz edilmiş ve bu analizde uydu verileri kullanılmıştır. Google Earth Engine veri kataloglarından seçilen Harmonized Sentinel-2 MSI görüntüleri, 28.03.2017-08.05.2024 tarihleri arasında filtrelenmiş ve görüntü koleksiyonları oluşturulmuştur. Uydu verilerinin işlenmesi aşamasında Google Earth Engine (GEE) programı kullanılmış, bulut, sis ve kar gibi gürültü kaynakları temizlenmiştir. Görüntülerin doğal renk bandı kombinasyonları (kırmızı, yeşil, mavi) kullanılarak su yüzeyi alanları Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) ile belirlenmiş, MNDWI değerleri -1 ile +1 arasında değişmiş, sıfırdan büyük değerler suyu, sıfırdan küçük değerler ise su dışı alanları göstermiştir.

$$MNDWI = \frac{Yeşil - SWIR}{Yeşil + SWIR}$$

SWIR: Kısadalga Kızılötesi

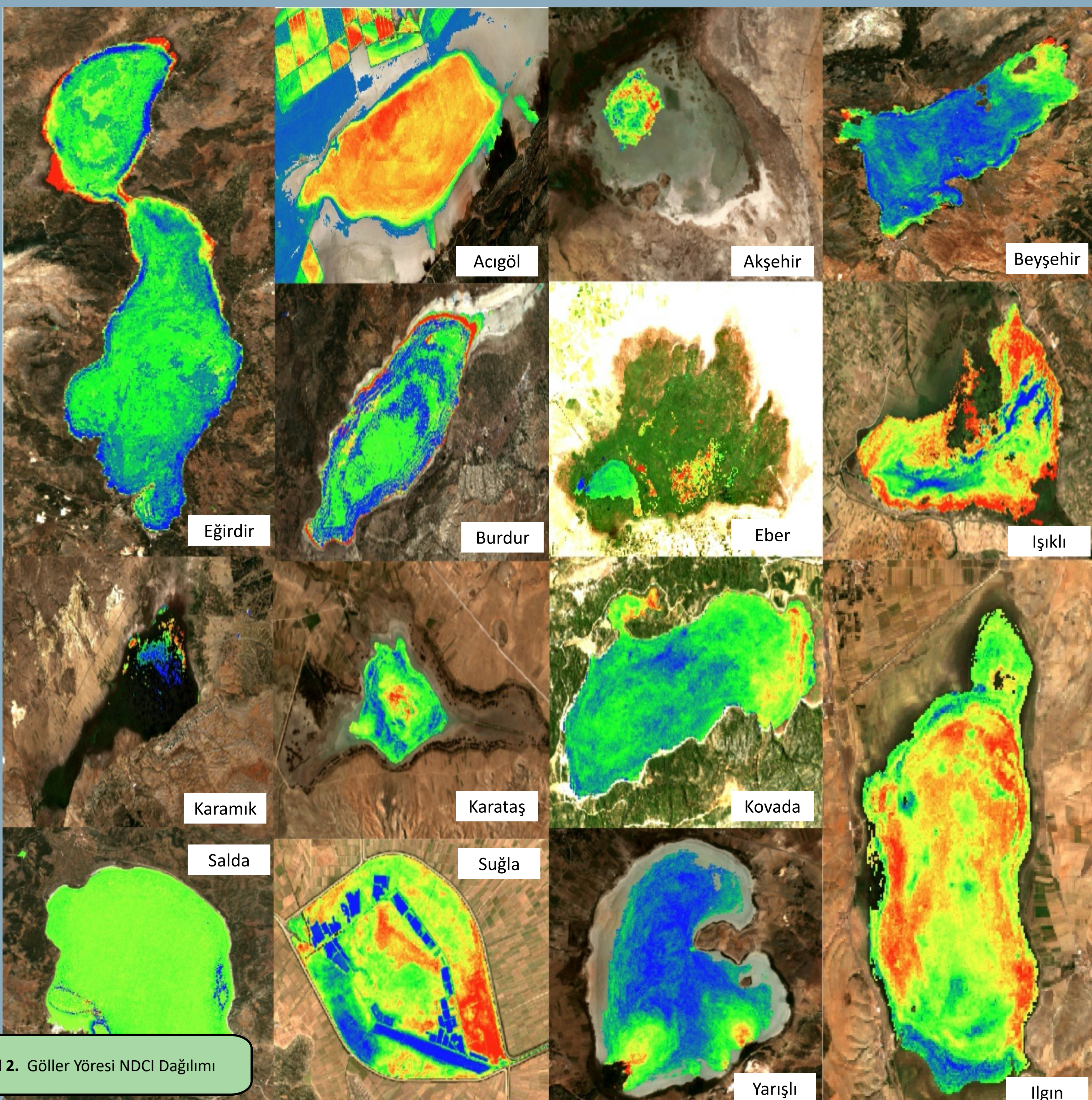


Şekil 1. Doğal Renk Bandı Kombinasyonu ve Su Alanı Tespiti

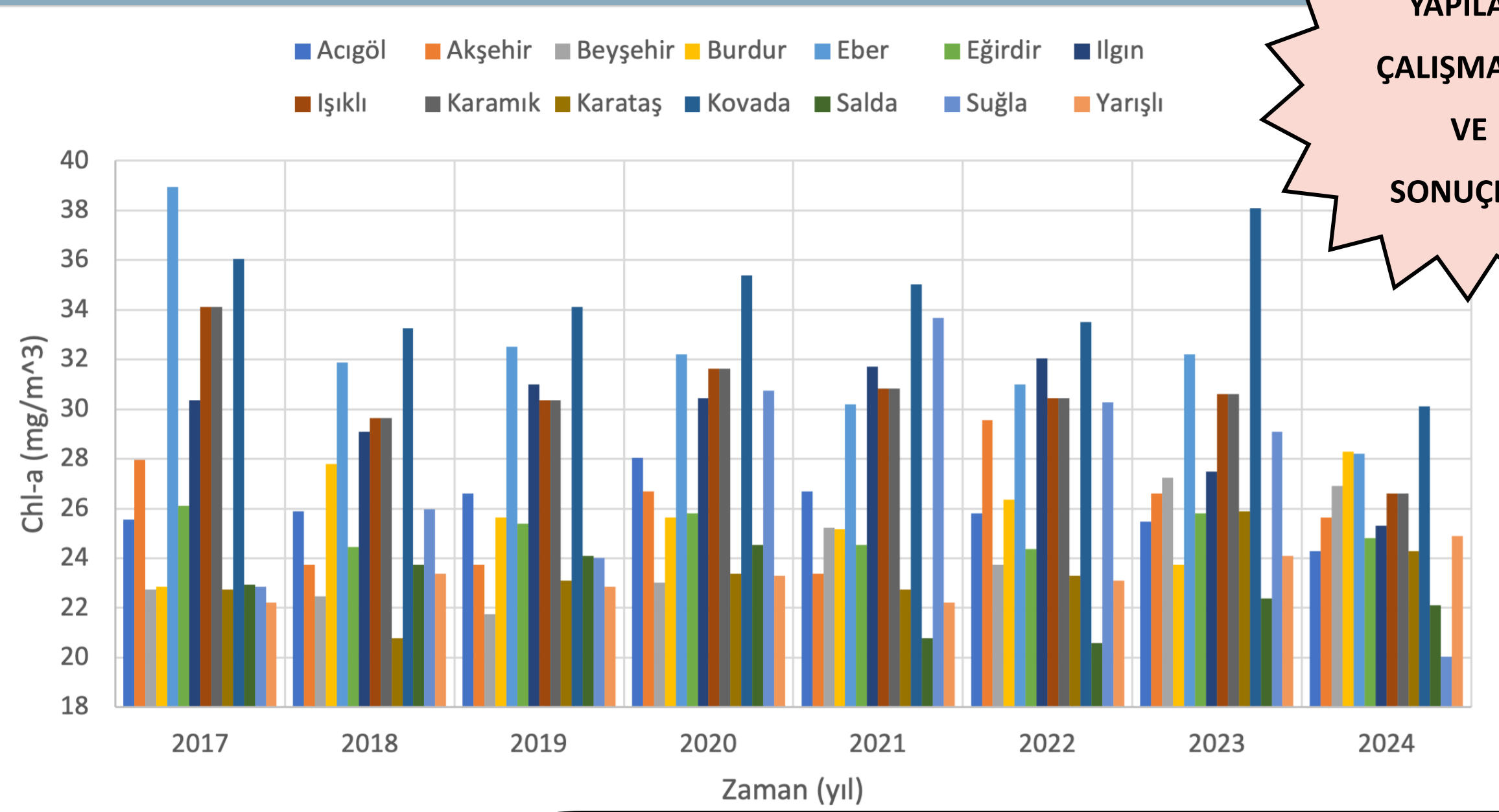
Normalize Fark Klorofil İndeksi (NDCI), Mishra ve Mishra (2012) tarafından, halic ve kıyadaki bulanık verimli sularda uzaktan algılama verileriyle klorofil-a konsantrasyonunu tahmin etmek için önerilmiştir. NDCI'nin en büyük avantajı, bulutsuz ve dip etkileri olmayan alanlarda -1 ile +1 arasında değişmesidir. Bu nedenle, uydu verileri kullanılarak saha verilerinin bulunmadığı veya kullanılamaz olduğu uzak bölgelerde klorofil-a haritalaması ve alg çiçeklenmesi tespiti mümkündür. NDCI ile klorofil-a arasındaki ilişkinin analiz edilmesi, belirli NDCI değerleriyle klorofil-a aralığını ilişkilendirmeye yardımcı olur. Bu çalışmada da göllerin su yüzey alanları belirlendikten sonra NDCI kullanılarak klorofil-a konsantrasyonları tahmin edilmiştir. Optik olarak temiz su kütlelerinde NDCI'nin -1'e yakın, orta ila yüksek alg biyokütlesinde -0,3 ile 1 aralığında ve algal çiçeklenmelerde 0,5 ile 1 arasında değişmesi beklenir.

Tablo 1. NDCI ve Chl-a Konsantrasyonu Arasında Kalitatif Karşılaştırma (Manuel ve Blanco, 2022)

NDCI Aralığı	Klorofil-a Aralığı (mg/m ³)
< -0,1	< 7,5
-0,1 - 0	7,5 - 16
0 - 0,1	16 - 25
0,1 - 0,2	25 - 33
0,2 - 0,4	33 - 50
0,4 - 0,5	> 50
0,5 - 1	Şiddetli çiçeklenme (Severe bloom)



Şekil 2. Göller Yöresi NDCI Dağılımı



Şekil 3. Göller Yöresi Klorofil-a Konsantrasyonunun Yıllara Göre Ortalama Değerleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Genel olarak, göller yöresinde klorofil-a konsantrasyonlarının değişimleri göl başına farklılık göstermektedir. Klorofil-a konsantrasyonlarındaki artışlar, genellikle su kalitesinde düşüş ve ötrofikasyonun artışı anlamına gelirken, azalmalar su kalitesinde iyileşme ve alg kontrol önlemlerinin etkinliği olarak değerlendirilebilir.
- Göller genel olarak ötrofik ve hipertrofik durumlar sergilemektedir. Yüksek klorofil-a değerleri, bu göllerin besin maddesi yükünün yüksek olduğunu ve alg büyümesinin yoğun olduğunu göstermektedir. Bu durum, su kalitesini olumsuz yönde etkileyerek oksijen seviyelerinin düşmesine, sucul yaşamın sağlığının bozulmasına ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açabilir.
- Uzaktan algılama yöntemleri, su kalitesinin izlenmesi ve yönetimi için güçlü ve etkili bir araçtır. Bu teknolojiler, geniş alanların izlenmesi, maliyet etkinliği ve uzun dönemli veri sağlama kapasiteleri ile çevresel izleme çalışmalarında vazgeçilmezdir. Ancak, uydu verilerinin yerinde ölçümlerle desteklenmesi ve doğrulanması, elde edilen verilerin doğruluğunu artırarak, su kalitesinin yönetimi ve korunmasında daha etkili stratejilerin geliştirilmesine olanak tanır.
- Göllerin sağlıklı ve sürdürülebilir ekosistemler olarak kalabilmesi için düzenli izleme ve etkin yönetim stratejilerinin uygulanması şarttır.
- Tarım ve kentsel kaynaklardan gelen besin maddesi yüklerinin azaltılması gerekmektedir. Bu, gübre kullanımının optimize edilmesi, atık su arıtma tesislerinin etkin çalıştırılması ve doğal filtreleme yöntemlerinin kullanılması ile sağlanabilir.
- Alg büyümesini kontrol etmek için biyolojik, kimyasal ve mekanik yöntemlerin uygulanması gerekebilir. Örneğin, biyolojik kontrol yöntemleri, alg yiyen balık türlerinin desteklenmesi ile sağlanabilir.

YAPILAN
ÇALIŞMALAR
VE
SONUÇLAR