



Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi  
The Journal of International Social Research  
Cilt: 8 Sayı: 37 Volume: 8 Issue: 37  
Nisan 2015 April 2015  
www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

## FARKLI UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK GÖKSU DELTASI GÖLLERİNDE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

### AN EXAMINATION OF TEMPORAL CHANGES IN GÖKSU DELTA LAKES USING DIFFERENT REMOTE SENSING TECHNIQUES

Murat KARABULUT\*

#### Öz

Deltalar, sahip oldukları verimli topraklar ve biyolojik çeşitlilik açısından sağladığı imkânlar nedeniyle insan ve doğal hayat için önemlidirler. Bu alanlar özellikle zengin sulak alan sistemlerini de desteklerler. Bu çalışma kapsamında uydu teknolojileri kullanılarak Göksu deltası sula klanlarının birer parçası olan göl alanlarında tarihsel süreç içerisinde meydana gelen doğal ve doğal olmayan değişimler TÜBİTAK 110Y295 numaralı proje kapsamında incelenmiştir. Bu değişimlerin hızı, yönü, lokasyonları ve trendleri analiz edilmiş, gelecekteki eğilimlere dair çıkarımların yapılması amaçlanmıştır. Çalışmanın hedeflerine ulaşmak için kontrolsüz sınıflama, NNDWI ve NDWI gibi dijital görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Landsat TM ve ETM uydusuna ait görüntüler kullanılarak 1984-1990 arasındaki 6 yıllık dönem ve 1990-2000-2010 yılları arasındaki 10'ar yıllık periyotlarda meydana gelen değişimler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre 1984-2011 yılları arasında arazi göl yüzey alanlarında önemli değişim ve varyasyonların gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışma periyodu boyunca doğal özellikle Akgöl için su yüzey alanlarının doğal ve beşeri faktörlerden daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Sucul bitkilerinin yayılım alanları göllerin çevresinde ise yıllar arasında dalgalı bir seyir izlemiştir. Çalışma ayrıca bu tür analizlerde NNDWI tekniğinin diğer indislerle birlikte kullanışlı olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan Algılama, NNDWI<sub>vis/NIR</sub>, NDWI<sub>G/NIR</sub>, Göksu Deltası,

#### Abstract

Deltas are important to both human activities and wildlife because they normally provide very fertile soil as well as a large amount biodiversity. These areas support particularly rich wetlands systems. In this study, historical process of natural and unnatural changes in Göksu Delta lake areas was examined by using satellite data. Speed, direction, locations and future trends of these changes analyzed and made some inferences about trends within TUBİTAK project (110Y295). To achieve the objectives of the study several digital image processing techniques such as unsupervised classifications, NNDWI and NDWI were used. The six-year period between the years of 1984-1990 and 10-year period between the years of 1990-2000-2010 were analyzed to reveal temporal changes in the delta by using Landsat TM and ETM satellite images. According to the results, during the study period of 1984-2011, lake surface areas were represented with significant variations and changes. It can be concluded, Akgöl surface area represented more variation due to the natural and human factors. Aquatic plants significantly fluctuated in the vicinity of large lakes between years. The study also revealed that the NNDW is useful technique in such analyzes beside other water detection indices.

**Keywords:** Remote Sensing, NNDWI<sub>vis/NIR</sub>, NDWI<sub>G/NIR</sub>, Göksu Delta.

## 1. Giriş

Deltalar, çevreyle ilgili oluşumları ve sahip oldukları biyolojik çeşitlilik açısından önemli bir değer oluşturmaktadırlar (Keçer ve Duman, 2007: 17). Başta su kuşları olmak üzere değişik tür ve karakterde çok zengin bitki ve hayvan topluluklarının gelişmesine ve barınmasına imkân sağlayan sulak alanları

\* Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ÜSKİM.

üzerlerinde barındırmaları nedeniyle de büyük öneme sahiptir. Sulak alanlar yukarıda saydığımız potansiyellerine ilave olarak, buldukları bölgenin su rejimini düzenleme, atık suları belirli ölçüde temizleme, hayvan otlatma, saz üretme, balıkçılık, avcılık, turizm, eğlence vb. pek çok işlevleri ile birlikte değişik etkilerle bölge ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır (Mitsch ve Gosselink, 2000; Arı, 2003: 2-4).

Türkiye dünyada önemli biyolojik rezervlerin, gen kaynaklarının, ekosistemlerinin yer aldığı deltalar ve dolayısıyla da önemli sulak alanlara sahip sayılı ülkelerden biridir. Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının karşılaşma alanında yer alan ülkemiz, göçmen kuşlar açısından kuzey ve güney sektörlerini bağlayan doğal bir köprü durumundadır (Gürbüz vd., 2003: 1).

Sulak alanların kırılğan ve hassas ekosistemler olmaları nedeniyle sürekli izlenip, korunması ve yönetim planlarının oluşturulması, gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Çünkü bu alanlarda özellikle su kaynaklarında meydana gelebilecek azalmalar, iklim değişimlerinin etkilerinin daha da üst düzeyde hissedilmesine sebep olacaktır (Anlı vd., 2011: 80). Bu durumun örneklerine Türkiye ve Dünya genelinde birçok bölgede rastlamak mümkündür. Bundan elli yıl öncesi ile karşılaştırılmayacak kadar göl yüzeyleri küçülen Aral ve Çad gölleri, ülkemizde de Tuz gölü ve Acıgöl bu durumun en iyi örnekleri olarak sayılabilir. Geline bu noktada su rezervlerinin azalması neticesinde bu tür alanlarda ciddi çevre sorunları meydana gelmektedir. Bu alanlarda beşeri faaliyetlerin etkisiyle sorunlar daha da derinleşmekte ve karmaşık hale gelmektedir. Ülkemizde son 60 yıl içerisinde bu kaotik durumu her yönüyle görmek mümkündür. Çünkü 1960'lı yıllara kadar sulak alanlar, sorunlu bölgeler olarak kabul edilmiş ve genellikle kurutulma faaliyetlerinin bir çözüm olduğu düşünülmüştür (Gürbüz vd., 2003: 1-2; Kıymaz vd., 2009: 110; Korkmaz, 2008: 20; Cirik vd., 2011: 70-77). Bütün bunların neticesinde birçok sulak alan ortadan kalkmıştır. Fakat yapılan bu kurutma faaliyetleri sonucunda istenilen zirai üretime erişilememiş; tuzlanma, organik toprakların yanması, drenaj sorunu, taşkınlar ve rüzgar erozyonu gibi daha birçok problemlerle karşılaşmıştır (Egemen, 2006: 1-116; Karaer vd., 2009: 83; Cirik vd., 2011: 70-77). Yani ekonomik olarak kar etmek bir yana; bilinçsizlikten kaynaklanan büyük ekonomik kayıplar yaşanmıştır (Gürbüz vd., 2003: 1).

Bu önemli alanlar üzerinde çalışan bilim adamları bu alanlar ile çevresi arasındaki mekânsal ilişkilerin üzerlerindeki baskıdan dolayı değişeceğini ve beklenmedik bazı sonuçların ortaya çıkabileceğini tahmin etmektedirler. Son dönemlerde yapılan çalışmalarla bu önemli alanlar hakkında çok değerli bilgiler elde edilmiş olmasına rağmen, bu alanların yönetimi, planlanması ve kullanım alternatifleri konusundaki çalışmalar istenilen düzeyde değildir. Benzer şekilde sulak alanların en önemli parçası olan göllerin su yüzey alanlarının seyri hakkında da çalışmalar yapılması gerekir. Özellikle yıllar arasındaki dalgalanmaların ve nedenlerinin bilinmesi bu alanlarla ilgili verilecek kararlar daha sağlıklı olacağı bir gerçektir. Bu alanların korunmasına yönelik stratejilerin üretilmesi ve uygulanması detaylı arazi örtüsü/kullanımı ve su yüzey alanları ile ilgili analizlere bağlıdır. Son yıllarda bu tür çalışmalarda kullanılan uzaktan algılama teknikleri geleneksel metotların sahip olduğu dezavantajları ortadan kaldırması nedeniyle bu tür çalışmalarda yoğun bir şekilde tercih edilmişlerdir. Uydu verileri yardımıyla göl alanları üzerinde meydana gelen değişimler izlenebilmekte ve elde edilen bulgular değişimin yönü, gücü ve miktarı hakkında geleneksel yöntemlerle elde edilmesi mümkün olmayan bilgilere ulaşılabilmektedir. Özellikle orta çözünürlükteki uydu verilerinin daha kolay temin edilebilme özelliğine sahip olması, yoğun işgücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmaları, geniş alanlarda bütün ekosistemi içerisine alacak şekilde tekrarlanabilen verileri üretmeleri nedeniyle birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Genç vd., 2004: 64; Akkartal vd. 2005: 1; Handil ve Ülker, 2005: 86; Karabulut, 2006: 30; Alphan, 2006: 8-9; Tağlı, 2007: 9).

AÖ/AK değişimleri, iklim diğer doğal ve beşeri faktörler ile sulak alanlar arasındaki ilişkilerin araştırılması da önemli bir konudur. Özellikle, Kuraklık ve yağış sulak alanları etkileyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla bu noktada su kaynaklarına yönelik değişim analizlerinin yapılması gerekliliği doğmuştur (PASTOR vd., 2010: 255). Su kaynakları üzerinde meydana gelen değişimlerin analizi günümüzde üzerinde durulması gereken belki de en önemli konudur. İnsanoğlunun var olduğu günden bu yana büyük ihtiyaç duyduğu suyun, nüfusun giderek arttığı, iklim değişikliğinin en büyük olumsuz yanlarından birisi olarak görülen su kıtlığı ve kuraklık tehlikesinin belirdiği, çevre sorunlarına bağlı olarak kirliliğin hat safhaya ulaştığı ve kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının her geçen gün azaldığı günümüzde, değişiminin analizi bir zorunluluktur (Şener vd., 2005: 148; Reis vd., 2007: 3-5; Lee ve Yeh, 2009: 488).

Türkiye'deki diğer birçok sulak alanın aksine Göksu deltası sahip olduğu biyolojik ve ekolojik değerlerden dolayı çeşitli koruma statülerine sahiptir. Ancak alanda bulunan göller üzerindeki baskı

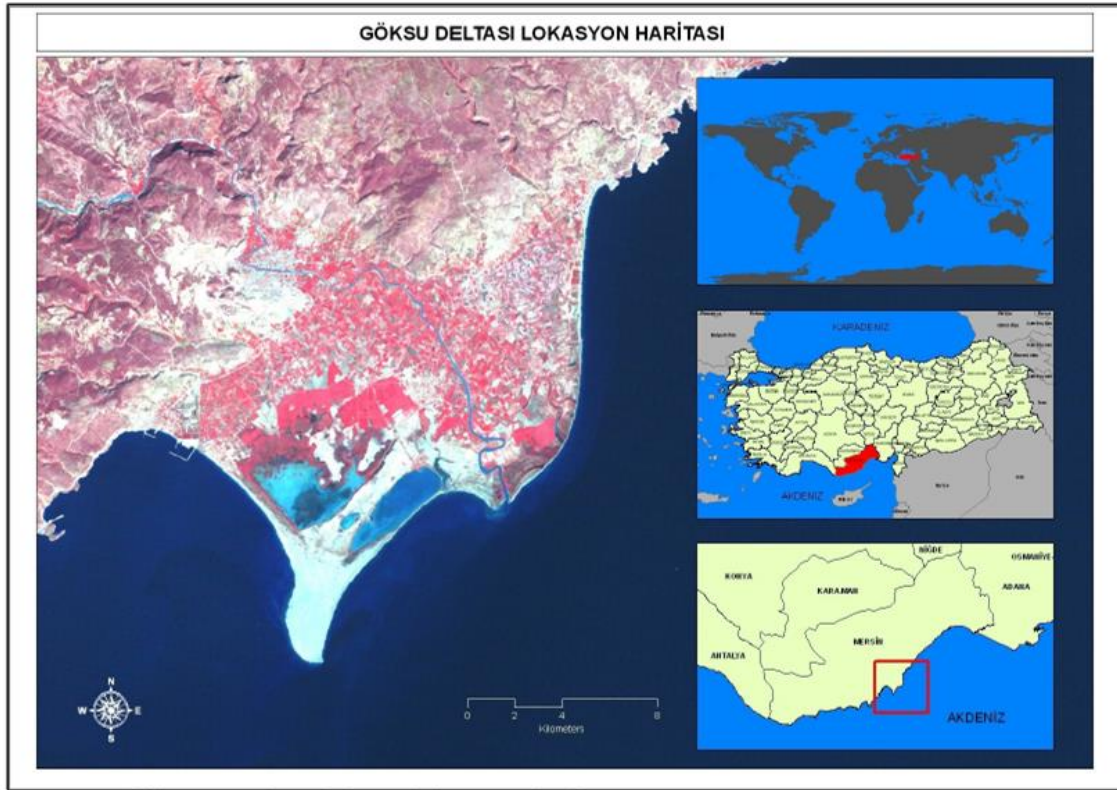
ortadan kalkmamış, birçok doğal ve beşeri etken nedeniyle su potansiyelinde dalgalanmalar meydana gelmeye devam etmiştir. Bu nedenle su yüzey alanlarındaki değişimlerin izlenmesi gerekir. Bu tür değişimlerin geleneksel metotlarla izlenmesi çok zor olduğu için özellikle uydu ve bilgisayar teknolojilerinden yararlanılması zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde uydu teknolojilerindeki hızlı gelişim beraberinde uzaktan algılamanın perspektifini de genişletmiştir. Son dönemlerde dünyada su yüzeyi değişimlerinin belirlenmesi çalışmaları yaygın bir şekilde yapılmakta olup, ülkemizde uzaktan algılama yöntemlerinin bu tür çalışmalarda kullanılması henüz başlangıç aşamasındadır.

Uydu görüntüleri üzerinden suyla kaplı alanların diğer alanlardan sağlıklı olarak ayırt edilebilmesi ve su bileşenlerinin tanımlanması için su indisleri oluşturulmuştur (McFeeters, 1996: 1426-1427; Gao, 1996: 258; Xu, 2006: 3026; Ji vd., 2009: 1308; Karaman vd., 2011: 67-68; Akar vd., 2012: 46). Suyun yetersiz olduğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde detaylı bilgi ve periyodik bir izleme, su haritalama çalışmalarının kalitesinin iyileştirilmesi ve yöntemsel yaklaşımların geliştirilmesi çok önemlidir (Lehner ve Döll, 2004: 2). Açık su yüzeylerinin, sel ve taşkın alanlarının, su berraklığının belirlenmesi çalışmalarının yanında sulak alanlarda da çeşitli su indisleri (NDWI) geliştirilmiş ve kullanılmıştır (McFeeters, 1996: 1426-1427; Gao, 1996: 259; Xu, 2006: 3026; Ji vd., 2009: 1308; Karaman vd., 2011: 67-68; Campos vd., 2012: 441). NDWI ile iki farklı band oranlanarak yeni bilgilere ulaşılır. Dolayısıyla farklı dalga boyları arasında hem suyun spektral sinyalinin yansıma zıtlığı artırılır hem de bu farklı dalga boyları arasındaki problemlerin büyük bir kısmı giderilir (McFeeters, 1996: 1426-1427; Gao, 1996: 259). Uydu görüntülerinde Yakın İnfrared (NIR) bandının, su yüzeyi çalışmalarında absorpsiyon özelliğinden yararlanılarak sonuçlar üretilmesi çok tercih edilen bir yöntemdir.

Bu çalışmada, farklı band kombinasyonları kullanılarak elde edilen NDWI (New Normalized Difference Water Index) tekniklerinin yanında kontrolsüz sınıflama tekniğiyle Göksu deltasındaki Akgöl, Paradeniz ve Kuğu göllerinin su yüzey alanlarında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Çalışma Alanı

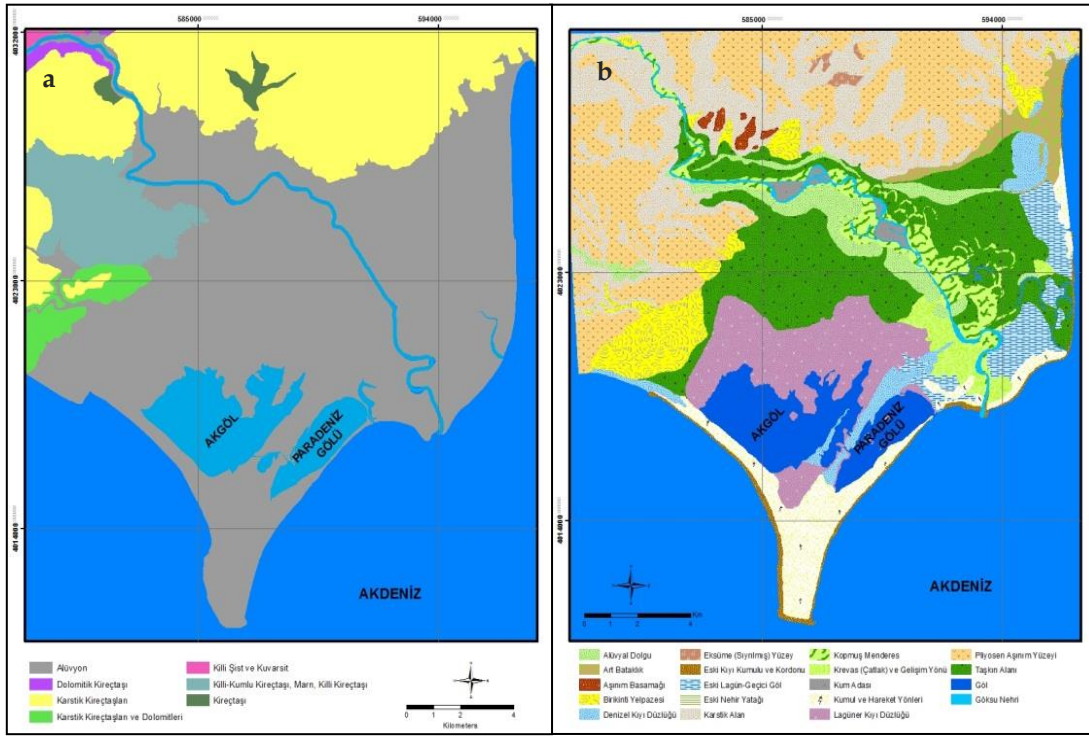
Akdeniz bölgesinin Adana bölümünde yer alan Göksu deltası, güneyden Akdeniz, batıdan Taşucu, kuzey-kuzeybatıdan Silifke ve doğudan Atakent (Susanoğlu) şehirseller alanları ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Yaklaşık 155 km<sup>2</sup>'lik delta alanının yaklaşık 17km<sup>2</sup>'sini sulak alanlar (göl, nehir ve azmaklar) oluşturur. Deltanın kıyı uzunluğu ise yaklaşık 35 km'dir.



Şekil 1: Göksu Deltası lokasyon haritası

Deltayı çevreleyen tepelik alanlarda Alt Miyosen formasyonları, ovada ise Kuaterner formasyonları geniş yer kaplamaktadır (Şekil 2). Özellikle kuzey kısımlarda bitki örtüsünün zayıf oluşu karstik gelişmeyi hızlandırarak obruk ve lapyaların geniş yer kaplamasına neden olmuştur (Sırakaya, 1995). Delta morfolojisinin oluşumunda etkili olan süreçleri Keçer (2001), üç başlık altında değerlendirmiştir. Bunlar: (1) akarsuya bağlı birimler, (2) kıyıya bağlı birimler ve (3) rüzgâra bağlı birimlerdir. Würm buzulunun erimesiyle meydana gelen Flanderiyen transgresyonu sonucunda denizin yükselerek Pleistosen aşınım yüzeylerine değmesi ile oluşan kıyı boyunca, çevredeki akarsuların taşıdığı malzemeleri biriktirmesi sonucunda akarsuya bağlı birimler (birikinti yelpazeleri, azmaklar, leveler vb.), bu transgresyon sırasında akarsularla yarılarak platoya dönüşmüş alanın deniz suları ile boğulması sürecinde kıyıya bağlı birimler (abrazyon platformları, plajlar, falezler, çentikler vb.) ve Göksu nehrinin taşıdığı yükün deniz tarafından kuzeye ve batıya taşınması sırasında iyi yıkanarak boyutları küçülen kumulların vejetasyondan yoksun, tuzlu ve yetersiz pedolojik şartlarda kıyıdan içeri doğru taşınması sürecinde ise rüzgâra bağlı birimler (kıyı kumulları) oluşmuştur (Şekil 2; Keçer, 2001).

Delta ve çevresinde tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Silifke istasyonuna ait 1975-2008 yılları arasındaki 34 yıllık verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 19,1 °C'dir. En sıcak aylar 28,0 °C ile Temmuz ve Ağustos, en soğuk ay ise 10,1 °C ile Ocak ayıdır. Maksimum sıcaklık ortalaması en yüksek olan ay 33,4 °C ile Eylül, minimum sıcaklık ortalaması en düşük olan ay ise 2,2 °C ile Şubat ayıdır. Yıllık nisbi nem ortalaması % 61,3'tür. Nemin en yüksek olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos iken en düşük olduğu aylar Ekim, Kasım, Ocak ve Şubat aylarıdır. 34 yıllık verilerin ortalamalarına göre deltaya yıllık 560,5 mm yağış düşmektedir. En fazla yağış 117,2 mm ile Aralık ayında düşerken en az yağış ise 1,1 mm ile Ağustos ayında düşmektedir.



Şekil 2: Göksu Deltası (a) litolojik birimler ve (b) jeomorfoloji haritası (Keçer, 2001'den değiştirilerek)

Deltayı oluşturan ve drenaj havzası 10.000 km<sup>2</sup> 'den fazla olan Göksu nehri, Hadım Göksuyu ve Ermenek Göksuyu halinde Taşeli platosunun sularını toplayarak kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru akar ve Mut kasabası yakınlarında bu iki büyük kolun birleşmesiyle Akdeniz 'e kadar Göksu nehri adını alır (Özer, 2008: 9). Uzunluğu 250 km'den fazla olan Göksu nehri, yıllık ortalama 130 m<sup>3</sup>/saat debisi ile Akdeniz sahillerinde Ceyhan nehrinden sonra ikinci yüksek debiye sahip akarsudur (ÖÇKK, 1999: 3-5). Göksu nehrinde en yüksek aylık akış kar erimeleri sonucunda Nisan ayında gerçekleşir ve Ocak'tan Haziran'a kadar olan süreçte sık sık taşkınlar meydana gelir. Deltaya tek deniz suyu girdisi fırtınalar sırasında kıyı şeridinin deniz suyu taşkınına uğraması şeklindedir. Son yıllarda sulama sistemi aracılığıyla önemli miktarda nehir suyu da deltayı beslemektedir. Yerüstü su kütlelerinin alanı ise 1.600 ha' dan fazladır. Bunların en büyükleri Akgöl, Paradeniz gölü ve bu iki göl arasında bağlantı sağlayan Kuğu gölüdür.

Bugün acımsı-tatlı bir göl olan Akgöl'deki su seviyesi, sulamanın en fazla olduğu dönemde (Mayıs sonu-Ekim sonu) en yüksek seviyeye ulaşır. Derinliği 50-60 cm olan gölde kış boyunca su seviyesi yağışa bağlı olarak 40 cm kadar değişim gösterebilmektedir (ÖÇKK, 1999: 3-5). Paradeniz lagünü bir kıyı kordonu ile denizden ayrılır. Ancak gölün güneydoğusundaki boğaz vasıtası ile deniz ile göl arasındaki bağlantı devam etmektedir. Akgöl'e oranla daha derin olan gölün orta kısımlarında derinlik 2 m'yi bulmaktadır. Gölün suyu deniz ile bağlantısı nedeniyle tuzlu-acımsı yapıdadır. Diğer önemli daimi göller Akgöl ile Paradeniz arasında yer alan Kuğu Gölü, Paradeniz gölünün doğusundaki aşırı tuzlu Arapalanı gölü ve nehrin doğudaki eski ağızıdır.

Göksu Deltası yüzey sularının hidrolojik tarihçesine bakıldığında oldukça dramatik değişikliklerin olduğu görülür. 1940'ların başında Akgöl aşırı tuzlu ve yaz aylarında kuruyan bir göl olduğundan güneybatısından tuz çıkarma işlemi yapılmaktaydı. Paradeniz ve Arapalanı göllerinin Akdeniz ile açık bağlantısı mevcuttu, fakat bu bağlantı zaman zaman kopmaktaydı. Bölgede yer yer tatlı su bataklıkları da (Fiyat ve Sazlı göl, Tekfur bataklığı, eski nehir yatakları, kopuk menderesler, kumulların kara tarafları) görülmekteydi (Karaömerlioğlu, 2007: 36-38). Ancak bu dönemde delta alanı sık sık taşkınların meydana geldiği, çorak ve problemlili bir arazi olarak görülmüş ve Göksu deltasının bazı bölgelerine birtakım müdahalelerde bulunulmuştur.

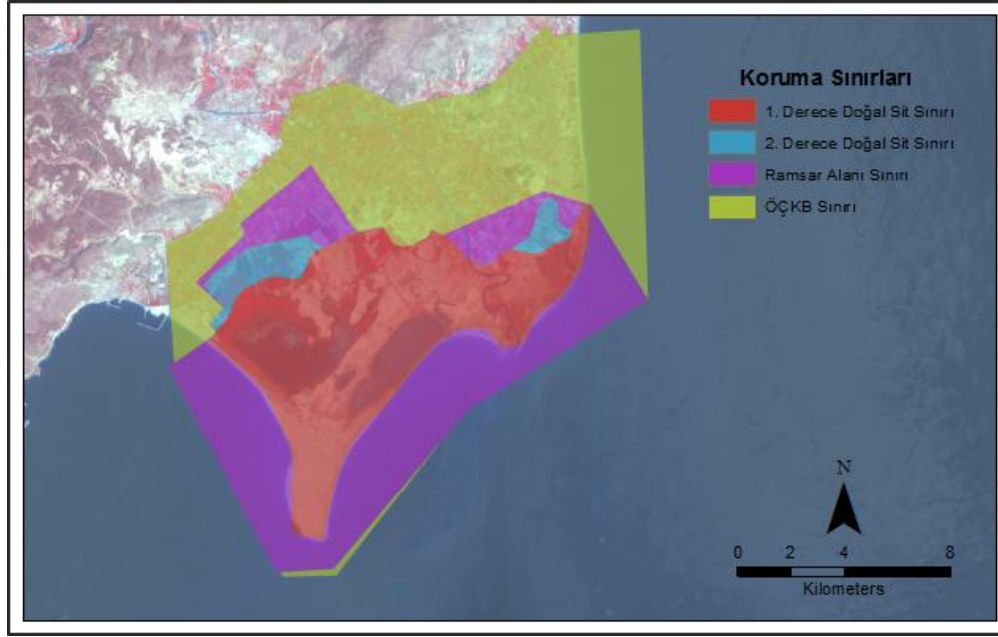
Bunlardan ilki taşkınları engellemek ve tarım arazisi kazanmak için yapılan Göksu nehrinin akış yolunu değiştirerek doğrusal akışa zorlanması olmuştur. Bu çalışma neticesinde Göksu nehri yatağı şimdiki Cırba'dan bu günkü yerine getirilmiştir. Bunun sonucunda Akgöl sürekli bir göl olmuş, tuzluluk azalmış, balık ve bitki popülasyonları artmıştır. Yapılan bu müdahaleler taşkınların oluşmasını engelleyememiş ve 1992 yılında nehir üzerindeki ilk baraj olan Gezende barajı inşaatı tamamlanmıştır. Böylece önceden taşkın sahası olan alanların yerine SEKA kâğıt fabrikası, II. konut evler ve turistik tesisler imar edilmiştir (Karaömerlioğlu, 2007: 36-38). Alandaki diğer önemli değişiklik, Tekfur bataklığının kurutulması olmuştur. 1950 yılının sonlarında Tekfur bataklığı DSİ'nin I. Merhale sulama ve drenaj projesine dâhil edilmiş ve bataklık tamamen ortadan kaldırılmıştır. Sel olayları halen devam ettiği için 1960 yılı sonlarında Tekir ve Susanoğlu arasındaki 113 ha'lık alan tekrar bataklık haline dönüştürülmüştür. Ancak 1970'lerde bataklık yeniden yok olmuştur (Karaömerlioğlu, 2007: 36-38).

Yapılan bu müdahaleler insanların yaşam şekli üzerinde de etkili olmuş, konargöçer üretim şekli yerini yerleşik düzene bırakmıştır. Böylece deltadaki arazi kullanımı, ürün deseni ve üretim şekli de değişmiştir. I. Merhale projesinden önce bölgede hayvancılığın yanı sıra buğday, arpa, çeltik, susam, yerfıstığı gibi ürünlerin tarımı yoğun olarak yapılmaktayken proje sonrası geniş tarım arazileri kazanılmış ve narenciye, çilek, turfanda sebze, bakla, mısır, bostan gibi ürünlerin tarımı yapılmaya başlanmıştır (ÖÇKK, 2009: 186). Deltanın sulama olanakları, iklimi ve toprak yapısının çok çeşitli tarım ürünlerinin yetişmesinde olumlu rol oynamasından dolayı iki yıla yakın bir süre içinde beş ürün alınabilmektedir. Geçmişte Göksu deltasında büyük öneme sahip olan hayvancılık faaliyetleri, otlakların tarım ve yerleşim alanlarına dönüştürülmüş olması ve koruma statülerinin getirdiği kısıtlamalar nedeniyle günümüzde önemini kaybetmiştir. Tarımsal faaliyetlerin yoğunluğuna karşın Göksu deltası, hem içinde ve çevresinde yaşayan kültürler için hem de burada yaşayan birçok canlı türü için yaşamsal öneme sahiptir bir habitattır.

Türkiye'de tespit edilen kuş türlerinin yaklaşık 2/3'si Göksu deltasında gözlemlenmiştir (ÖÇKK, 1999: 31). Bu özelliğinin yanında delta sisteminde nesli dünya çapında tehlike altında olan birçok kuş türü üremekte ve binlerce göçmen kuş buradaki lagünlerde kışı geçirmektedir. Türkiye'deki 140 uluslararası öneme sahip kuş türünün 106'sı, dünya çapında yok olma tehlikesi altındaki 24 kuş türünün de 12'si deltada bulunmaktadır (ÖÇKK, 1999: 31). Akdeniz Foklarının yanı sıra, su samuru, porsuk gibi memeli hayvanlarla birçok sürüngen türü de deltada barınmaktadır. Aynı zamanda delta sahilleri Caretta caretta (Adi deniz kaplumbağası), Chylonia mydas (Yeşil deniz kaplumbağası) ve Trionyx triunguis (Yumuşak kabuklu Nil kaplumbağası) türleri için Akdeniz'deki en önemli üreme alanıdır. Diğer yandan deltada toplam 442 bitki türü tespit edilmiş, bunların 32'si kritik, tehlike altında, nadir ve hassas türlerdir (Meriç ve Kavruk, 2007: 199). Sahip olduğu ekolojik değerleri nedeniyle delta birçok yasal statü ile koruma altına alınmıştır (Şekil 3). Bu kapsamda;

- 1989 yılında Yaban Hayatı Koruma Sahası (YHKS),
- 1990 yılında Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB),
- 1994 tarihinde Ramsar alanı,

▪ 1996 yılında ise I. Derecede Doğal Sit ilan edilmiştir. Ayrıca çeşitli uluslararası projeler kapsamında Önemli Bitki Alanı (ÖBA), Önemli Doğa Alanı (ÖDA) ve Önemli Kuş Alanı (ÖKA) olarak tanımlanmıştır (Meriç ve Kavruk, 2007: 198).



Şekil 3: Göksu Deltası koruma sınırları

### 3. Materyal ve Metot

Yüzey suları, sahip olduğu ekolojik ve ekonomik değerleri nedeniyle sürekli olarak izlenmesi gereken alanlardır. Uzaktan algılama yöntemleri yüzey suları değişimlerinin izlenmesi ve haritalanmasında büyük avantajlar sağlar (Ji vd., 2009: 1308). Ancak su yüzey değişim analizlerinde kullanılan verilerin zamansal çözünürlüğüne dikkat edilmelidir (Jensen, 1996: 3; Karabulut vd., 2004: 2). Çünkü herhangi bir alanın sınıflandırılmasında görüntülerin birbirlerine yakın tarihlerde alınmış olması da değişim analizlerinde göz önünde bulundurulması gereken konuların başında gelmektedir. Bu çalışmada da mümkün olduğunca birbirine yakın tarihlerde elde edilen görüntüler kullanılmasına özen gösterilmiştir.

Göksu deltasındaki üç büyük gölde (Akgöl, Kuğu, Paradeniz) farklı tarihlerdeki su yüzeyi değişimlerinin belirlenmesi amacıyla değişik band kombinasyonlarından oluşan iki farklı su indisi ve kontrolsüz sınıflama tekniği kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 03.08.1984, 04.08.1990, 30.07.2000, 27.08.2010, 13.07.2011 tarihli Landsat TM uydu görüntüleri kullanılarak analizler yapılmıştır.

Su indisi tekniklerinden görünür (R+G+B) bölgedeki bandların toplanarak yakın kızılötesi banda oranlanmasıyla elde edilen indis (NNDWI) de bu çalışma için geliştirilmiş ve kullanılmıştır. İndis aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. Çalışmada iki farklı indisin kullanılmasının nedeni, sonuçları karşılaştırmak suretiyle en gerçekçi sonucu veren hesaplama yönteminin bulunmasıdır.

$$NNDWI = \frac{\text{Görünür Bandlar (R + G + B)} - \text{Yakın Kızılötesi (NIR)}}{\text{Görünür Bandlar (R + G + B)} + \text{Yakın Kızılötesi (NIR)}}$$

Bu çalışmada McFeeters (1996) tarafından açık su yüzeylerinin tanımlanması ve sınırlarının belirlenmesi için geliştirilen yeşil (2. Band) ve yakın kızılötesi (4. Band) band kombinasyonu kullanılan su indisi tercih edilmiştir. İndis aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$NDWI = \frac{\text{Yeşil (G)} - \text{Yakın Kızılötesi (NIR)}}{\text{Yeşil (G)} + \text{Yakın Kızılötesi (NIR)}}$$

Standart indis değerleri -1 ile +1 arasında rakamlar göstermektedir. Sonuç olarak yüksek pozitif değerler su, düşük pozitif ve negatif değerler de diğer arazi bileşenlerini (toprak, kum bitki) ifade etmektedir. Ancak bu çalışmada eksi değerlerinin bazı istatistiksel hesaplamalarda sorun oluşturması nedeniyle indis sonuçları 0-255 olacak şekilde yeniden ölçeklendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan bir başka teknik de kontrolsüz sınıflamadır. Kontrolsüz sınıflamada görüntüde yer alan piksellerin dijital numaralarından hareketle benzer piksellerin aynı sınıfa dâhil edilmesi

amaçlanmaktadır (ERDAS, 2010: 511). Yani benzer spektral karakterleri temsil eden pikseller aynı grupta yer alırlar. Bu nedenle verinin doğasında bulunan spektral kümeleri ortaya koymakta en etkili algoritma olan ISODATA (Tekrarlı Kendini Organize Eden Veri Analizi) tercih edilmiştir. Sınıflandırma kapsamında öncelikle 25 sınıf oluşturulmuş, ardından Kara, Sulak Alan ve Su olmak üzere 3 ana sınıf altında birleştirilmiştir.

Sonuç olarak deltada yer alan göllerin 3 farklı teknikte alanları belirlenerek, birbirlerinden hangi durumlarda ayrıldığı ve bu farklılığın nedenleri üzerinde tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanarak, su yüzeylerinin belirlenmesinde en etkili teknik ortaya konulmaya çalışılmıştır.

#### 4. Bulgular ve Tartışma

##### 4.1. NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> Yöntemi

Görünür bölgedeki bandların toplanarak Yakın İnfraredden farkının toplamına oranlanmasıyla elde edilen indis kullanılarak deltada yer alan göllerin yüzeyleri hesaplanmış ve değişimler ortaya konulmuştur. Tablo 1' de Göksu deltası sulak alanlarındaki Akgöl, Kuğu ve Paradeniz gölleri için farklı tarihlerde hesaplanmış NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> değerlerinden hareketle göllerin toplam alanları gösterilmektedir.

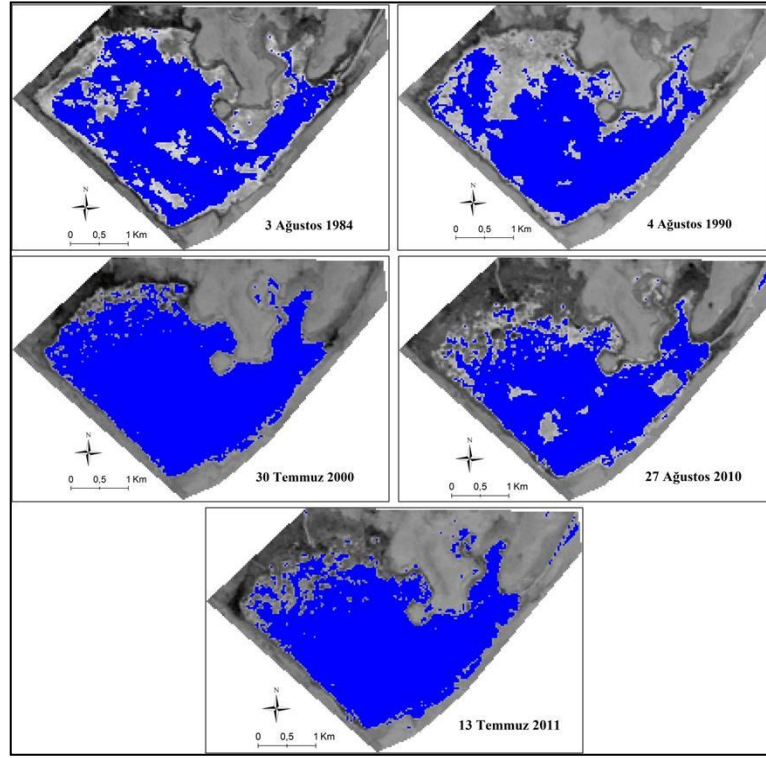
Tablo 1: Göllerin NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> tekniğiyle farklı tarihlerdeki toplam alanları

Tarih/L okasyon	A kgöl(ha)	Kuğu Gölü(ha)	Paradeniz(ha)
03.08.1984	642,24	27,63	519,12
04.08.1990	610,38	30,60	524,25
30.07.2000	847,53	29,97	509,67
27.08.2010	596,34	28,89	514,71
13.07.2011	759,24	30,96	509,85

Akgöl için belirtilen yıllar içerisinde göl aynasının toplam alanında meydana gelen değişimler incelendiğinde (Tablo 1; Şekil 4), su yüzeyi 1984 yılında 642,24 ha alan kaplarken, 1990 yılında yaklaşık % 5'lik bir daralma ile 610,38 hektara gerilemiştir (Tablo 1). 1990'da ÖÇKB ve 1994 yılında ise Ramsar alanı olarak koruma altına alınması sebebiyle göl alanında % 38.85 oranında bir artış görülmüş ve 2000 yılında 847,53 hektara ulaşmıştır. Ancak bu tarihten 10 yıl içerisinde göl aynası dramatik bir azalışla 596,34 hektara gerileyerek, 1990 yılındaki sınırın da altına düşmüştür. Bu yaklaşık % 30'luk gerilemenin sebebinin açılan drenaj kanallarından taşınan sedimentlerin göl tabanında birikerek sucul bitkilerin artmasına etki ettiği ve görüntünün Ağustos ayı sonunda alınmış olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bu durumda da göl içerisindeki sucul bitki örtüsünden yansımalar hâkim hale geçerek göl yüzey alanının düşmesine neden olmaktadır. Bununla beraber 2011 yılına gelindiğinde ise gölalanı geçen süre zarfında kaybettiği alanı tekrar geri kazanarak 162,9 ha artmış ve 759,24 hektara ulaşmıştır (Tablo 1). Göldeki su miktarını etkileyen diğer bir faktör de Paradeniz ve Kuğu gölleri yoluyla Akgöl'e ulaşan deniz sularıdır.

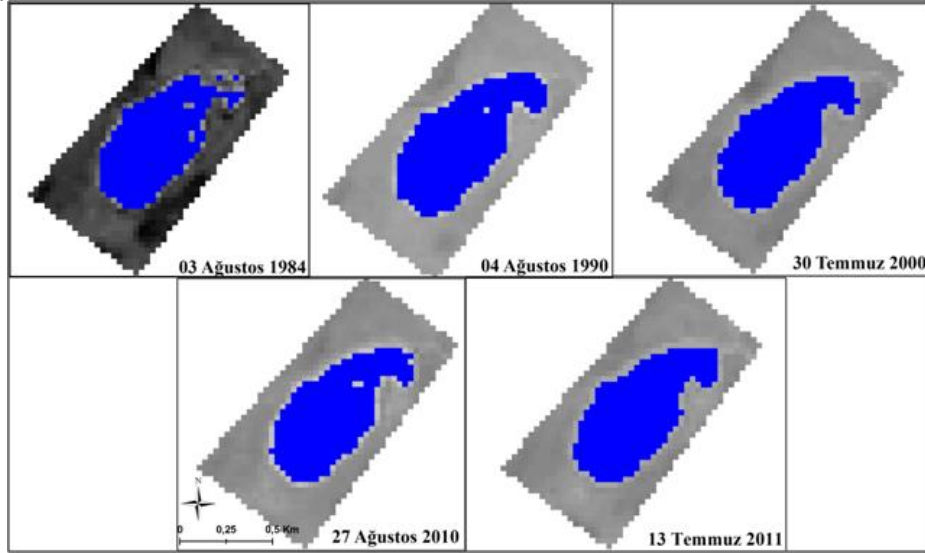
Tablo 2: Göllerin NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> tekniğiyle alansal ve oransal değişimi

Yıl	Akgöl		Kuğu Gölü		Paradeniz	
	Değişim (ha)	Değişim %	Değişim (ha)	Değişim %	Değişim (ha)	Değişim %
1984-1990	-31,86	-4,96	2,97	10,75	5,13	0,99
1990-2000	237,15	38,85	-0,63	-2,06	-14,58	-2,78
2000-2010	-251,19	-29,64	-1,08	-3,60	5,04	0,99
2010-2011	162,90	27,32	2,07	6,69	-4,86	-0,94



Şekil 4: Akgöl'ün (1984-2011) NNDWI<sub>vis/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

Kuşu gölü, Akgöl ve Paradeniz gölleri arasında yer alan ve bu iki gölün birbiriyle olan bağlantısını açılan kanallar vasıtasıyla sağlayan daimi bir göldür. Kuşu gölünde 1984'ten 2011 yılına toplam değişim yaklaşık 3,5 ha civarındadır (Tablo 2; Şekil 5). 1984 yılında en düşük seviye olan 27,63 ha iken, 1990 yılında % 10 artarak 30,60 hektara yükselmiştir. Ancak bu tarihten sonra 2000 yılında 29,97 ve 2010'da 28,89 hektara gerilemiştir. 2011 yılında ise pik değerine ulaşarak 30,96 ha alan kaplamıştır (Tablo 1).

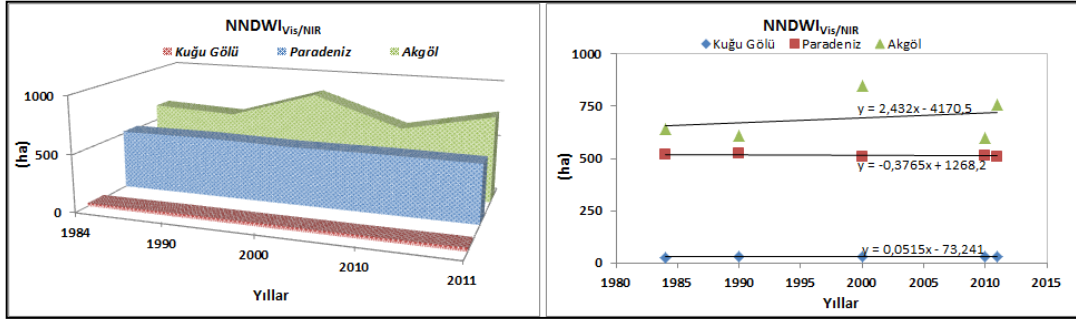


Şekil 5: Kuşu Gölü (1984-2011) NNDWI<sub>vis/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

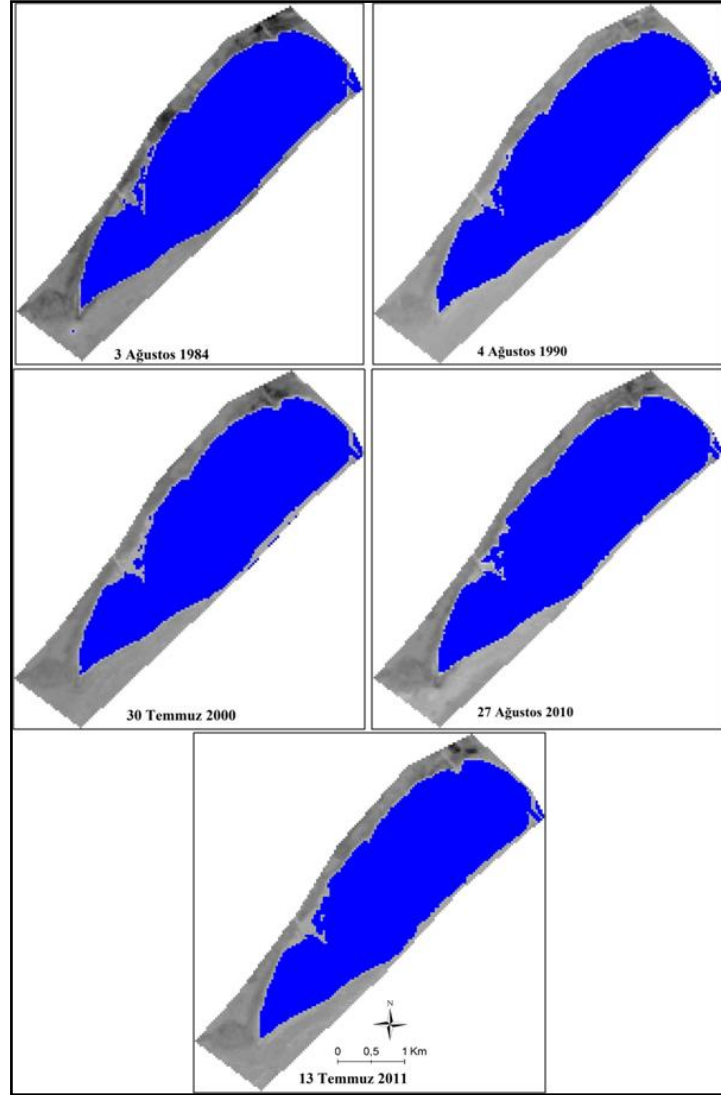
Paradeniz lagünü, Akgöl ve Kuşu göllerinin Akdeniz ile olan bağlantısını sağlayan göldür (Şekil 7). Belirtilen göllere tuzlu su girişi Paradeniz lagünü vasıtasıyla olmakta ve göllerin reşarj-deşarjı da bu sayede sağlanmaktadır. Su seviyesinin oransal olarak en az değişkenlik gösterdiği Paradeniz'in 1984 yılındaki alanı 519,12 ha olarak tespit edilmiştir. 1990 yılında gölalanı 5 ha artarak en yüksek değer olan 524,25 hektara ulaşmıştır (Tablo 1). Bu tarihten sonra % 14'lük bir azalma göstererek, 2000 yılında en düşük alan olan 509,67 hektara gerilemiştir. 2010 yılında % 5 artarak 514,71 ha olan gölalanı, 2011 yılında tekrar gerileyerek 509,85 ha olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Gölalanı ÖÇKK (2009) yönetim planı raporunda 602 hektar olarak



belirtilmektedir. Bulduğumuz sonuçlarla raporun tam olarak örtüşmeme nedeni olarak ÖÇKK hesaplamasında göl çevresindeki habitatların da hesaplama katılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6: NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> yöntemi ile göl yüzeylerinin zamansal değişimi



Şekil 7: Paradeniz (1984-2011) NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

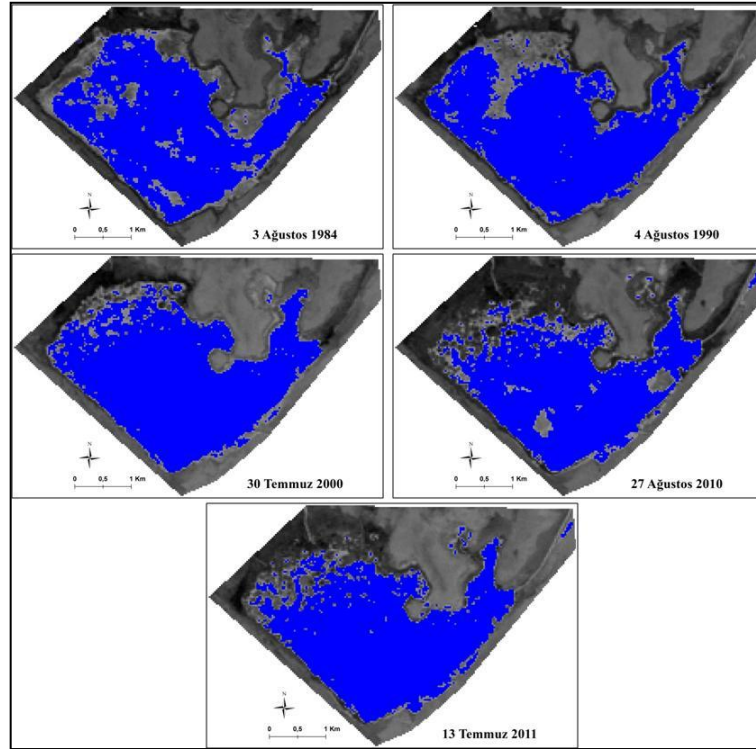
#### 4.2. NDWI<sub>G/NIR</sub> Yöntemi

McFeeters tarafından 1996 yılında geliştirilen görünür bölgedeki yeşil dalga boyundaki bandın Yakın İnfraredden farkının toplamına oranlanmasıyla elde edilen bir diğer indis kullanılarak deltada yer alan göllerin yüzeyleri hesaplanmış ve değişimler ortaya konulmuştur. Tablo 3’de göllerin çeşitli tarihlerde NDWI<sub>G/NIR</sub> yöntemiyle hesaplanmış alanları görülmektedir.

Tablo 3: Göllerin NDWI<sub>G/NIR</sub> tekniğiyle farklı tarihlerdeki toplam alanları

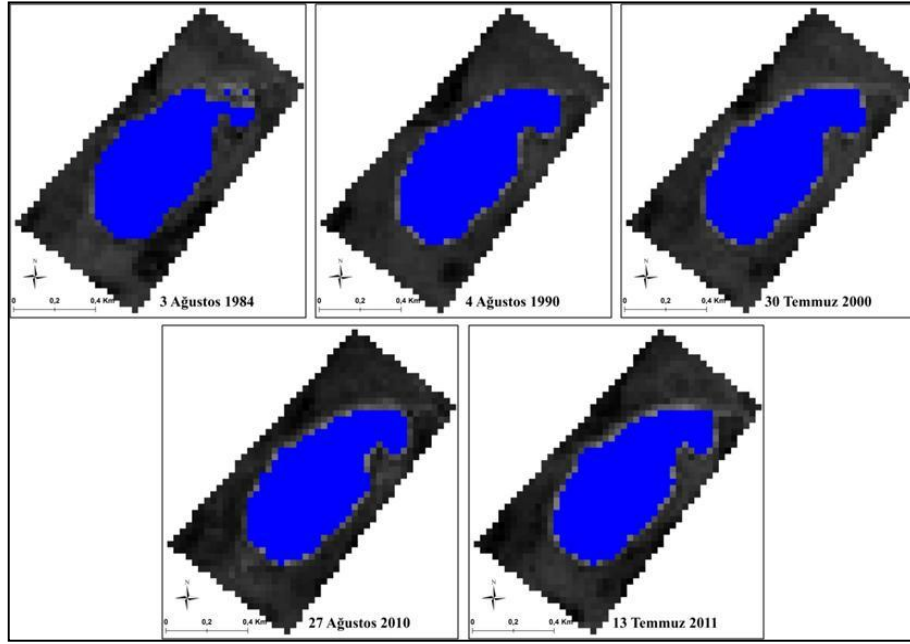
Tarih/Lokasyon	Akgöl(ha)	Kuğu Gölü(ha)	Paradeniz(ha)
03.08.1984	683,82	28,53	520,02
04.08.1990	743,22	31,5	520,74
30.07.2000	804,06	31,77	516,78
27.08.2010	623,97	31,5	521,01
13.07.2011	714,78	31,41	487,98

Akgöl’ün 1984 yılından 2011 yılına kadar geçirdiği değişim Şekil 8’de görülmektedir. Verilen bilgiler ışığında Akgöl’de ilk üç tarihte (16 yıl) göl yüzeyi sürekli olarak artış göstermiştir. Bunu takip eden yıllarda ise göl aynasının kapladığı alanda dalgalanmalar görülmektedir. Buna göre 1984 yılında göl aynasının kapladığı alan 683,82 ha olarak hesap edilmiştir. 1990 yılında ise artış göstererek 743,22 hektarı bulmuştur. 2000 yılına gelindiğinde ise göl aynası maksimum alanına ulaşmış ve 804,06 ha olarak belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında göl içi ve kenarında daha önceki dönemlerde var olan sucul bitkilerin ortadan kalkmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Buna karşılık 2010 yılında ise göl, kapladığı alan bakımından en düşük seviyeye gerilemiş ve 623,97 ha olarak hesaplanmıştır. 2011 yılına gelindiğinde ise göl alanında tekrar bir artış gözlenmiş ve 714,78 ha olarak belirlenmiştir (Tablo 3).



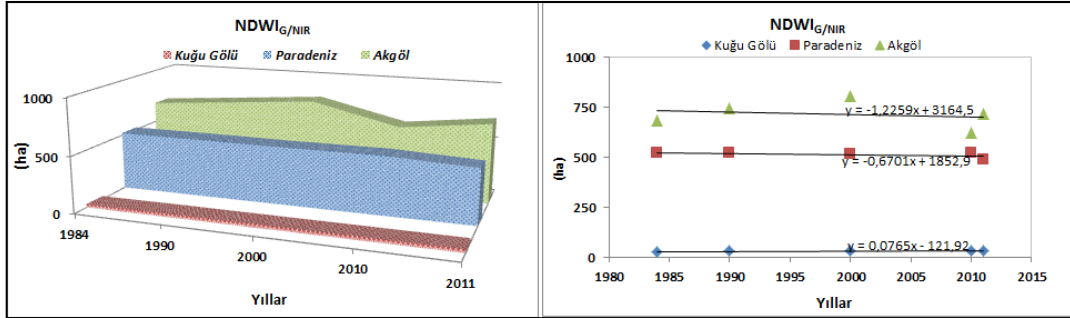
Şekil 8: Akgöl’ün (1984-2011) NDWI<sub>G/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

Kuğu gölünün belirtilen yıllar içerisindeki değişimi Şekil 9’da görülmektedir. Buna göre göl, 1984 yılında 28,53 ha alan kaplarken, 1990 yılında 31,50 ha olarak belirlenmiştir. 2000 yılında ise yine Akgöl’de olduğu gibi en yüksek seviyeye ulaşmış ve 31,77 ha alan kapladığı hesap edilmiştir. 2010 yılında göl 1990 yılındaki alanına gerilemiştir. 2011 yılında ise daralma devam etmiş ve gölün 31,41 ha alana yayıldığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

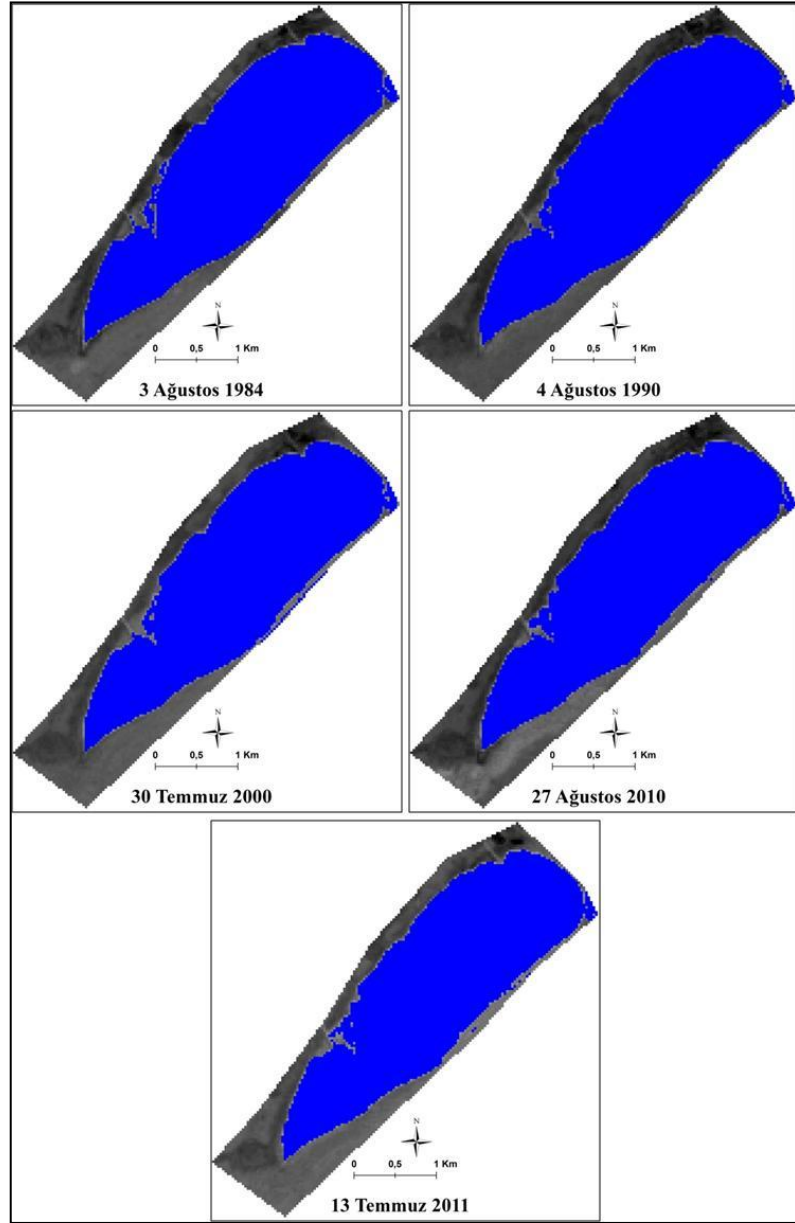


Şekil 9: Kuğu Gölü (1984-2011) NDWI<sub>G/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

Şekil 11’de Paradeniz lagününün 1984-2011 yılları arasındaki değişimi görülmektedir. Buna göre Paradeniz lagünü 1984 yılında 520,02 ha alan kapladığı ölçülmüştür. 1990 yılında ise göl yüzeyinde önemli alansal bir değişim görülmemiştir. 2000 yılında bir önceki tarihe göre gerileme yaşanmış ve göl 516,78 ha kapladığı hesaplanmıştır. 2010 yılına gelindiğinde göl, maksimum alanına ulaşmış ve 521,01 ha alan kaplamıştır. 2011 yılında ise minimum seviye olan 487,98 ha olarak belirlenmiştir (Tablo 3; Şekil 10).



Şekil 10: NDWI<sub>G/NIR</sub> yöntemi ile göl yüzeylerinin zamansal değişimi



Şekil 11: Paradeniz (1984-2011) NDWI<sub>G/NIR</sub> yöntemi ile yüzey değişimi

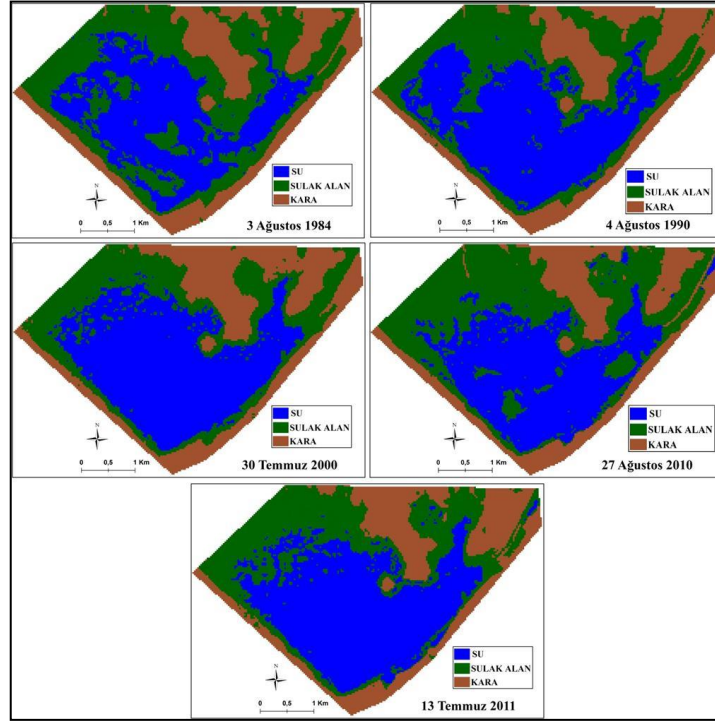
#### 4.3. Kontrolsüz Sınıflama Yöntemi

Deltadaki göllerin alansal durumlarını belirleyebilmek ve değişimlerin trendini görebilmek amacıyla bir başka teknik olan kontrolsüz sınıflama yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4’de göllerin çeşitli tarihlerde kontrolsüz sınıflama yöntemiyle elde edilmiş alanları görülmektedir.

Tablo 4: Göllerin kontrolsüz sınıflama yöntemiyle farklı tarihlerdeki toplam alanları

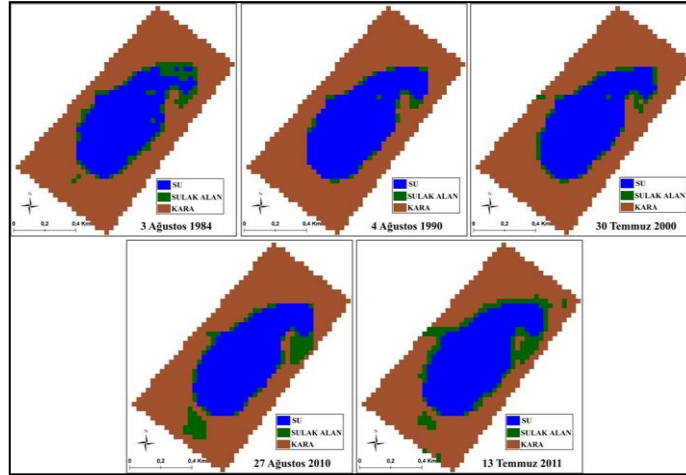
Tarih/Lokasyon	Akgöl(ha)	Kuşu Gölü(ha)	Paradeniz(ha)
03.08.1984	574,02	26,82	513,72
04.08.1990	692,82	30,15	506,07
30.07.2000	743,58	28,26	508,05
27.08.2010	612,45	29,43	503,01
13.07.2011	734,22	30,42	515,52

Akgöl’ün 1984-2011 yılları arasında gösterdiği değişim Şekil 12’de verilmiştir. Buna göre Akgöl 1984 yılında 574,02 ha alan kaplamaktadır (Tablo 4). 1990 yılında 118,80 hektarlık artışla 692,82 hektara ulaşmıştır. 2000 yılında artış devam etmiş ve göl, diğer tekniklerde olduğu gibi 743,58 hektarla maksimum alanına ulaşmıştır. 2010 yılında ise 131,13 ha gerileme göstermiş ve minimum alanı olan 612,45 ha olarak hesaplanmıştır. 2011 yılında ise göl tekrar yaklaşık olarak 2000 yılındaki alanına ulaşmış ve 734,22 ha olarak belirlenmiştir (Tablo 4).



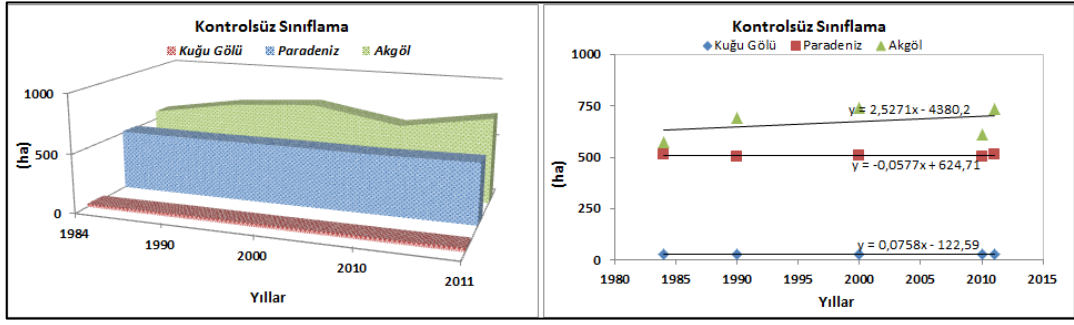
Şekil 12: Akgöl'ün (1984-2011) kontrolsüz sınıflama yöntemi ile su yüzey değişimi

Kuşu gölünün 1984 yılından 2011 yılına kadar olan alansal değişimi Şekil 13'te verilmiştir. Buna göre 1984 yılında Kuşu gölü 26,82 ha alanla belirtilen tarihler arasındaki en düşük seviyeye sahiptir (Tablo 4). 1990 yılında 3,33 ha artmış ve 30,15 hektara ulaşmıştır. 2000 yılında 1,89 ha gerileme görülmüş ve 28,26 ha olarak hesaplanmıştır. 2010 yılında ise 29,43 olarak belirlenmiştir. Son olarak da 2011 yılında maksimum düzeye ulaşmış ve 30,42 ha olarak hesap edilmiştir (Tablo 4).

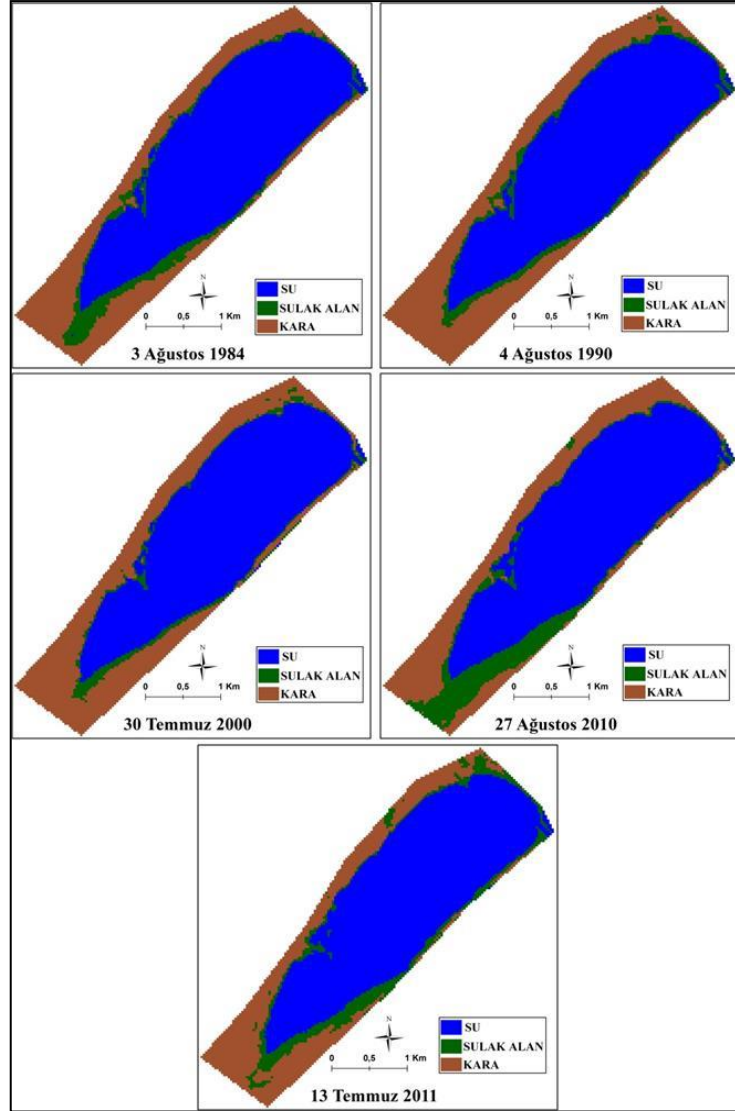


Şekil 13: Kuşu Gölü (1984-2011) kontrolsüz sınıflama yöntemi ile yüzey değişimi

Paradeniz lagününün 1984-2011 yılları arasındaki değişimi Şekil 15'te görülmektedir. 1984 yılında Paradeniz 513,72 ha alan kaplamaktadır (Tablo 4). 1990 yılında ise göl 7,5 hektardan fazla gerileyerek, 506,07 ha olarak belirlenmiştir. 2000 yılında 2 ha artış yaşanmış ve 508,05 hektara ulaşmıştır. 2010 yılında ise tekrar gerilemiş ve en düşük alana çekilmiştir. Bu tarihteki alanı 503,01 hektardır. 2011 yılında 12 ha artış göstererek 515,52 hektarla maksimum düzeye ulaşmıştır (Tablo 4; Şekil 14).



Şekil 14: Kontrolsüz sınıflama yöntemi göl yüzeylerinin zamansal değişimi



Şekil 15: Paradeniz (1984-2011) kontrolsüz sınıflama yöntemi ile yüzey değişimi

## Sonuç

Göl ve barajlardaki su rezervlerinin araştırılması, bu alanların izlenmesi ve sürdürülebilir çerçevede yönetim planlarının oluşturulması, kurak ve yarı kurak bir iklime sahip ve önemli kuş göç yolları üzerinde bulunan ülkemiz için son derece önemlidir (Gürbüz vd., 2003: 2; Karakoç, 2011: 9; Akar vd., 2012: 1). Bu bağlamda Türkiye ve Akdeniz Bölgesi'nin en önemli sulak alanlarından olan Göksu deltasında yer alan Akgöl, Paradeniz ve Kuşu gölleri ele alınmıştır.

Çalışmada üç farklı teknik kullanılarak deltada yer alan göllerin alansal değişimleri belirlenmiştir (Tablo 5). NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> tekniğine göre Akgöl en geniş alanına 2000 yılında ulaşmıştır. Buna karşılık en dar alan kapladığı 2010 yılında ise göl içerisinde adacıklar halinde sulak alan bitkilerinin göl aynası aleyhinde

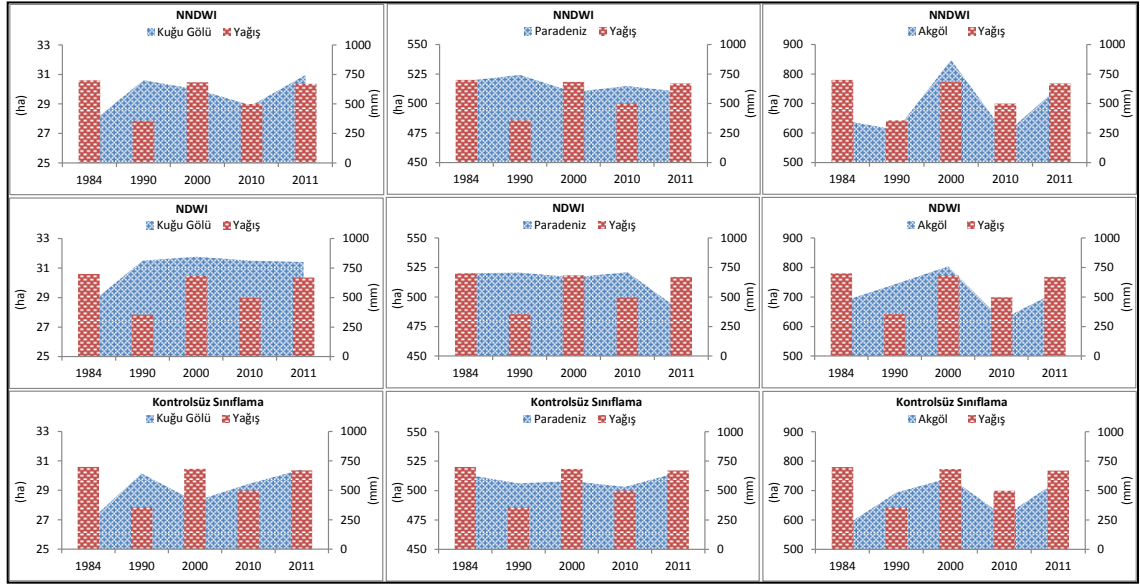
genişlediği tespit edilmiştir. Kuğu gölünde 1984-2011 yılları arasında yaklaşık 3,5 hektarlık bir değişim gözlenmiştir. 1984 yılı minimum, 2011 yılı ise maksimum yayılma alanı olarak belirlenmiştir. Paradeniz lagününde ise Akgöl'ün aksine 2000 yılında yüzey itibarıyla en düşük alan (509,67 ha) kapladığı, 1990 yılında ise maksimum alanına ulaştığı görülmektedir. NDWI<sub>G/NIR</sub> yönteminde Akgöl'ün, NNDWI<sub>VIS/NIR</sub> tekniğinde olduğu gibi 2000 yılında maksimum (804,06 ha), 2010 yılında ise minimum (623,97 ha) alan kapladığı tespit edilmiştir. Kuğu gölü yine 1984 yılında minimum (28,53 ha), 2011 yılı ise maksimum yayılma alanı olarak belirlenmiştir. Paradeniz lagünü ise 2010 yılında maksimum (521,01 ha), 2011 yılı itibarıyla de minimum (487,98 ha) alanına ulaşmıştır. Kontrolsüz sınıflama tekniğinde ise Akgöl diğer tekniklerde olduğu gibi 2000 yılında en geniş sınırlarına (743,58 ha) ulaştığı kaydedilmiştir. Buna karşılık göl yüzeyi 1984 yılında en dar sınırlarına (574,02 ha) çekilmiştir. Bu dönemde Kuğu gölü 2011'de 30,42 hektarla en geniş, 1984'te ise 26,82 hektarla minimum alanını teşkil etmiştir. Paradeniz lagünü 2011 yılında 515,52 ha alana yayıldığı görülmekle birlikte, bir önceki yılda 503,01 ha alan kaplamıştır.

Göksu deltasında yer alan Akgöl için bütün tekniklerde 2000 yılında gölün maksimum yayılma alanına ulaştığı belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak da belirtilen tarihte göl içindeki sucul bitkilerin azalmış ve göl su seviyesinin artmış olabileceği düşünülmektedir. Buna karşılık Paradeniz ve Kuğu gölleri için maksimum yayılma alanı olarak bunu söylemek mümkün değildir. Çünkü bu göllerde daha çok Akdeniz bağlantılı olarak seviye değişimleri yaşanırken, Akgöl yer altı suları, dereler ve drenaj kanallarından beslenmektedir. Dolayısıyla Akgöl büyük alansal değişimlere maruz kalmakta iken, diğer göllerin alanları daha stabil bir seyir izlemektedir.

Tablo 5: Göllerin çeşitli tekniklere göre toplam alanları

TEKNİK	TARİH	Akgöl (ha)	Kuğu Gölü (ha)	Paradeniz (ha)
NNDWI <sub>VIS/NIR</sub>	03.08.1984	642,24	27,63	519,12
	04.08.1990	610,38	30,60	524,25
	30.07.2000	847,53	29,97	509,67
	27.08.2010	596,34	28,89	514,71
	13.07.2011	759,24	30,96	509,85
NDWI <sub>G/NIR</sub>	03.08.1984	683,82	28,53	520,02
	04.08.1990	743,22	31,5	520,74
	30.07.2000	804,06	31,77	516,78
	27.08.2010	623,97	31,5	521,01
	13.07.2011	714,78	31,41	487,98
Kontrolsüz Sınıflama	03.08.1984	574,02	26,82	513,72
	04.08.1990	692,82	30,15	506,07
	30.07.2000	743,58	28,26	508,05
	27.08.2010	612,45	29,43	503,01
	13.07.2011	734,22	30,42	515,52

Göksu deltasında yer alan göl yüzeylerinin zamansal değişimi ile yağış arasındaki ilişki incelendiğinde yağışın her üç göl için de benzer etkiler yaratmadığı söylenebilir. Bu kapsamda bakıldığında yağış ile ilişkisi en belirgin olan gölün Akgöl olduğu görülmektedir. Bir istisna olarak 1990 yılında düşen yağışların 1984 yılına oranla daha az olmasına karşın NDWI<sub>G/NIR</sub> ve Kontrolsüz Sınıflama ile yapılan analizler göl yüzeyinin arttığını göstermektedir. Buna karşın diğer yıllarda her üç teknikle belirlenen göl yüzeylerindeki artış ve azalışlarla yağışlardaki artış ve azalışlar arasında belirgin bir paralellik göze çarpmaktadır. Paradeniz ve Kuğu gölleri içinse aynı ölçüde belirgin bir paralellikten söz edilemez. Bir istisna olarak Kontrolsüz Sınıflama yöntemiyle belirlenen göl yüzeyindeki değişim ile yağışlardaki artış ve azalışlar arasında önemli ölçüde benzerlik söz konusudur. Diğer tekniklerde de paralellik gösteren dönemler olsa da Akgöl'de olduğu kadar belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Bu sonuçlara göre Akgöl için drenaj kanallarından gelen suların yanında yağışın da önemli bir beslenme kaynağı olduğu, buna karşın Paradeniz ve Kuğu gölleri için yağışın aynı ölçüde önemli olmadığı söylenebilir.



Şekil 16: Göl yüzey değişimleri ile yağış arasındaki ilişkiler

Fauna ve floristik açısından son derece zengin bir çeşitliliğe sahip Göksu deltası gibi dinamik yapıya sahip alanlarda bu tür çalışmaların periyodik olarak yapılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle NDWI tekniklerinin birbirlerine çok yakın sonuçlar üretmesi sulak alanlarda göl yüzeyi çalışmalarında bu tekniklerin avantajlı sonuçlar üreteceğini göstermiştir. Dolayısıyla diğer açık su yüzeyi belirleme çalışmalarında da uygulanması, kullanışlı ve güvenilir sonuçlar üretebilecektir.

**Katkı Bildirme:** Bu çalışmanın maddi giderleri TÜBİTAK tarafından desteklenen 110Y295 numaralı proje tarafından karşılanmıştır.

#### KAYNAKÇA

- AKAR, İrfan, MAKTAV, Derya, GÜNAL Nurten (2012). "Göl Yüzeyi Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Dijital Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanılması", Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, S. 5 (4), s. 35-51.
- AKKARTAL, Ahmet, TÜRÜDÜ, O., ERBEK SUNAR, Filiz (2005). "Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Bitki Örtüsü Değişim Analizi", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara-Türkiye.
- ALPHAN, Hakan (2006). "Ekosistem Dinamiklerinin İzlenmesine Bir Araç Olarak Peyzaj Değişimlerinin Analizi", Ekoloji, S. 15 (58), s. 8-15.
- ANLI, Alper, POLAT, Eylem, SEMİZ, Duygu (2011). "Kırşehir İli Kuraklığının Analizi ve Sulak Alanlara Etkisi", 2. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Kırşehir-Türkiye, s. 79-85.
- ARI, Yılmaz, (2003). "Manyas Gölü'nün Kültürel Ekolojisi: Tarihi Süreçte Adaptasyon ve Değişim", Türk Coğrafya Dergisi, S. 40 (1), s. 75-97.
- CAMPOS, Joao C., SILLERO, Neftali, BRITO, Jose C. (2012). "Normalized Difference Water Indexes Have Dissimilar Performances In Detecting Seasonal And Permanent Water In The Sahara-Sahel Transition Zone", Journal of Hydrology, S. 464, s. 438-446.
- CİRİK, Semra., CİRİK, Şükran (2011). *Su Bitkileri II İç su Bitkilerinin Biyolojisi Ekolojisi Yetiştirme Teknikleri*, İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- EGEMEN, Özdemir (2006). *Çevre Ve Su Kirliliği*, İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, ss. 120.
- ERDAS INC. (2010). *Erdas Field Guide*, December 2010, Atlanta-USA.
- GAO, Bo-cai (1996). "NDWI-A Normalized Difference Water Index For Remote Sensing Of Vegetation Liquid Water From Space", Remote Sensing of Environment, S. 58, s. 257-266.
- GENÇ, Levent, DEWITT, Bon, SMITH, Scot (2004). "Determination of Wetland Vegetation Height with LIDAR", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, S. 28, s. 63-71.
- GÜRBÜZ, Mehmet, KORKMAZ, Hüseyin, GÜNDOĞAN, Recep, DIĞRAK, Metin (2003). *Gâvur Gölü Bataklığı Coğrafi Özellikleri Ve Rehabilitasyon Planı*, Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Valiliği İl Çevre Müdürlüğü Yayınları.
- HANDİL, Hasan, ÜLKER, Hasan (2005). "Uzaktan Algılama Teknolojisinden Van Yöresi Hayvancılığında Yararlanılabile Olanakları", Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, S. 15 (2), s. 85-91.
- JENSEN, John. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Second Edition, New Jersey: Englewood Cliffs, Ss. 316.
- Ji, Lei, ZHANG, Li, WYLIE, Bruce (2009). "Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, S. 75, s. 1307-1317.
- KARABULUT, Murat (2004). "Yakın Mesafe Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Yüzey Sularının İncelenmesi", 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul-Türkiye.
- KARABULUT, Murat (2006). "NOAA AVHRR Verilerini Kullanarak Türkiye'de Bitki Örtüsünün İzlenmesi ve İncelenmesi", Coğrafi Bilimler Dergisi, S. 4 (1), s. 29-42.



- KARAER, Feza, KATİP, Aslıhan, AKSOY, E., İLERİ, S., SARMAŞIK, S. (2009). "Sulak Alanların Önemi, Sorunları Ve Uluabat Gölü", Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Bursa- Türkiye, s. 81-87.
- KARAKOÇ, Ahmet (2011). *Göksu deltasında (Silifke-Mersin) meydana gelen değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile incelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- KARAMAN, Muhittin, BUDAKOĞLU, Murat, TAŞDELEN, Suat, UÇA, AVCI, Z. Damla, DUMAN, Ahmet (2011). "Acıgöl'ün (Denizli) Uzaktan Algılama Yöntemleri ve CBS Kullanılarak Rezervinin Hesaplanması", 2. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Kırşehir-Türkiye, s. 63-71.
- KARAÖMERLİOĞLU, Deniz (2010). *Göksu Deltası'ndaki (Silifke) Doğal Ekosistemlerin Bitki Ekolojisi Yönünden Araştırılması*, (Doktora Tezi), Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KEÇER, Mustafa (2001). *Göksu Deltası'nın (Mersin) Jeomorfolojik Evrimi Ve Güncel Akarsu-Deniz-Rüzgâr Süreçlerinin Kıyı Çizgisinde Yaptığı Değişiklikler*, Ankara: MTA Genel Müdürlüğü Jeolojik Etüt Raporu.
- KEÇER, Mustafa, DUMAN, Tamer (2007). "Yapay Etkinliklerin Göksu deltası Gelişimine Etkisi Mersin-Türkiye", MTA Dergisi, S. 134, s. 17-26.
- KIYMAZ, Sultan, KARACA, Reşat, ÇETİNER, Ömer (2009). "Seyfe Gölü Neden Korunmalı-Neden Planlamaya Gidilmeli: Geleceğe İlişkin Bir Kaygı", Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Bursa-Türkiye, s. 107-115.
- KORKMAZ, Hüseyin (2008). "Antakya-Kahramanmaraş Graben Alanında Kurutulan Sulak Alanların (Amik Gölü, Emen Gölü ve Gâvur Gölü Bataklığı) Modellerinin Oluşturulması", Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, S. 5 (9), s. 19-37.
- LEE, Tsai M., YEH, Hui C. (2009). "Applying Remote Sensing Techniques to Monitor Shifting Wetland Vegetation: A Case Study of Danshui River Estuary Mangrove Communities Taiwan", Ecological Engineering, S. 35, s. 487-496.
- LEHNER, Bernhard and Döll Petra (2004). "Development And Validation Of A Global Database Of Lakes, Reservoirs And Wetlands", Journal of Hydrology, S. 296, s. 1-22.
- MCFEETERS, Stuart K. (1996). "The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Features", International Journal of Remote Sensing, S. 17 (7), s. 1425-1432.
- MERİÇ, Sibel, KAVRUK, Seçkin A. (2007). "Göksu deltası Kıyı Yönetiminin Dünü ve Bugünü", 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, İzmir-Türkiye.
- MITSCH, William J., GOSSELINK, James G. (2000). *Wetlands*, Third ed. New York: Wiley.
- ÖÇKK (2009). *Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi II. Dönem Yönetim Planı*, Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu.
- ÖÇKK, (1999). *Göksu deltası Özel Çevre Koruma Bölgesinin Yönetim Planı*, Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu.
- ÖZER, Olcay (2008). *Göksu Deltası'nda Su Kalitesinin Belirlenmesi Ve Su Kalitesi Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mersin: Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PASTOR, Melendez I., PEDRENO, Navarro. J., GOMEZ, Ignacio, KOCH, Magaly (2010). "Detecting Drought Induced Environmental Changes In A Mediterranean Wetland By Remote Sensing", Applied Geography, S. 3 (2), s. 254-262.
- REİS, Selçuk, YILMAZ, H. Murat (2007). "Seyfe Gölünün Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama Tekniği İle İzlenmesi", Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu, İstanbul-Türkiye,
- SIRAKAYA, Necla (1995). *Silifke Ovasının Coğrafyası*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- ŞENER, Erhan, DAVRAZ, Ayşen, İSMAİLOV, Tevfik (2005). "Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İzlenmesi", Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İstanbul-Türkiye.
- TAĞIL, Şermin (2007). "Quantifying The Change Detection Of The Uluabat Wetland Turkey By Use Of Landsat Images", Ekoloji Dergisi, S. 16 (64), s. 9-20.
- XU, Hanqiu (2006). "Modification Of Normalized Difference Water Index (NDWI) To Enhance Open Water Features In Remotely Sensed Imagery", International Journal Of Remote Sensing, S. 27, s. 3025-3033.
- <http://geospatial.intergraph.com/fieldguide/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm>