


## Uzaktan algılama teknikleri ve parçalılık analizi kullanılarak Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasında arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi

Hamdi Kaptanoğlu<sup>a</sup> , Esin Erdoğan Yüksel<sup>b,\*</sup> 

**Özet:** Havza yönetimi çalışmalarında doğal kaynakların etkin ve sürdürülebilir planlanabilmesi için arazi kullanımı/arazi örtüsü zamansal değişiminin özellikle konumsal yapı ve alansal dağılım itibarıyla belirlenebilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada Orhaneli Çayı üzerinde kurulu ve Bursa ili için potansiyeli yüksek su kaynaklarından biri olan Çınarcık Baraj Gölü yukarı havza bölümü araştırma alanı olarak seçilmiştir. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesinde 1997, 2011 ve 2020 yıllarına ait hava fotoğrafları ile 2005 ve 2017 yıllarına ait meşçere haritaları veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Hava fotoğrafları üzerinde kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş, 2005 ve 2017 yıllarındaki orman amenajman planlarına ait veriler incelenmiştir. Yapılan sınıflandırma sonucunda arazi kullanımı ile ilgili alansal değişimler, meşçere haritaları aracılığıyla da arazi örtüsü değişiminin farklı yıllara ait sonuçları karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra 12 yıllık değişim parçalılık analizi indisleri kullanılarak detaylandırılmıştır. Sonuç olarak kontrollü sınıflandırmanın iyi düzeyde (1997 yılı için %78.33, 2011 yılı için %81.33, 2020 yılı için %90.67 doğruluk oranı) uyum gösterdiği, hava fotoğraflarının incelendiği 23 yıl süresince 5304.8 ha orman alanının 5694.7 ha'a, 617 ha açıklık alanın 1052.1 ha'a yükseldiği; 2452.7 ha ziraat alanının 1924.2 ha'a, 243.4 ha iskân alanının 53.9 ha'a düştüğü tespit edilmiştir. Su alanları ise 9 yıllık süreçte 334.4 ha'dan 368.6 ha'a çıkmıştır. Meşçere tipi haritalarının irdelenmesi sonucu elde edilen arazi örtüsü sınıflarına göre ise 2005 ve 2017 yılları arasında maden sahalarına bozuk orman alanlarından 34 ha, verimli orman alanlarından ise 142.8 ha geçiş olmuştur. Genel olarak tüm alan analiz edildiğinde; verimli orman alanları 142.2 ha, su ile kaplı alanlar 101.4 ha ve ziraat alanları 199 ha azalmıştır. Maden alanlarında 167.5 ha, açıklık alanlarda 229.2 ha, iskân alanlarında 11.5 ha ve bozuk orman alanlarında ise 34.4 ha artış meydana gelmiştir. Verimli ormanlık alandaki miktar azalışına rağmen parça sayısı (NP) 62'den 85'e çıkmış, ortalama parça büyüklüğü (MPS) 27.48 ha azalmıştır. Arazi ölçeğinde NP değeri 365'ten 608'e yükselerek tüm alanda artmış ve buna bağlı olarak MPS 9.96 ha azalmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çınarcık Baraj Gölü Havzası, Arazi kullanımı/arazi örtüsü, Uzaktan algılama, Zamansal değişim, Bursa

## Determination of land use/land cover change in the upper basin of Çınarcık Dam Lake using remote sensing techniques and fragmentation analysis

**Abstract:** In order to plan natural resources effectively and sustainably in basin management studies, it is very important to determine the temporal change of land use/land cover, especially in terms of spatial structure and areal distribution. In this study, the upper basin of Çınarcık Dam, which is built on the Orhaneli Stream and is one of the water resources with high potential for the province of Bursa, was selected as the research area. Aerial photographs from 1997, 2011 and 2020 and stand maps from 2005 and 2017 were used as data sources to determine land use/land cover change. A supervised classification method was carried out on aerial photographs and data from 2005 and 2017 forest management plans were examined. As a result of the classification, areal changes related to land use and the results of land cover change for different years were comparatively revealed through stand maps. In addition, the 12-year change was detailed using fragmentation analysis indices. As a result, the supervised classification showed good compliance (with 78.33% for 1997, 81.33% for 2011, 90.67% for 2020 overall accuracy), and when the aerial photographs were examined for 23 period, the forest area of 5304.8 ha increased to 5694.7 ha, and the open area of 617 ha increased to 1052.1 ha while agricultural area of 2452.7 ha decreased to 1924.2 ha, and the residential area of 243.4 ha decreased to 53.9 ha. Water areas increased from 334.4 ha to 368.6 ha in the 9-year period examined. According to the land cover classes obtained as a result of examining the stand type maps, there was a transition of 34 ha from degraded forest areas to mining areas and 142.8 ha from productive forest areas between 2005 and 2017. In general, when the entire area is analyzed, productive forest areas decreased by 142.2 ha, water-covered areas decreased by 101.4 ha, and agricultural areas decreased by 199 ha. There was an increase of 167.5 ha in mining areas, 229.2 ha in open areas, 11.5 ha in residential areas and 34.4 ha in degraded forest areas. Despite the decrease in the amount of productive forest area, patch number (NP) increased from 62 to 85, and the mean patch size (MPS) decreased by 27.48 ha. On a land scale, the NP value increased in the entire area, increasing from 365 to 608, and accordingly, MPS decreased by 9.96 ha.

**Keywords:** Çınarcık Dam Lake Basin, Land use/land cover, Remote sensing, Temporal change, Bursa

✉ <sup>a</sup> Orman Genel Müdürlüğü, Kadastro ve Mülkiyet Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

✉ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): esin.yuksel@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.07.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 19.08.2024



**Citation** (Atıf): Kaptanoğlu, H., Erdoğan Yüksel, E., 2024. Uzaktan algılama teknikleri ve parçalılık analizi kullanılarak Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasında arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 25(3): 351-361.

DOI: [10.18182/tjf.1515531](https://doi.org/10.18182/tjf.1515531)

## 1. Giriş

Toprak ve su, dünyadaki canlı yaşamının devamlılığı için en önemli doğal kaynaklarımız arasında yer almaktadır. Bu kaynakların bilinçsiz ve yanlış kullanımı tüm canlılar için kuraklık, çevre kirliliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, ormansızlaşma, erozyon, sel ve taşkın gibi büyük riskler barındırmaktadır. İnsan eliyle meydana gelen tüm değişimlerin temel güdüsü olan ekonomik kalkınma ve büyümenin sürdürülebilir olması için tüm bu riskleri öngören çevresel planlama ve havza yönetimi yaklaşımları önem arz etmektedir.

18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sanayi devrimiyle birlikte şehirlerde artan nüfus sonucunda insanlar, yaşadıkları çevreleri kendi ihtiyaçları doğrultusunda değiştirerek dönüştürmeye başlamış ve arazi örtüsü üzerinde büyük çaplı değişimler meydana getirmişlerdir (Cruz, 1994). Bu durum, doğal ekosistemlerin bozulmasına, doğadan elde edilen kaynakların devamlılığının risk altına girmesine ve çevresel sorunların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Kuru ve Tezer, 2020). Günümüzde etkilerini giderek göstermeye başlayan iklim değişimi de insan hayatının devamlılığı için su kaynaklarının yönetimini zorunlu kılmaktadır. İklim değişiminin olası etkilerinin görüldüğü günümüzde, doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde kullanılması gibi etkenler su yönetiminin önemini sıklıkla gündeme getirmektedir (Erdoğan vd., 2014).

Dünyanın gelişmekte olan birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de hızlı nüfus artışı (Campbell, 1998) ve sanayileşme (Yılmaz, 2013) beraberinde önemli arazi kullanım sorunlarını getirmektedir. Yeni yerleşim ve endüstri alanları için tarım alanlarının, yeni tarım alanları kazanmak için ise orman, mera ve sulak alanların tahrip edilmesi; tarım ve mera alanlarının erozyona karşı herhangi bir önlem alınmaksızın ve kapasitelerinin çok üzerinde kullanılması sorunları, doğal kaynakların kaybına ve toprak ekosisteminin bozulmasına yol açmaktadır. Dursun ve Babalık (2023a)' a göre doğal süreçler içerisinde göl havzalarında, gölün sedimentle dolması kaçınılmaz bir durum olup, yoğun tarım uygulamaları, yanlış arazi kullanımları ve arazi kullanım değişiklikleri bu sürecin hızını artırmaktadır.

Son yıllarda, sıklıkla artan çevresel sorunların temelinde, yanlış arazi kullanımı yer almaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de arazilerin etkin ve potansiyeline uygun olarak kullanıldığını söyleyemezken (Babalık, 2002); buradan hareketle arazi kullanımı/arazi örtüsü tespit çalışmalarının özellikle su havzalarının yönetiminde oldukça önemli bir paya sahip olduğunu söyleyebiliriz. Etkin yönetim için ise öncelikle sağlıklı arazi politikalarına, politikaların geliştirilebilmesi için de nitelikli arazi bilgileri ile oluşturulacak arazi sınıflamasına ihtiyaç duyulmaktadır. Arazi kullanımı ve örtüsü değişim analizi çalışmalarının planlı ve belirli zaman dilimlerinde tekrarlanarak yapılması değişiklikleri belirleyebilmek, incelemek ve gelecekteki dönemleri planlayabilmek için gereklidir (Güre vd., 2009).

Bu amaçla da Uzaktan Algılama (UA) tekniklerine ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımına başvurulmakta, entegrasyonları ile zamansal ve konumsal değişimin analizi yapılabilmektedir. Nesnelerin fiziksel

özellikleri hakkında onlarla doğrudan temas etmeden bilgi edinme bilimi olarak tanımlanan UA (Çölkesen, 2009); elektromanyetik spektrumun belirli bölgelerini algılayan sensörler tarafından dünyadan yansıyan elektromanyetik enerjinin algılanmasına dayanmaktadır (Torun, 2015). Aynı konum için geçmişe ve günümüze ait görüntülerden yararlanarak arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi tespit edebilmektedir (Cohen ve Fiorella, 1998). UA, CBS'ye veri sağlarken; CBS bilgisayar ortamında elde edilen sayısal verilerin analizi ile yazılı ve görsel ifadesine imkân tanımaktadır. Arazi kullanımının ve yıllar itibarıyla değişiminin incelenmesi, oluşabilecek riskleri asgari düzeyde tutacak yönetsel planların ve kararların oluşturulmasında bilgi desteği sağlaması açısından oldukça önemlidir. Arazi kullanımının şekli ve toprağı örten bitkilerin durumu, toprak kayıplarını etkileyen en önemli faktörler arasındadır. Bitki örtüsü, yüzeysel akışı azaltarak toprağı erozyona karşı korumaktadır (Dursun ve Babalık, 2023b).

Bu çalışmada Bursa'nın önemli su kaynaklarından biri olan Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasında, UA ve CBS'nin entegre halde kullanımıyla, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada 1997, 2011 ve 2020 yıllarına ait hava fotoğrafları ile 2005 ve 2017 yıllarındaki amenajman planlarına ait meşcere tipi haritaları kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılarak Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasının arazi kullanım durumu, meşcere tipi haritaları aracılığıyla da arazi örtüsü analiz edilmiştir. Arazi kullanım durumu, arazi kullanımındaki geçişler ve parçalanma durumu yıllara göre ortaya konulmuştur.

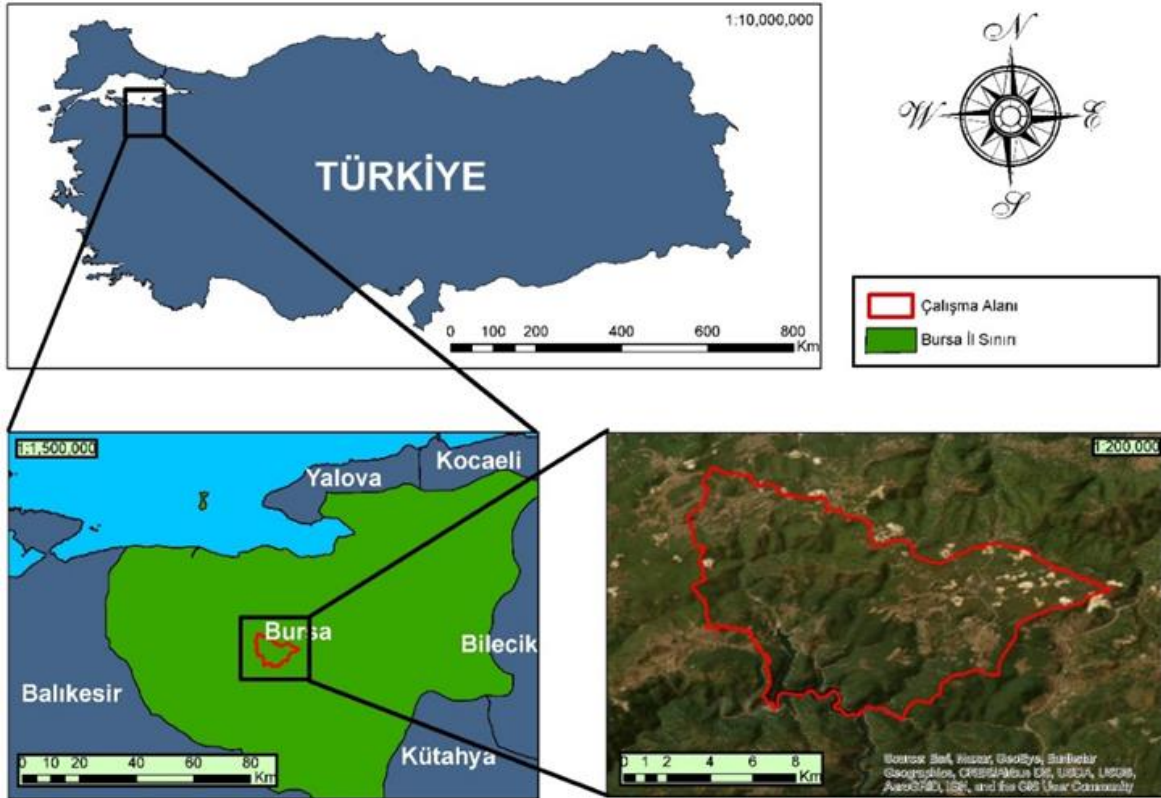
## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

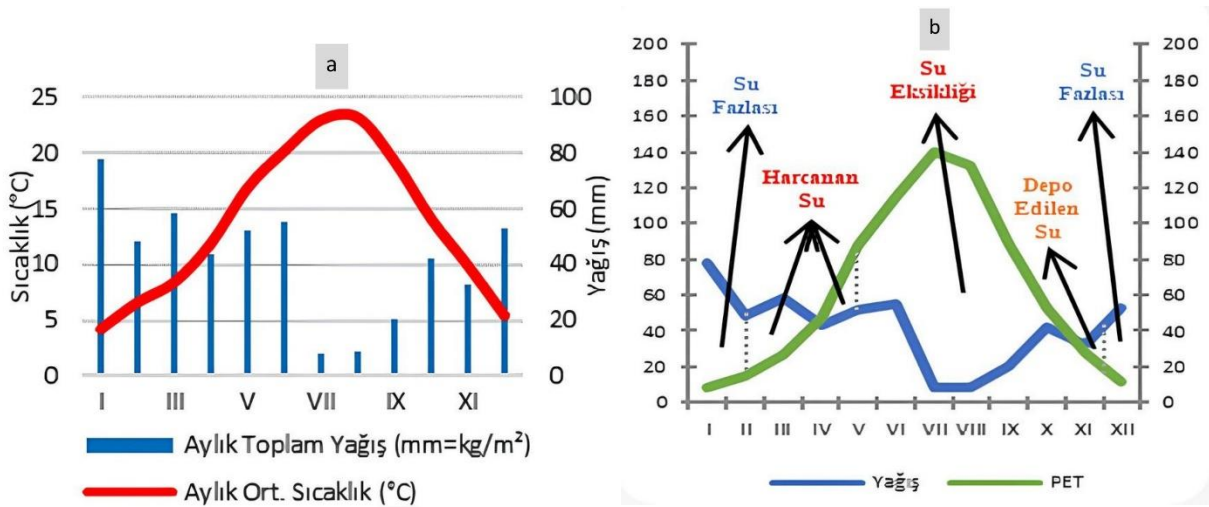
Coğrafi bakımdan Marmara Bölgesi'nde yer alan havzanın kuzeyinde Marmara Denizi, güneyinde Kütahya, doğusunda Bilecik, batısında Balıkesir illeri bulunmaktadır. Havzanın tamamı 4437.6 km<sup>2</sup> olup bunun %62'si Kütahya, %36.7'si Bursa ve %1.4'ü ise Bilecik illerinin idari sınırları içerisinde kalmaktadır (TÜBİTAK, 2018). Bursa-Orhaneli ilçesi Orhaneli Çayı üzerinde kurulu ve 2008 yılında işletmeye açılan barajın da sınırlarında yer aldığı, Çınarcık Baraj Gölü Havzası'nın 9093.5 ha alana sahip yukarı havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

Sulama, enerji, içme suyu ve taşkın kontrolü amacıyla inşa edilen Çınarcık Barajı Bursa ili içerisinde bulunan su kaynakları arasında en yüksek potansiyele sahip olanlardan biridir. Çınarcık Barajı'ndan endüstriyel ve içme suyu olmak üzere yılda 145 hm<sup>3</sup> su elde edilmektedir (Solak vd., 2019).

Engelibeli arazi yapısına sahip olmasına rağmen Çınarcık Barajı ve göl alanı çevresinde, yükseltiler fazla değildir. Bölgede İzmir-Ankara kenet zonu, ofiyolitleri ve bunların altındaki metamorfik kayalar, alanın yükseltilerini etkilemiş ve derin vadilerin oluşmasına neden olmuştur. Kristalize kireçtaşları ile örtülü kesimler daha az engebeli alanları, neojen örtünün bulunduğu alanlar ise nispeten daha alçak topoğrafyayı oluşturmaktadır. Bölgenin doğusunda kalan kesimlerin yükseltileri ise daha fazladır (Ündül, 2007).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu



Şekil 2. Orhaneli ilçesi iklim (a) ve su bilançosu (b) diyagramı (Erdoğan Yüksel ve Karan, 2024)

Bursa ili kuzey kesimlerinde Akdeniz ikliminin Marmara kıyılarına özgü tipi etkili olurken, güney ve iç kesimlerinde İç Batı Anadolu karasal ikliminin görüldüğü karmaşık bir yapı görülmektedir. Bursa için yıllık yağış toplamı 617.1 mm, yıllık ortalama sıcaklık 14.1 °C'dir. Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasında yer alan Orhaneli ilçesine ait 2000-2021 yılı (22 yıllık) istasyon verilerine göre ise yıllık ortalama yağış miktarı toplamı 500.7 mm'dir. Şekil 2.a'da görüldüğü gibi yıllık ortalama yağış miktarının en düşük olduğu ay 7.9 mm ile Temmuz ayı, ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay ise 77.5 mm ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 13.6 °C'dir. Yılın en sıcak ayı Ağustos (23.2 °C),

en soğuk ayı ise Ocak (4.2 °C) ayıdır (MGM, 2022). Su bilançosu diyagramına göre Orhaneli ilçesinde su eksikliği 5. aydan başlayarak, 10. aya kadar sürmekte; su fazlalığı sadece Ocak, Şubat ve Aralık aylarında görülmektedir. Şekil 2b'de görüldüğü gibi Thornthwaite yöntemine göre yapılan sınıflandırmalar sonucunda Orhaneli ilçesinin "C<sub>2</sub> B'<sub>2</sub> s<sub>2</sub> b'<sub>4</sub>" (yağış tesirlilik indisi C<sub>2</sub> "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi B'<sub>2</sub> "2. Derece Mezotermal", s<sub>2</sub> "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", b'<sub>4</sub> "okyanus iklimine yakın) iklim türünde olduğu belirlenmiştir (Erdoğan Yüksel ve Karan, 2024).

Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasının sınırları içerisinde bulunduğu Susurluk Havzası, iklim ve toprak koşullarının elverişliliği sebebiyle tarımsal açıdan önemli bir bölge olarak değerlendirilmektedir. Havzada ağırlıklı olarak tahıl ve bitkisel ürünlerin tarımı yapılmakta; bunların yanı sıra meyve ve baharat bitkileri de üretilmektedir. Hayvancılık da önemli geçim kaynaklarından biridir ve kümes hayvanları yetiştiriciliği ön planda gelmektedir. Havza maden kaynakları bakımından da zengin bir rezerve sahiptir.

Çınarcık Baraj Gölü Havzası içerisinde yer alan ilçe sınırlarında 372 adet köy/mahalle yerleşmesi bulunmakta, en fazla yerleşimi bulunan ilçe ise 61 adet yerleşim ile Bursa İli-Orhaneli ilçesi olmaktadır. Orhaneli ilçesinde 27628,4 da kuru, 27635 da sulu tarım alanı bulunmaktadır. İlçenin krom, talk, amiyant ve linyit kömürü açısından zengin madenleri ve mermer ocakları bulunmaktadır. Madenlerden çıkarılan linyit kömürü evlerde ve Orhaneli Termik Santralinde kullanılmaktadır. Orhaneli ilçesi Sadağı köyünde bulunan kaya hamamları ve Ağaçhisar köyünde bulunan kaplıcalar, ilçenin termal turizm potansiyelini ortaya koymaktadır (TÜBİTAK, 2018).

## 2.2. Görüntülerin elde edilmesi ve verilerin analizi

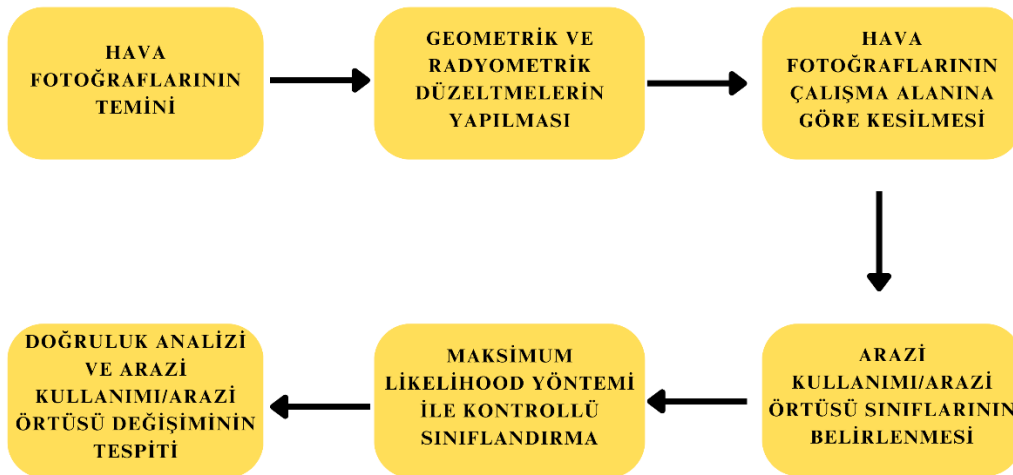
Çalışmanın ana materyalleri; 1/25.000 ölçekli topoğrafik memleket haritaları (H21-c3, H21-c4 ve H21-d3 paftaları), 2005 ve 2017 yılı amenajman planlarına (OGM, 2005a; 2005b) ait meşcere haritaları, 1997 yılına ait 1/15.000 ölçekli ve 100 cm çözünürlüklü analog hava kamerası ile çekilmiş siyah/beyaz, negatif veya pozitif hava filmlerinin taramalarından elde edilen hava fotoğrafı, 2011 yılına ait 1/30.000 ölçekli 40 cm çözünürlüklü ve 2020 yılına ait 1/60.000 ölçekli 30 cm çözünürlüklü renkli, dört bantlı (kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi) sayısal hava fotoğrafı ile bu fotoğraflardan üretilen ortofoto görüntülerdir (HGM, 2022).

Görüntülerinin işlenmesi, sınıflandırılması ve haritalanmasında ArcGIS 10.5 (ESRI; 2015) yazılımı kullanılmıştır. Konumsal analizler ile parçalılık indislerinin oluşturulmasında ise FRAGSTATS programının (McGarigal vd., 2002), Rempel vd. (2012) tarafından geliştirilen ArcGIS eklentileri Parçalılık analizi (Patch Analyst) ve Patch Grid (ver. 5.2)'den yararlanılmıştır.

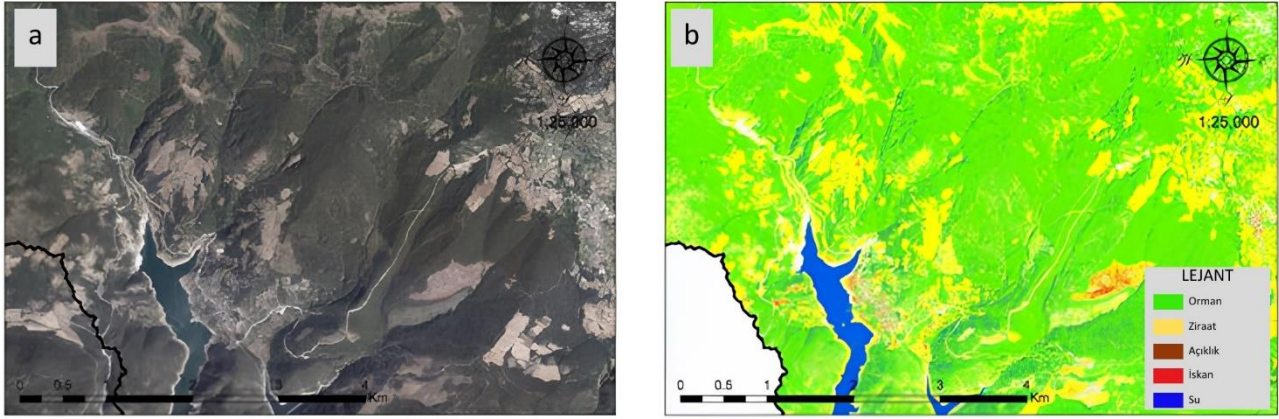
Yaklaşık 10'ar yıllık zamansal değişimi tespit etmek amacıyla temin edilen 1997, 2011 ve 2020 yıllarına ait hava fotoğraflarının, her bir bandına görüntünün daha net ve görünür olması için histogram eşitleme tekniği uygulanmıştır. Geometrik düzeltme 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinden yapılmış; ERDAS Imagine yazılımında birleştirildikten sonra çalışma alanı sınıra göre kesilmiştir.

Kesilen görüntüler incelenerek çalışmada kullanılacak arazi kullanımı/razi örtüsü sınıfları tespit edilmiştir. Görüntünün piksellerin yansıma ve parlaklık değerlerine göre kullanıcı tarafından belirlenen gruplara bölünmesi işlemi (Sabuncu ve Sunar, 2017) olan bu sınıflandırma, uzaktan algılama verileri kullanılarak dünyadaki nesnelere hakkında bilgi edinebilmek için kullanılan en yaygın yöntemdir. Görüntüler üzerinde o sınıfları temsil edecek piksellerin yansıma değerleri imza olarak belirlendikten sonra ERDAS Imagine yazılımında Maksimum Likelihood kontrollü sınıflandırma yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmanın doğruluğunu değerlendirebilmek için kappa değerleri hesaplanmıştır. Her sınıfın alanı belirlenerek yıllara göre değişimi irdelenmiştir. Çalışmada izlenen iş akış diyagramı Şekil 3' te gösterilmiştir.

Elde edilen görüntüler orman, ziraat, açıklık, iskân ve su alanları olmak üzere beş ayrı grupta sınıflandırılmıştır. 2020 yılı ortofotosu ve sınıflandırılmış görüntüsü Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Çalışmanın iş akış diyagramı



Şekil 4. 2020 yılı ortofoto (a) ve sınıflandırılmış (b) görüntüsü

Arazi kullanımı/arazi örtüsünün zaman içindeki mekânsal değişimlerini göstermek amacıyla parça, arazi ve sınıf bazlı mekânsal analiz kriterlerini kullanarak parçalılık analizi yapılmıştır. Çalışma alanında 2005 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede alansal değişim ve bu değişimin zamansal analizi için ArcGIS 10.5 yazılımında Patch Analyst ver. 5.2 eklentisi kullanılmıştır (Başkent ve Jordan, 1995; Yavuz ve Vatandaşlar, 2018).

Parçalılık analizi yapabilmek için ArcGIS üzerine parçalılık analizi 5.2 eklentisinin kurulumu sonrası “Add/Refresh Area and Perimeter fields” komutu kullanılarak alan değerleri güncellenmiş, analizi yapılacak yıllar için arazi kullanım sınıfları eşitlenmiştir. Alan değerleri güncellendikten sonra ise “Spatial Statistics” komutu kullanılarak arazi ve sınıf bazında parçalılık analizi yapılmıştır.

ArcGIS üzerinde yapılan parçalılık analizi için amenajman planı verilerinde bulunan meşcere tiplerine göre 2005 ve 2017 yıllarına ait arazi kullanımları açıklık, bozuk orman, iskân, maden ocağı, su, verimli orman ve ziraat olmak üzere 7 sınıfa ayrılmıştır. 2005 ve 2017 yılları için yapılan arazi sınıflandırmasına göre ArcGIS programında “dissolve” komutu kullanılarak birleştirme işlemi yapılmış; birleştirilen 2005 ve 2017 yıllarına ait haritalar “intersect” komutu kullanılarak kesiştirilmiş ve arazi kullanımı/arazi örtüsünde meydana gelen zamansal değişim ile geçişler ortaya konmuştur.

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3.1. Arazi örtüsü sınıflarının oluşturulması

Çalışma alanı Bursa Orman İşletme Müdürlüğü Kayapa ve Orhaneli Orman İşletme Müdürlüğü Karabayır, Karıncalı Orman İşletme Şefliklerine ait sınırlar arasında yer almaktadır. 2017 yılında yenilenen bu 3 şefliğin orman amenajman planları (OGM, 2005a; 2005b) verilerinden coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla çalışma alanı verileri analiz edilmiştir. Orman amenajman planında yer alan

meşcereler orman, ziraat, açıklık, iskân ve su alanları olmak üzere 5 ana grupta birleştirilmiştir. Bu grupların orman amenajman planlarına göre, Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzası sınırlarında kalan alanları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

#### 3.2. Sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizi

Hava fotoğrafları üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi amacıyla hata matrisleri hesaplanmıştır. Doğruluk analizi yapılabilmesi için her sınıfa en az 30 nokta atılması önerilmektedir (Kadioğulları ve Başkent, 2006). Her bir yıl için ayrı olarak yapılan doğruluk analizi işleminde 1997 yılına ait 4 sınıf için 120, 2011 ve 2020 yıllarına ait 5 sınıf için 150 olmak üzere toplam 420 nokta ERDAS Imagine 2015 yazılımı ile rastgele atılmıştır. Atılan her bir referans nokta için üretici (producer) ve kullanıcı (user) değerleri kontrol edilerek girilmiştir. Rastgele seçilen noktalarda sınıflandırılan görüntü ile referans kaynak karşılaştırılarak hata matrisi oluşturulmuştur. Bu işlemler sonucunda program doğruluk analizini otomatik olarak hesaplamış; çalışmanın başarısı kapa değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Kappa değeri  $\geq 0.6$  olduğunda uyum gücü güçlü olarak ifade edilmektedir (Munoz ve Bangdiwala, 1997).

Çizelge 2’de 1997 yılı hava fotoğrafına ait kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi gösterilmektedir. Sınıflandırma doğruluğu %78.33, kapa istatistik değeri 0.711 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yapılan sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3’te 2011 yılı hava fotoğrafına ait kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi gösterilmektedir. Sınıflandırma doğruluğu %81.33, kapa istatistik değeri 0.766 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yapılan sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4’te 2020 yılı hava fotoğrafına ait kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi gösterilmektedir. Sınıflandırma doğruluğu %90.67, kapa istatistik değeri 0.883 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. Orman amenajman planı meşcerelerinin grup adları ve alanları

Grup adı	Meşcere karşılığı	Alan (ha)
Orman	Verimli orman, Bozuk orman, Kadastro dışı ağaçlık alanlar	6944.0
Ziraat	Tarım ve 2B arazileri	1460.3
Açıklık	Ağaçsız orman toprağı, Ocak, Yol, Kayalık, Taşlık	311.9
İskân	İskân ve tesis	72.0
Su	Nehir, Baraj	305.3
Toplam		9093.5

Çizelge 2. 1997 yılına ait sınıflandırmanın doğruluk analizi

Grup adı	İskân	Orman	Açıklık	Ziraat	Toplam sınıflandırılmış nokta
İskân	9	0	19	2	30
Orman	0	29	0	1	30
Açıklık	0	0	29	1	30
Ziraat	0	2	1	27	30
Toplam Referans nokta	9	31	49	31	120
Üretici Doğruluğu (%)	100	93.55	59.18	87.09	78.33
Kullanıcı Doğruluğu (%)	30	96.67	96.67	90	78.33
Kappa	0.2432	0.9551	0.9437	0.8652	0.7111

Çizelge 3. 2011 yılına ait sınıflandırmanın doğruluk analizi

Grup adı	İskân	Açıklık	Su	Ziraat	Orman	Toplam Sınıflandırılmış Nokta
İskân	26	1	1	1	1	30
Açıklık	1	24	2	1	2	30
Su	2	1	23	2	2	30
Ziraat	1	0	2	25	2	30
Orman	0	2	0	4	24	30
Toplam Referans Nokta	30	28	28	33	31	150
Üretici Doğruluğu (%)	86.67	85.71	82.14	75.75	77.42	81.33
Kullanıcı Doğruluğu (%)	86.67	80	76.67	83.33	80	81.33
Kappa	0.8333	0.7541	0.7131	0.7863	0.7479	0.7667

Çizelge 4. 2020 yılına ait sınıflandırmanın doğruluk analizi

Grup adı	Su	Ziraat	İskân	Orman	Açıklık	Toplam Sınıflandırılmış Nokta
Su	28	0	0	2	0	30
Ziraat	0	28	0	2	0	30
İskân	0	4	21	1	4	30
Orman	0	0	0	30	0	30
Açıklık	0	0	0	1	29	30
Toplam	28	32	21	36	33	150
Üretici Doğruluğu (%)	100	87.5	100	83.33	87.88	90.67
Kullanıcı Doğruluğu (%)	93.33	93.33	70	100	96.67	90.67
Kappa	0.918	0.9153	0.6512	1	0.9573	0.8833

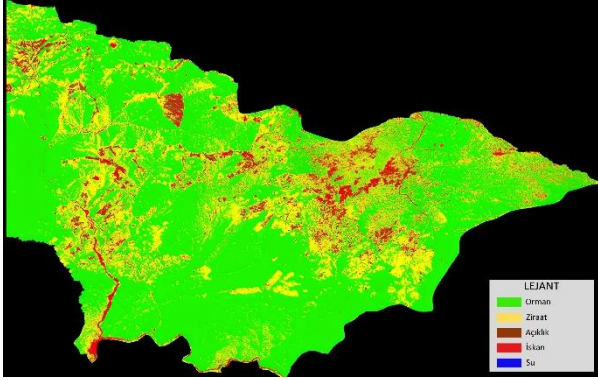
Hesaplanan kappa değerlerinin uyumu Landis ve Koch (1977)'a göre 1997 ve 2011 yılı için iyi (0.61-0.80); 2020 yılı için ise çok iyi (0.81-1.00) seviyededir. Kappa değerleri sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Sapanca Gölü Havzası'nda arazi kullanımı ve mekânsal değişimin izlendiği çalışmada Landsat-5TM, Landsat-8 OLI/TIRS algılayıcılarına ait görüntüler sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuş; 1985-1995-2005-2020 yıllarına ait genel doğruluk değerleri sırasıyla %89-%92-%92-%93, kappa istatistik değerleri ise 0.85-0.89-0.89 ve 0.91 olarak hesaplanmıştır (Kaçmaz ve Döker, 2021). Irak'ın Kalar bölgesinde arazi kullanımının 2000, 2007 ve 2015 yıllarındaki değişimini belirlemek amacıyla haritaların üretiminde kontrollü sınıflandırmaya ait doğruluk analizi kappa testi ile gerçekleştirilmiştir. Yıllara göre sırasıyla genel doğruluk değeri %83, %85, %89 ve kappa istatistik değeri 0.80, 0.85, 0.87 olarak bulunan çalışmada kontrollü sınıflandırma iyi düzeyde uyum göstermiştir (Al-Zangana, 2017). Urmiye Gölü ve Acıgöl'ün 1975-2010 yılları arasındaki su yüzeyi değişimleri ve çevrelerindeki arazi kullanım özelliklerinin belirlendiği çalışmada da yapılan sınıflandırma işlemleri ile elde edilen kappa değerlerine ait sonuçların yüksek doğrulukta olduğu tespit edilmiştir (Akar,

2011). Manisa-Köprübaşı ilçesi arazi kullanım değişiminin incelendiği bir diğer çalışmada da kontrollü sınıflandırmanın genel doğruluğu ve kappa değeri sırasıyla 2008 yılı için %84 ve 0.76; 2013 yılı için %79 ve 0.71; 2017 yılı için %87 ve 0.81 bulunmuştur. Bu üç yıl için kontrollü sınıflandırmanın iyi düzeyde uyum gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Yılmaz vd., 2018).

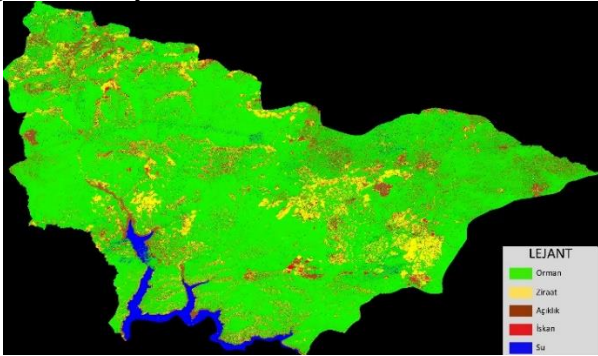
### 3.3. Hava fotoğraflarına göre arazi kullanımının değişimi

1997 yılına ait sınıflandırılmış görüntüde Çınarcık Barajı henüz inşa edilmediği için su ile kaplı alan bulunmadığından 4 sınıf, 2011 ve 2020 yıllarına ait görüntülerde ise 5 sınıf bulunmaktadır (Şekil 5, 6, 7). 1997 yılına ait görsellerdeki görüntü farklılığı sol üst kısımda yer alan yaklaşık 475 ha'lık alana ait hava fotoğrafı verisi temin edilememesinden kaynaklanmaktadır, bu alan sınıflamaya dâhil edilememiştir. Orman, ziraat, açıklık, iskân ve su olmak üzere sınıflandırma alanlarının büyüklükleri Çizelge 5'de gösterilmiştir. Arazi kullanım durumunu yıllara göre (Çizelge 5) incelediğimizde orman alanları 1997 yılında 5304.8 ha iken 2011 yılında 6337.9 ha'a çıkmış ve 2020 yılında 5694.7 ha'a gerilemiştir. Ziraat alanları ise 1997 yılında 2452.7 ha iken 2011 yılında

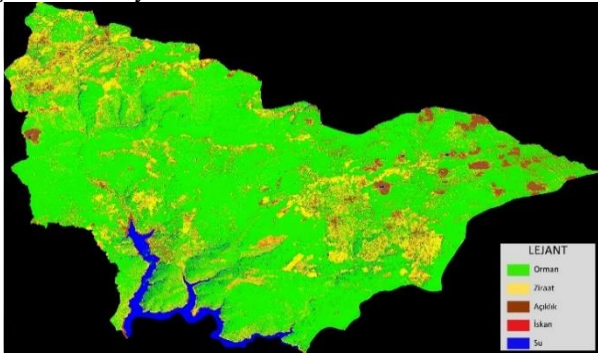
1120 ha'a kadar düşmüş, 2020 yılında ise tekrar 1924.2 ha'a yükselmiştir. Açıklık alanlar 1997 yılında 617.0 ha iken 2011 yılında 1003.1 ha'a, 2020 yılında ise 1052.1 ha'a yükselmiştir. İskân alanları 1997 yılında 243.4 ha iken 2011 yılında 298.1 ha'a çıkmış, 2020 yılında ise 53.9 ha'a kadar önemli bir düşüş tespit edilmiştir. Su alanları ise 2011 yılında 334.4 ha iken 2020 yılında 368.6 ha'a yükselmiştir.



Şekil 5. 1997 yılı arazi örtüsü sınıfları



Şekil 6. 2011 yılı arazi örtüsü sınıfları



Şekil 7. 2020 yılı arazi örtüsü sınıfları

Çizelge 5. Hava fotoğraflarına göre arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı

Arazi Kullanımı	1997	2011	2020
Orman	5304.8	6337.9	5694.7
Ziraat	2452.7	1120	1924.2
Açıklık	617.0	1003.1	1052.1
İskân	243.4	298.1	53.9
Su	-	334.4	368.6
Toplam	8617.9	9093.5	9093.5

Çınarcık Barajı'nın yapılması ile arazi kullanımı/arazi örtüsü değişen çalışma sahasının su alanlarında 368.6 ha kadar artış görülmektedir. Çalışma alanının büyük bir kısmını içine alan Bursa ili Orhaneli ilçesinin yıllara göre nüfus değişimi göz önüne alındığında 1990 ve 2000 yılları itibari ile Orhaneli ilçe nüfusu yaklaşık 30000 kişi iken, 2020 yılında 19000 kişi olarak açıklanmıştır (TÜİK, 2022).

Nüfustaki bu azalmanın arazi kullanımına ve örtüsüne de etki ettiği görülmektedir. Orhaneli ilçesinin göç verdiğini gösteren rakamlar, 1997 yılında 243.4 ha olan iskân alanının 2020 yılında 53.9 ha olarak tespit edilmesini desteklemektedir. Nüfustaki bu değişimin ziraat alanlarının azalması üzerinde de etkili olduğu düşünülmektedir. Ziraat alanlarının 2011 yılı verilerinde 1997 yılına göre önemli bir azalma görülürken, 2020 yılında yeniden bir artış eğilimi görülmektedir. 2011 yılında ziraat alanlarında meydana gelen kayıpta, diğer tüm arazi kullanımlarındaki artışın da payı olduğu düşünülmektedir.

1997 yılında 617 ha olarak tespit edilen genellikle taşlık, kayalık arazilerden, orman içi açıklıklardan ve birkaç tane maden sahasından oluşan açıklık alanlar 2020 yılında 1052.1 ha'a kadar çıkmıştır. Bu durumun çalışma alanında faaliyet göstermeye başlayan 15-20 adet maden ocağının etkisi ile gerçekleştiği düşünülmektedir.

1997 yılı sınıflandırılmış arazi kullanımı/arazi örtüsünde 5304.8 ha olan ormanlık alanlar, 2011 yılında 6337 ha, 2020 yılında 5694.7 ha olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında azalan nüfus ile birlikte orman varlığı üzerindeki baskının azalmasının yanı sıra bozuk ormanların rehabilitasyonunun ve ağaçlandırma çalışmalarının bu değişimde etkili olduğu düşünülmektedir.

Hava fotoğrafları ile alansal değişimlerin ortaya konduğu benzer çalışmalarda da alanlara ait bölgesel özellikler ve yıllar baz alındığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Karagöl-Sahara Milli Parkı'nda 45 yıllık (1971-2015) değişimin memleket haritaları, meşcere haritaları ve hava fotoğrafları ile ortaya konduğu çalışmada verimli orman alanları 1357 ha'dan 1002 ha'a düşerken, bozuk ormanlar 46 ha'dan 196 ha'a, orman içi boşluklu alanlar 368 ha'dan 517 ha'a, ziraat alanları 127 ha'dan 158 ha'a, mera alanları 1307 ha'dan 1353 ha'a çıkmıştır. İskân alanlarında da % 49 oranında azalma meydana gelmiştir (Yavuz ve Vatandaşlar, 2018). Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyılarındaki arazi kullanım değişiminin incelendiği bir diğer çalışmada 1970'li yıllara kadar kıyılara sokulan ve çoğunlukla buğday-ayçiçeği yetiştiriciliği yapılan ziraat alanlarının, özellikle 1980'li yıllardan sonra kooperatif evlerinin inşa edilmesiyle daralmaya maruz kaldığı belirtilmiştir. 1962 yılına ait hava fotoğrafları üzerinde yapılan incelemelerde, yalnızca 13.04 ha alan kaplayan yerleşim alanlarının 2005 yılında 255.2 ha'a ulaşarak yaklaşık 19.5 kat genişlediği tespit edilmiştir (Akbulak vd., 2008). Giresun ili sınırlarındaki bazı yaylalara ait 1970, 2008 ve 2018 yılları hava fotoğraflarından yararlanılarak arazi kullanım değişiminin analiz edildiği çalışmada Kümbet Yaylası'nda 1970 yılında yayla merkez kullanım alanının 5.41 ha'dan % 471 oranında artarak 2008 yılında 15.73 ha'a, 2018 yılında ise 25.50 ha ulaştığı; Bektaş Yaylası'nda 1970 yılında 34.96 ha'dan % 183 oranında artarak 2008 yılında 50.73 ha'a, 2018 yılında ise 63.81 ha'a ulaştığı tespit edilmiştir (Başer, 2019).

### 3.4. Meşcere tipi haritalarına göre arazi örtüsü değişimi, arazi kullanımındaki geçişler ve parçalılık analizi

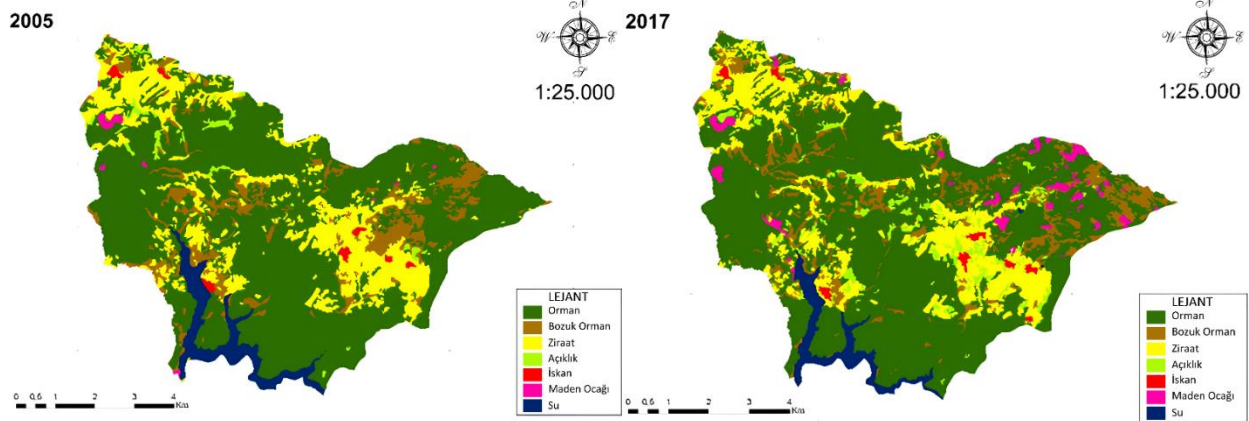
Çalışma alanı amenajman planlarına (OGM, 2005a; 2005b) ait meşcere tipi haritalarının irdelenmesi sonucu elde edilen arazi örtüsü sınıflarına göre (Şekil 8) 2005 ve 2017 yılları arasındaki geçişler incelendiğinde maden sahalarına bozuk orman alanlarından 34 ha, verimli orman alanlarından ise 142.8 ha geçiş olmuştur. Termik santral faaliyetinin 1990-2018 yılları arasında arazi örtüsü ve kullanım sınıflarına olan etkisinin incelendiği çalışmada da 319 ha olan maden çıkarım sahalarının, 176 ha tarımsal ve 124 ha orman ve yarı doğal alanların kaybı ile oluştuğu saptanmıştır (Karagöz ve Ünlükaplan, 2024). Su alanları incelendiğinde ise ziraat alanlarına 16.1 ha, verimli orman alanlarına 88.7 ha geçiş olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tüm alan analiz edildiğinde; verimli orman alanları 142.2 ha, su ile kaplı alanlar 101.4 ha ve ziraat alanları 199 ha azalmıştır. Maden alanlarında 167.5 ha, açıklık alanlarda 229.2 ha, iskân alanlarında 11.5 ha ve bozuk orman alanlarında ise 34.4 ha artış meydana gelmiştir (Çizelge 6).

Orman alanları ve konumsal yapıda bulunan köklü değişimler incelendiğinde parça sayısı (NP) yükselmekte ve

ortalama parça büyüklüğü (MPS) azalmaktadır. Çalışma alanı tümüyle değerlendirildiğinde parçalılık değerlerinin arttığı ve çalışma sahasının daha kırılğan bir yapı gösterdiği görülmektedir. Buna karşılık verimli ormanlarda arazi kullanım tipi alanı (CA) değeri ve MPS değeri azalmaktadır. Kenar yoğunluğu (ED) değeri ve alan ağırlıklı ortalama şekil katsayısı (AWMSI) değeri de artmaktadır. 2005 ve 2017 yılı arazi örtüsü sınıfları haritasına yapılan konumsal analiz sonucunda; sınıf alanı bazında, CA değeri verimli ormanlık alanda 5912.2 ha'dan 5770 ha'a, ziraat alanında 1659.5 ha'dan 1460.5 ha'a, su ile kaplı alanda 40.7 ha'dan 305.3 ha'a düşmüştür. Açıklık alanlar 113.6 ha'dan 342.8 ha'a, maden ocakları 37.2 ha'dan 204.7 ha'a, iskân alanları 58.1 ha'dan 69.6 ha'a, bozuk orman alanları 906.2 ha'dan 940.6 ha'a yükselmiştir. Verimli ormanlık alandaki miktar azalışına rağmen NP değerinin 62'den 85'e kadar çıkmış olması ile MPS 27.48 ha azalmıştır. Arazi ölçeğinde NP 365'den 608'e kadar tüm alanda artmış ve buna bağlı olarak da MPS 9.96 ha azalmıştır. NP, AWMSI değerlerinin toplam alan (arazi) bazında artması ve MPS değerinin azalması alanın parçalandığını ve daha düzensiz bir yapıya doğru gittiğini göstermektedir (Çizelge 7).

Çizelge 6. Çalışma alanına ilişkin 2005 – 2017 yılları arazi örtüsü sınıfları

Arazi Örtüsü (ha)	Açıklık (2017)	Bozuk Orman (2017)	İskân (2017)	Maden Ocağı (2017)	Su (2017)	Verimli Orman (2017)	Ziraat (2017)	Toplam	2005-2017 (ha)	2005-2017 (%)
Açıklık (2005)	6.3	14.9	0	0	1.7	61.3	29.4	113.6	229.2	201.8
Bozuk Orman (2005)	40.5	200.6	1.3	34	5.9	500.1	123.8	906.2	34.4	3.8
İskân (2005)	3.3	7.6	24.3	0.9	0	0.3	21.7	58.1	11.5	19.8
Maden Ocağı (2005)	5	2.2	0	16.2	1.5	10.7	1.6	37.2	167.5	450.3
Su (2005)	3.1	19.2	4.2	0	275.4	88.7	16.1	406.7	-101.4	-24.9
Verimli Orman (2005)	149.1	569.2	4.6	142.8	19.8	4654.2	372.5	5912.2	-142.2	-24.1
Ziraat (2005)	135.5	126.9	35.2	10.8	1	454.7	895.4	1659.5	-199	-11.9
Toplam	342.8	940.6	69.6	204.7	305.3	5770	1460.5	9093.5		



Şekil 8. Amenajman planı verilerine göre 2005 ve 2017 yılları arazi örtüsü



Çizelge 7. Çalışma alanı arazi kullanım metriklerinin yıllara göre değişimi

Arazi Kullanım Sınıfları	CA (ha)		NumP		MPS (ha)		ED (m ha <sup>-1</sup> )		AWMSI		PERCLAND (%)	
	2005	2017	2005	2017	2005	2017	2005	2017	2005	2017	2005	2017
Açıklık	113.6	342.8	26.00	145.00	4.37	2.36	3.30	15.29	1.95	2.22	1.2	3.8
Bozuk Orman	906.2	940.6	113.00	216.00	8.02	4.35	23.12	33.72	3.66	3.05	10.0	10.3
İskân	58.1	69.6	7.00	8.00	8.28	8.70	1.03	1.42	1.33	1.58	0.6	0.8
Maden Ocağı	37.2	204.7	8.00	37.00	4.65	5.53	0.81	5.14	1.54	1.77	0.4	2.3
Su	406.7	305.3	1.00	3.00	406.76	101.77	3.57	3.30	4.54	4.68	4.5	3.4
Verimli Orman	5912.2	5770	62.00	85.00	95.36	67.88	42.83	55.01	10.55	11.80	65.0	63.5
Ziraat	1659.5	1460.5	148.00	114.00	11.21	12.81	28.12	29.54	4.35	4.95	18.2	16.1
Toplam	9093.5	9093.5	365.00	608.00	24.92	14.96	102.77	143.43	8.26	8.89	100	100

CA: Arazi kullanım tipi alanı, NumP: Parça sayısı, MPS: Ortalama parça büyüklüğü, ED: kenar yoğunluğu, AWMSI: Alan ağırlıklı ortalama şekil katsayısı, PERCLAND: Sınıf alan yüzdesi

Amenajman planlarına ait veriler ile zamana bağlı alansal değişimlerin ortaya konduğu benzer çalışmalarda da, sayısallaştırılmış meşcere tipi haritalarının arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliğini tespit etmede tercih edilebilecek bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. 1972, 2004-2006 ve 2017 yılları plan verilerine ait sonuçlarda 45 yıllık dönemde orman alanlarında %4.5 oranında artış olduğu belirtilmiştir (Sönmez vd., 2022). Karagöl-Sahara Milli Parkı içerisindeki habitatların arazi deseninin parçalılık analizi sonucuna göre parça yoğunluğu verimli ormanlarda 1971, 1984 ve 2015 yıllarında sırasıyla 1.3; 1.7 ve 2.8 adet/ 100-ha bulunmuştur. Yıllar itibarıyla su alanlarında bir parçalanma görülmezken, bozuk orman ve ziraat sınıflarında yaklaşık iki kat (%213), iskân sahalarında ise %150 oranında bir parçalanma artışı olduğu; tüm milli park sahası içerisindeki habitatların 1971'de 91, 1984'te 62 ve 2015 yılında 233 adet parçaya bölündüğü tespit edilmiştir (Yavuz ve Vatandaşlar, 2018). Orman kaynaklarının konumsal yapısındaki değişimin belirlendiği bir diğer çalışmada, kırsal nüfusun çok hızlı azalması nedeniyle orman alanları üzerindeki baskının azaldığı ve buna paralel olarak ormanlık alanlarda 1987 ve 2010 yılları arasında tüm alanda %5.73 oranında artış tespit edildiği, yıllık ormanlaşma oranının ise %1.52 oranında gerçekleştiği belirtilmiştir. NP ve AWMSI değerleri artsa da, ormanlık alandaki artışa bağlı olarak MPS artışının orman ekosisteminin 1987 ve 2010 yılları arasında daha dayanıklı bir yapıya doğru ilerlemesine katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır (Kadioğulları, 2012). Yine benzer bir çalışmada, İnegöl bölgesinde 1972 ile 1993 yılları arasında orman niteliği taşıyan alanlar %3.77 oranında, 1993 ve 2004 yılları arasında %3.39 oranında, 1972 ve 2004 yılları arasında %7.12 oranında, 1987 ve 2001 yılları arasında ise %4.73 oranında artmıştır (Kadioğulları ve Başkent, 2006).

Elde edilen sonuçların farklı aralıklarda yer almasında, ekolojik koşulların yanı sıra antropojenik etkilerdeki değişkenliğin de etkisi olduğu düşünülmektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Farklı ekosistemleri barındıran, hidrolojik birimler olarak tanımlanan havzalar, kendilerine özgü nitelikleri ve sahip oldukları doğal kaynak değerleri ile birbirlerinden ayrılırlar. Ülkemiz arazi varlığı da göz önüne alındığında, başta su üretimi ve toprak koruma olmak üzere sahip olduğu kaynaklar doğrultusunda çok yönlü kullanım imkânı sunan havza alanlarının yönetimi önem arz etmektedir. Kaynakların kullanımını yönlendirme ve organize etme süreci olarak tanımlanan havza yönetiminde ise arazi kullanımında zamanla meydana gelen değişimin miktar ve konumsal olarak sayısal bazda belirli parametreler ile ortaya konması, havza kaynaklarının sürdürülebilir planlanması ve yönetilebilmesi için oldukça önemlidir. Bu amaçla Bursa için önemli su

kaynaklarından biri olan Çınarcık Baraj Gölü yukarı havzasına ait zamansal değişim incelenmiştir.

Çalışma alanı hava fotoğraflarına göre 5 ayrı grupta (orman, ziraat, açıklık, iskân, su) sınıflandırılırken, parçalılık analizi için amenajman planı verilerinde bulunan meşcere tipleri 7 sınıfa (verimli orman, bozuk orman, ziraat, açıklık, iskân, maden ocağı, su) ayrılarak incelenmiştir.

Fakat 1997 yılına ait sınıflandırılmış görüntülerde su alanları görülmediğinden 4 sınıf bulunmaktadır. Ancak 2008 yılında işletmeye açılmış olan Çınarcık Barajı ve Orhaneli Çayı'na ait suların birikmesi nedeniyle arazi kullanımı/arazi örtüsü değişen çalışma sahasında, 2011 yılı sınıflandırılmış alan verilerinde 9093.5 ha çalışma alanının 334.4 ha'ı su alanları ile kaplanmış, bu değer 2020 yılında 368.6 ha'a ulaştığı tespit edilmiştir.

1997, 2011 ve 2020 yıllarına ait hava fotoğrafları üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma doğruluğu sırasıyla %78.33, %81.33, %90.67; kapa istatistik değeri 0.711, 0.766, 0.883 olarak bulunmuştur. Elde edilen kapa istatistik değerleri 1997 ve 2011 yılı için iyi (0.61-0.80); 2020 yılı için ise çok iyi (0.81-1.00) seviyededir. Bu değerler sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koyarken, uzaktan algılama veri ve tekniklerinin havza yönetimi ve planlama çalışmalarında önemli bir yeri olan arazi kullanımları ve değişimlerinin tespitinde yüksek doğruluk oranları ile tercih edilebileceğini de göstermektedir. Bu teknolojiler arazi kullanım eğilimlerini izleyebilme, yönetebilme, ilgili çalışmalarda karar alabilme olanağı sağlarken; gerekli önlemlerin alınması aşamasında da önemli katkılar sağlayabilecektir.

Sınıflandırılmış arazi kullanımı/arazi örtüsü incelendiğinde 1997 yılında 5304.8 ha olan orman alanları, araştırma alanındaki bozuk ormanların rehabilitasyonu ve ağaçlandırma çalışmalarının etkisiyle 2020 yılında 5694.7 ha'a ulaşarak artış göstermiştir. 1997 yılında 2452.7 ha tespit edilen ziraat alanları 2020 yılında 1924.2 ha'a kadar düşmüştür. Açıklık ve orman alanlarındaki artış göz önünde bulundurulduğunda ziraat alanlarının terk edildiği ve buna sosyoekonomik değişimin sebep olduğu düşünülmektedir. 1997 yılında 617 ha olan açıklık alanları ise 2020 yılı itibarı ile 1052.1 ha'a kadar çıkmıştır. Bu zaman aralığında çalışma alanında faaliyet göstermeye başlayan 15-20 adet maden ocağının bu artışta etkisi olduğu düşünülmektedir. 1997 yılında 243.4 ha olan iskân alanı 2020 yılında 53.9 ha olarak tespit edilmiştir. Bu durum 1990 ve 2000 yılları itibarı ile yaklaşık 30000 kişi olan Orhaneli ilçe nüfusunun 2020 yılında 11000 kişi azalarak 19000 kişiye düşmesiyle açıklanabilir.

Çalışma alanına ait meşcere tipi haritalarının irdelenmesi sonucu elde edilen arazi örtüsü sınıflarına göre 2005 ve 2017 yılları arasındaki geçişler incelendiğinde maden sahalarına bozuk orman alanlarından 34 ha, verimli orman alanlarından

ise 142.8 ha geçiş olmuştur. Su alanları incelendiğinde ise ziraat alanlarına 16.1 ha, verimli orman alanlarına 88.7 ha geçiş olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tüm alan analiz edildiğinde; verimli orman alanları 142.2 ha, su ile kaplı alanlar 101.4 ha ve ziraat alanları 199 ha azalmıştır. Maden alanlarında 167.5 ha, açıklık alanlarda 229.2 ha, iskân alanlarında 11.5 ha ve bozuk orman alanlarında ise 34.4 ha artış meydana gelmiştir. Orman, ziraat ve su ile kaplı alanlar sırasıyla %24.1, %11.9 ve %24.9 oranında tüm alanda azalmıştır. Maden ocakları %450.3, açıklık alanlar %201.8, iskân alanları %19.8, bozuk orman alanları ise %3.8 artmıştır.

2005 ve 2017 yılı arazi örtüsü sınıfları haritasına yapılan konumsal analiz sonucunda; sınıf alanı bazında, verimli ormanlık alan CA değeri 5912.2 ha'dan 5770 ha'a, ziraat alanı 1659.5 ha'dan 1460.5 ha'a, su ile kaplı alan 40.7 ha'dan 305.3 ha'a düşmüştür. Açıklık alanlar 113.6 ha'dan 342.8 ha'a, maden ocakları 37.2 ha'dan 204.7 ha'a, iskân alanları 58.1 ha'dan 69.6 ha'a, bozuk orman alanları 906.2 ha'dan 940.6 ha'a yükselmiştir. Azalışın toplam alandaki miktarı ziraat alanları için %2.1, orman alanları için %1.5, su ile kaplı alanlar için %1.1 bulunmuştur. Maden ocakları, iskân alanları, bozuk orman ve açıklık alanlar ise sırasıyla % 1.9, %0.2, %0.3 ve %2.6 oranında tüm alanda artmıştır. Verimli ormanlık alandaki miktar azalışına rağmen NP değerinin 62'den 85'e çıkmış olması ile MPS 27.48 ha azalmıştır. Arazi ölçeğinde NP 365'den 608'e kadar tüm alanda artmış ve buna bağlı olarak MPS 9.96 ha azalmıştır. NP, AWMSI değerlerinin toplam alan (arazi) bazında artması ve MPS değerinin azalması alanın parçalandığını ve daha düzensiz bir yapıya doğru gittiğini göstermektedir.

Orman alanları ve konumsal yapıda bulunan köklü değişimler incelendiğinde parça sayısı artarken ortalama parça büyüklüğü azalmaktadır. Çalışma alanı tümüyle değerlendirildiğinde parçalılığın arttığı ve çalışma sahasının daha kırılğan bir yapı gösterdiği görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde havza yönetimi ve planlama çalışmalarında doğal kaynakların etkin ve sürdürülebilir planlanması için zamansal değişimin, özellikle konumsal yapı ve miktar itibarıyla belirlenebilmesinin önem arz ettiği görülmektedir. Değişimde etkili faktörlerin ortaya konması da ayrıca önemlidir. Araştırma sonuçlarının denetleyici ve düzenleyici kamu kurumlarına sağlayacağı alt yapı desteğinin yanı sıra bölgedeki yatırımcı kuruluşlara bilgi desteği sağlayarak planlama çalışmalarına katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü hem doğal hem de antropojenik nedenlerle zaman içinde değişmektedir. Nüfustaki artış, arazi kullanımı ve örtüsündeki hızlı değişiklikleri de beraberinde getirirken ormanlık alanlar, ziraat alanları ve meralar bozulmakta; kentleşme ve sanayileşme kontrolsüz bir şekilde artmakta; bunlarla birlikte su kaynaklarının miktar ve kalitesinde de önemli değişiklikler olmaktadır. Yerel ve bölgesel ekosistemlerin devamlılığı bakımından oldukça önemli bir paya sahip havzaların korunabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için konumsal ve zamansal değişimlerin takibi önem arz etmekte ve önerilmektedir.

## Açıklama

Bu çalışma, Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalında yürütülmüş olan "Çınarcık Barajı Ana Dere Bağlantılı Bazı Alt Havzalarının Arazi Örtüsü Değişiminin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Bursa Orman Bölge Müdürlüğü ile T.C. Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü'ne çalışmada kullanılan verilerin sağlanmasındaki katkılarından, Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Emre Kılınçarslan'a ve Arş. Gör. Ömer Faruk Karan'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Akar, İ., 2011. Çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak Acıgöl (Türkiye)-Urmiye (İran) Göllerinde su yüzeyi değişimleri ve yakın çevresinde arazi kullanımının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Ortadoğu Araştırmaları Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulak, C., Erginal, A. E., Öztürk, B., 2008. Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyılarında arazi kullanımının uzaktan algılama ile incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 41-50.
- Al-Zangana, K.A.M., 2017. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin CBS ve uzaktan algılama kullanılarak belirlenmesi: Kalar bölgesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Babalık, A.A., 2002. Isparta yöresinde arazi kullanımına ilişkin sorunlar. Turkish Journal of Forestry, 1: 63-81. <https://doi.org/10.18182/tjf.11214>
- Başer, V., 2019. Yaylalardaki arazi kullanım değişiminin coğrafi bilgi sistemi ile analizi: Giresun örneği. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8 (1): 167-175. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.446264>
- Başkent, E.Z., Jordan, J.A., 1995. Characterizing spatial structural of forest landscape. Canadian Journal of Forest Research, 25 (11): 1830-1849.
- Campbell, M.M., 1998. Schools of thought: An analysis of interest groups influential in international population policy. Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies. 19(6) : 487-512.
- Cohen, W.B., Fiorella, M., 1998. Comparison of methods for detecting conifer forest change with Thematic Mapper imagery. In Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Applications and Methods (Ed., C. Elvidge and R. Lunetta), Ann Arbor: Ann Arbor Press, pp. 89-102.
- Cruz, M.C.J., 1994. Population pressure and land degradation in developing countries. In: Population, Environment and Development, United Nations, New York, pp. 135-147.
- Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Dursun, İ., Babalık, A.A., 2023a. Farklı Arazi Kullanım Durumlarında Geotekstil Kullanılarak Erozyonla Kaybolan Toprak Miktarının Belirlenmesi: Karam Dere Alt Havzası Örneği. Turkish Journal of Forest Science, 7(2): 138-154.
- Dursun, İ., Babalık, A.A., 2023b. Burdur Gölü Havzasındaki morfolometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(1): 25-38.
- Erdoğan, M.A., Sönmez, F., Berberoğlu, S., 2014. Baraj göllerinde su seviyelerinin uzaktan algılama ve cbs ile tahmini ve izlenmesi: Adana Seyhan Baraj Gölü örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS), 14-17 Ekim, İstanbul.

- Erdoğan Yüksel, E., Karan, Ö.F., 2024. Thornthwaite yöntemine göre iklim tiplerinin belirlenmesi: Bursa ili örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25 (1): 151-168. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1435376>
- ESRI, 2015. Environmental Systems Research Institute, ArcGIS Desktop: Release 10.5.1, Redlands, CA, USA.
- Güre, M., Özel, M.E., Özcan, H., 2009. Corine arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre Çanakkale ili. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (3): 37-48.
- HGM, 2022. Harita Genel Müdürlüğü, 1/15.000-1/30.000-1/60.000 Ölçekli Hava Fotoğrafları.
- Kaçmaz, M., Döker, M.F., 2021. Sapanca Gölü Havzası'nda arazi kullanımı ve mekansal değişim. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 19(1): 161-194. <https://doi.org/10.33688/aucbd.872216>
- Kadioğulları, A.İ., Başkent, E.Z., 2006. Orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişiminin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile incelenmesi: İnyet ve Yenice örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3): 378-390.
- Kadioğulları, A.İ., 2012. Tunceli ilinin arazi örtüsünün konumsal ve zamansal değişiminin incelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1): 1-12.
- Karagöz, E.D., Ünlükaplan, Y., 2024. Termik santrallerinin peyzaj çeşitliliği üzerindeki etkilerinin matematiksel olarak ifade edilmesi Yeniköy-Kemerköy Termik Santrali örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 39(1): 51-160. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1162809>
- Kuru, A., Tezer, A., 2020. İçme suyu havzası koruma sınırlarının belirlenmesine yeni yöntem önerisi: Kırklareli barajı içme suyu havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1): 519-536. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.486855>
- Landis, R., Koch, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159-174.
- McGarigal K, Cushman SA, Neel MC, Ene E., 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- MGM, 2022. Bursa ili iklim verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir 3. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Munoz, S.R., Bangdiwala, S. I., 1997. Interpretation of Kappa and B statistics measures of agreement. *Journal of Applied Statistics*, 24(1), 105-112.
- OGM, 2005a. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, Kayapa İşletme Şefliği orman amenajman planı 2005-2014, 2017-2037.
- OGM, 2005b. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Orhaneli Orman İşletme Müdürlüğü, Karabayır - Karıncalı İşletme Şefliği orman amenajman planı 2005-2014, 2017-2037.
- Rempel, R.S., Kaukinen, D., Carr, A.P., 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.
- Sabuncu, A., Sunar, F., 2017. Ortofotolar ile nesne tabanlı görüntü sınıflandırma uygulaması: Van-Erciş depremi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1): 1-8. <https://doi.org/10.21324/dacd.271091>
- Solak, S., Kılıç, M.Y., Solmaz, S.K.A., 2019. Bursa ilinde sürdürülebilir kentsel su yönetimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(1): 111-124. <https://doi.org/10.17482/uumfd.463302>
- Sönmez, T., Gencal, B., Taş, İ., Kadioğulları, A., 2022. Orman ekosistemindeki zamansal değişimin orman amenajman planları ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla incelenmesi: Bursa Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3): 618-636. <https://doi.org/10.24011/barofd.1148842>
- Torun, A.T., 2015. Yapay arı koloni algoritmasının tarım alanlarının sınıflandırılmasında kullanılabilirliğinin irdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray*.
- TÜBİTAK, 2018. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Proje Adı: Çıncık Baraj Gölü Havzası koruma planı projesi, s: 170/597.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Bursa ili Orhaneli ilçesi nüfus bilgileri. <https://www.tuik.gov.tr>, Erişim tarihi: 20.12.2022
- Ündül, Ö., 2007. Ayrışmanın Çıncık Barajı göl alanındaki (Bursa) ultramafik kayaların mühendislik özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Yavuz, M., Vatandaşlar, C., 2018. Korunan alanların zamansal ve ekolojik değişiminin parçalılık analizi yardımıyla izlenmesi: Karagöl-Sahara Milli Parkı örneği. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 5 (1): 82-96. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.403803>
- Yılmaz, M., 2013. Plansız yerleşme ve sanayileşmenin arazi kullanımı üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri-Kahramanmaraş kentsel alanı incelemesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(3): 217-228.
- Yılmaz, O.S., Gülgen, F., Güngör, R., Kadı, F., 2018. Uzaktan algılama teknikleri ile arazi kullanım değişiminin incelenmesi: Köprübaşı ilçesi örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(3): 233-241. <https://doi.org/10.29128/geomatik.410987>