

Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak mavi-yeşil altyapıların analizi: Isparta örneği

Elif Ela Nur Yavuz^a , Seda Örucü^{b,*} 

Öz: Kentleşme sürecinin doğurduğu çevresel sorunlar, doğa ve ekosistemi koruyan kentsel planlama yaklaşımlarının gelişmesine neden olmuştur. Doğa ve ekosistem temelli planlama yaklaşımları, kentlerde geçirgen yüzeylerin oluşturulması, biyoçeşitliliği destekleyen uygulamaların artırılması açısından sürdürülebilir kentlerin oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çevre dostu olarak kabul edilmiş mavi-yeşil altyapı (MYA) yaklaşımı küresel bir sorun olarak görülen iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve kentsel dirençliliğin sağlanması için uygun bir yaklaşım olarak benimsenmektedir. Yeşil altyapılar (YA), parklar, bahçeler, ormanlar, koruluklar ve diğer açık alanlar gibi farklı bileşenleri içerebilirken mavi altyapılar (MA) ise su yönetimi ve sürdürülebilirliği için planlanmıştır. Bu açıdan kentsel yaşam kalitesinin artırılması ve ekosistemlerin korunması için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanında mevcut kentsel MYA'ların uydu görüntüleri kullanılarak analizinin yapılmasının kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması için stratejiler geliştirilmesinde olanak sağlayabileceği öngörülmektedir. Buna göre bu çalışmada Isparta kenti merkez ilçe sınırlarında yer alan MYA'lar, bir CBS yazılımı olan QGIS programı ve uzaktan algılama (UA) teknolojileri kullanılarak büyüklük, nitelik, etki alanı gibi kriterlere göre analiz edilip iklim değişikliğinin olası etkilerini azaltmadaki rolü/etkisi bağlamında değerlendirilmiştir. MYA bulunan mahalle ve çevresindeki ulaşım olanaklarına göre de analiz edilen altyapılarla nüfusun ilişkisi de kurularak sosyo-ekolojik bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, İklim değişikliği, Mavi altyapı, Yeşil altyapı, Uzaktan algılama

Analyzing green-blue infrastructures using geographical information systems and remote sensing: A case study of Isparta

Abstract: The environmental issues arising from urbanization have spurred the development of urban planning approaches that conserve nature and ecosystems. Nature-based planning supports the formation of sustainable cities by promoting permeable surfaces and increasing biodiversity-supporting practices within metropolitan areas. In this context, the environmentally friendly approach known as blue-green infrastructure (BGI) has been adopted as a suitable method for mitigating the effects of climate change, which is recognized globally as an environmental issue and enhances urban resilience. Green infrastructure (GI) encompasses various components such as parks, gardens, forests, woodlands, and other open spaces, while blue infrastructure (BI) is specifically designed for water management and sustainability. In terms of improving urban life quality and preserving ecosystems, analyzing existing urban BGI using satellite imagery within a Geographic Information System (GIS) framework could facilitate the development of strategies to reduce the impacts of climate change in cities. Accordingly, in this study, BGI within the central district boundaries of Isparta City has been analyzed based on criteria such as size, quality, and impact area using QGIS software and remote sensing technologies. The role/effectiveness of BGI in mitigating potential climate change effects has been evaluated within this context. Additionally, a socio-ecological assessment was conducted to analyze the relationship between population and infrastructure based on transportation options in neighborhoods with BGI.

Keywords: Geographic information systems, Climate change, Blue infrastructure, Green infrastructure, Remote sensing

1. Giriş

Çevre sorunlarına neden olan insan faaliyetleri, iklim değişikliğinin etkilerini hızlandırarak küresel bir problem haline getirmiştir. Bununla beraber iklim değişikliği, küresel bir çevre sorunu olarak değerlendirilmekte olup, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda atmosferdeki sera gazlarının artışı ve bu artışın iklim üzerinde uzun vadeli değişiklikler oluşturması anlamına gelmektedir (Bernstein vd., 2008; Kassim vd., 2013; Wonka, 2015). Bu değişimin temelinde insan etkili faaliyetlerin olduğu ve bunların sonucunda artan sıcaklığın ise küresel ısınmaya neden olduğu

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) güncel değerlendirme raporuna göre de desteklenmiştir. Buna rağmen, Birleşmiş Milletler Kalkınma Politikası Komitesi tarafından tanımlandığı ve sınıflandığı şekilde gelişmekte olan ve gelişmişlik düzeyi zayıf olan bazı ülkeler tarafından iklim değişikliği bir çevre sorunu olarak kabul edilmemektedir (Bernstein vd., 2008; Gosseries vd., 2019).

İklim değişikliği yaşam için son derece önemli birçok soruna sebep olmaktadır. Örneğin, dünya genelinde sıcaklıkların artması, iklim ve hava olaylarının şiddetlenmesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, buzulların erimesi ve su kaynaklarının azalması; iklim değişikliğinin sebep olduğu

^a Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta, Türkiye

^b Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): sedaorucu@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.10.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.02.2025



Citation (Atıf): Yavuz, E.E.N., Örucü, S., 2025. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak mavi-yeşil altyapıların analizi: Isparta örneği. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 87-96. DOI: [10.18182/tjf.1573608](https://doi.org/10.18182/tjf.1573608)

önemli problemlerdir. Bu sorunlar, ekosistemleri etkilemekte ve insan sağlığı, gıda üretimi, su kaynakları, turizm ve enerji gibi birçok sektör için olumsuz sonuçlara neden olmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020).

Sosyal, kültürel ya da ekonomik açıdan gelişmişlik düzeyi her ne olursa olsun iklim değişikliği dünya üzerinde farklı coğrafyalarda etkisini gösteren bir sorun haline gelmiştir. Öyle ki günümüzde hava kirliliği, ölüme neden olduğu düşünülen ani kaza ve felaketlerden daha büyük oranda insan hayatının kaybına yol açmaktadır. Sonuç olarak kentsel doku çoğalırken doğal alanlar giderek yok olmaktadır (Çetin, 2015; Çetin vd., 2018). Bu durum toplumda farklı gelir gruplarına mensup kişilerin kentsel yeşil alanlardan yararlanma konusunda eşit koşullara sahip olmasının önüne geçmektedir (Önder ve Polat, 2012). Kentsel alanların doğal ve kültürel parametrelere bağlı sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi mekân organizasyonunun da doğal ve kültürel dengeyi gözeterek şekilde yapılmasını gerektirmektedir (Gergin, 2024; Partigöç ve Dinçer, 2024). Ayrıca, kentlerde su yüzeylerinin de iklim değişikliğinden etkilenen alanların başında geldiği kabul edildiğinde, bu alanlardaki olumsuz durumların tespiti de oldukça önemlidir (El-Bouhali vd., 2024). Bununla beraber yeşil alanlar ekosistem üzerinde büyük öneme sahiptir. Günümüzde ekosistemlerin kapasitesinin üstünde yoğun kullanımın görünür bir sonucu olan iklim değişikliği, global bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020). İnsan faaliyetlerinin çevresel ve ekolojik kriz üzerindeki etkisi, kentlerde nüfusun taşıma kapasitesini aşarak biyolojik çeşitlilik kaybına yol açmaktadır. Bu durum, kentlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için yeni yaklaşımlar geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Görmüş vd., 2021). Çevre dostu ve sürdürülebilir altyapı sistemleri olarak tanımlanabilen mavi-yeşil altyapı (MYA), söz konusu yaklaşımlar arasında son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Liu ve Russo, 2021; Liu vd., 2023; Parlak ve Atik, 2023).

Yeşil altyapı (YA), doğal yeşil alanları koruyarak ve insan sağlığına olumlu etkiler sağlayarak, çevre sorunlarının çözümünde etkin bir rol oynamaktadır. Mavi altyapı (MA) ise, su yönetimi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için tasarlanmış altyapı sistemleridir (Çizelge 1). 2013 yılında Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan YA ile ilgili raporda doğal ekosistemlerin sağlıklı şekilde işleyişini destekleyen ve ekosistem hizmetlerinin sağlanması için oluşturulmuş birbirleri ile ilişki içindeki yarı doğal, doğal ve kültürel sistemler olarak tanımlanmaktadır (Kassim vd., 2013).

YA, insan eliyle oluşturulmuş yarı doğal ve kültürel kentsel yeşil alanların tümünü (okul bahçeleri, kent parkları, spor alanları, çatı bahçeleri), doğal olarak bulunan ormanlar ve sulak alanlar gibi ekosistemleri kapsamaktadır (Coşkun Hepcan, 2019; Vieira vd., 2018). Kentsel YA, kentsel alanlarda su yolları, yeşil yollar, sulak alanlar, parklar, ekolojik alanlar ve rezervler gibi yeşil ağları sağlayan bir

yaşam destek sistemi görevi de görmektedir (Liu ve Russo, 2021; Liu vd., 2023; Selim, 2021). MYA kullanımı, şehirlerdeki sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak ve çevresel sorunları azaltarak, iklim değişikliğine dirençli olmada mühim bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik ederken, aynı zamanda şehirlerin estetiğini ve insanların yaşam kalitesini de artırır (Baylan ve Demir, 2020; Bellezoni vd., 2021; Öztaş Karlı ve Artar, 2021). İklim değişikliğinin kentlerdeki nedenleri arasında yeşil alanların yetersizliği gösterilirken MYA analizi ile iklim değişikliğine karşı kentsel dirençliliğin belirlenmesi arasında ilişki kurulabileceği düşünülmektedir. MYA ve bunların kentlerdeki ve çepçevrelerindeki fonksiyonel alanları ve ilişkileri, kent sakinlerine geniş bir yelpazede ekosistem hizmeti sağlama potansiyeline sahiptir (Du Toit vd., 2018; Elmqvist vd., 2013; Haase vd., 2014). Sıcaklık artışları, zayıf çevresel kalite ve sınırlı sosyal katılım gibi acil sorunları ele alan MYA'ların aynı zamanda iklim değişikliğinin etkileri, açık hava rekreasyon ihtiyaçları ve sosyal aktivite alanları gibi daha geniş kentsel sürdürülebilirlik sorunlarının azaltılmasına da katkıda bulunduğu kabul edilmektedir (Arnberger vd., 2022; Kabisch vd., 2017; Raymond vd., 2017).

Teknolojik gelişmeler sayesinde doğal altyapı sistemleri olarak anılan MYA ile ilgili, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak mekânsal ölçekte değerlendirme yapmak mümkün olmaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri de sağladığı avantajlar sayesinde doğal kaynakların planlama ve yönetimi konularında nitelik ve nicelik olarak değerlendirmeler yapılabilmektedir (Derişoğlu vd., 2020). İklim değişikliğinin etkilerini ya da bir peyzajın dirençliliğini belirlemek için uydu görüntülerini kullanarak CBS tabanlı değerlendirmeler yapmak uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Sörensen vd., 2021). Bu şekilde çalışma alanındaki doğal yapının korunması için uygun stratejiler geliştirmek mümkün olabilmektedir.

Çalışma alanı olarak seçilen Isparta merkez ilçesi bulunduğu coğrafya, bünyesindeki doğal peyzaj özellikleriyle Göller Bölgesi'nde yer alan önemli bir alandır. Bunun yanında çeşitli endemik türlere ev sahibi olan Isparta, biyoçeşitlilik açısından oldukça geniş bir potansiyel barındırmaktadır (Kaytanlıoğlu vd., 2023; Özçelik, 2023). Buna göre kent merkezinin sahip olduğu MYA'nın belirlenmesi iklim değişikliği ile ilgili stratejilerin geliştirilmesinde uygun bir yöntem olarak kullanılabilir. Öyle ki son yıllarda küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin belirlenmesinde su yüzeylerine ilişkin değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesine yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir (Yiğit vd., 2022). Bunun yanında su yüzeylerini belirlemede haritalama ve mekânsal değerlendirmeler de yenilikçi yaklaşımlardır (Bijaber vd., 2024).

Çizelge 1. Anahtar kavramlar ve tanımları

Table 1. Key concepts and definitions

| Anahtar kavram | Tanım |
|----------------|---|
| Yeşil altyapı | Stratejik olarak planlanmış ve yönetilen, doğal ve yarı doğal alanlardan oluşan bir sistem olup, geniş bir yelpazede ekosistem hizmetleri sunmayı amaçlamaktadır (Hansen ve Pauleit, 2014; Kassim vd., 2013). |
| Mavi altyapı | Akarsular, kanallar, göller, sulak alanlar gibi su elemanlarının tümü (Arslan ve Örcü, 2024; Mexia vd., 2018). |

Buna göre, kentsel ve kırsal peyzaj alanlarının tümünde meydana gelecek olası değişimlerin tahmini, ekolojik ve sosyal parametrelerin birlikte değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik yaklaşımının uygulanması bağlamında altyapı sistemlerinin oldukça değerli bir bakış açısı sunduğunu söylemek mümkündür. Bu bağlamda kentsel alanlarda MYA'nın önemine dikkat çekilerek bu alanların mevcut varlığının belirlenmesi ve yeterlilikleri üzerine yapılan çalışmaların iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaktaki rolüne vurgu yapılmaktadır. Bu çalışmada CBS yazılımlarından QGIS ve UA teknikleri kullanılarak kentsel YA mekânsal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Isparta ili kent merkezinde iklim değişikliği etkilerini belirlemek amacıyla MYA sistemleri konusunda mekânsal bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Isparta İli Merkez İlçesi'ndeki MYA sistemleri analiz edilmiş ve bu süreçte CBS ile UA teknolojilerinden yararlanılmıştır. Araştırmada ele alınan sorular ise şu şekilde sıralanmıştır:

1) MYA sistemleri, CBS ve UA kullanılarak analiz edilebilir mi?

2) MYA sistemlerinin belirlenmesi yoluyla, iklim değişikliği karşısında kentlerin dirençliliği konusunda değerlendirme yapmak mümkün müdür?

2. Materyal ve yöntem

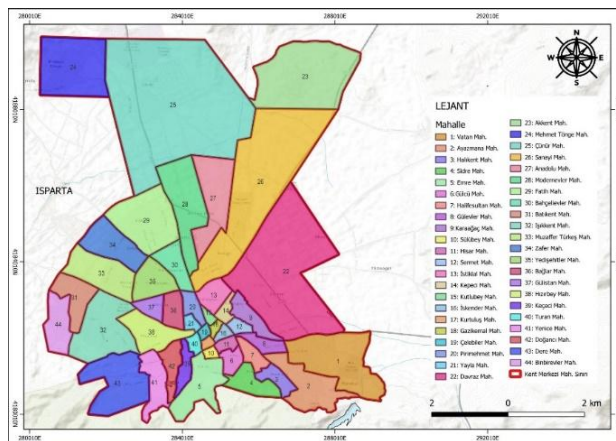
2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Türkiye'deki Göller Bölgesi'nde bulunan, 30°33' doğu boylamları ve 37°46' kuzey enlemleri arasında 8933 km²'lik bir alanda konumlanan Isparta ili Merkez İlçesi oluşturmaktadır (Şekil 1). Endemik tür çeşitliliği bakımından verimli bir potansiyele sahip olup, kent merkezi fauna ve flora açısından da oldukça önemli türleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu bağlamda ekosistemin çeşitliliği ve sürdürülebilirliği önem arz etmektedir (Görmüş vd., 2021; Kervankıran ve Eryılmaz, 2015). Merkez ilçe sınırları içinde yer alan mahalleler Şekil 2'de gösterilmektedir.

Çalışmada kullanılan diğer materyal ise, 31.10.2017'de fırlatılan 3m mekânsal çözünürlüğe sahip PlanetScope uydu görüntüsüdür. Yüksek çözünürlüklü PlanetScope takım uydusuna ait görüntüler, bulutluluk durumu ve iklim koşulları değerlendirildiğinde 27.06.2023 tarihli görüntüler uygun olarak belirlenmiş ve 2 uydu görüntüsü indirilmiştir (<https://www.planet.com/>). Open Street Map (OSM) açık kaynak kodlu çalışma alanına ait harita ve veriler ise ilgili projenin web sitesinden elde edilmiştir (<https://www.openstreetmap.org/#map=13/37.79229/30.50148>).



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area



Şekil 2. Mahalle sınırları
Figure 2. Neighborhood units

OSM projesi dünya üzerindeki çok sayıda ülkede gönüllü katılım yoluyla oluşturulan ve pek çok şehrin özgün haritasını barındıran bir sistemdir. Bunun yanı sıra vektörel formatta Copernicus Land Monitoring Service (Kopernik Arazi İzleme Hizmeti) web sayfasından elde edilen 2018 tarihli CORINE arazi örtüsü vektör verisi indirilmiştir (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>). CORINE arazi örtüsü verisi güncel arazi kullanımını belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Güven vd., 2024). Bunun yanında bakı, eğim ve yükseklik analizlerinin yapılması amacıyla 12,5x12,5 metre çözünürlüğe sahip ALOS-PALSAR uydusundan elde edilen sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model-DEM) ve raster olarak temin edilen topoğrafik altlıklar kullanılmıştır (<https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>). Çalışma alanına ait mevcut açık ve yeşil alanları gösteren harita ve veriler Isparta Belediyesinden doğrudan temin edilmiştir (Azami vd., 2017; MTA, 2024) (Çizelge 2).

2.2. Yöntem

Bu çalışmada dört aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. Birinci aşama çalışma alanının fiziksel özelliklerini tanımlamak için topoğrafik haritalar üretilmesidir. Bununla beraber uydu görüntülerinin indirilmesi, geometrik ve radyometrik olmak üzere gerekli düzeltme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve MYA'yı belirlemek için kullanılacak olan NDWI (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi) ve NDVI (Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Farkı İndeksi) indekslerine ait haritaların oluşturulmasıdır. İkinci aşama, uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıdır. Üçüncü aşama, topoğrafik verilerin analizi ve MYA sistemleri ile ilişkilendirilmesi, son aşama ise NDWI ve NDVI kullanılarak bu indekslerin MYA'ları tespit etmedeki potansiyeli bağlamında irdelenmesidir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, ekosistemlerin korunması, sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve etkin yönetimi konusunda teknolojik modellere dayanan stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir (Kılıç ve Arslan, 2022).

Buna göre, birinci aşamada mekânsal veri tabanı oluşturulmuş ve çalışma alanında yerinde gözlem ve incelemeler yapılmıştır. PlanetScope web sayfasından indirilen uydu görüntülerinin sahip olduğu bantlara göre birleştirme (mozaik) işlemi ERDAS Imagine 2020 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu aşamada radyometrik düzeltmeler otomatik olarak yapılmıştır. Geometrik düzeltmeleri de yapılan uydu görüntüleri WGS-84-UTM-Zone-36N koordinat sistemine kaydedilmiş ve Isparta İli Merkez İlçe sınırına göre kesilerek analiz işlemine hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 2. Dijital materyaller

Table 2. Digital materials

| Veri adı | Tanımı | Kaynak |
|--|---|--|
| Uydu görüntüleri | PlanetScope uydusuna ait 27.06.2023 tarihli veriler | https://www.planet.com/ |
| DEM (Digital Elevation Model/Sayısal Yükseklik Modeli) | Sayısal yükseklik modeli (SYM) (m) | https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/ |
| OSM açık kaynak kodlu kent verisi | Mahalle sınır ve büyüklükleri (m ²) | https://www.openstreetmap.org/ |
| Parklar ve yeşil yol haritası | Mevcut açık ve yeşil alanlar (m ²) | Isparta Belediyesi, Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. |
| Arazi örtüsü/Arazi kullanımı | CORINE Arazi örtüsü sınıfları | https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/ |

Ayrıca çalışma alanında arazi çalışmaları gerçekleştirilerek MYA'ya ait örneğin; parklar, ormanlık alanlar ve su yüzeylerinden noktasal koordinatlı veriler alınarak doğrulama yapılmıştır. MYA'yı UA ve CBS kullanarak belirlemek amacıyla NDVI ve NDWI üretilmesi için aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır. Söz konusu indeksler yeşil alanların, orman alanlarının ve su yüzeylerinin belirlenmesinde uzaktan algılama kullanan çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Kadı ve Yılmaz, 2024; Tawfeeq ve Atasever, 2023). NDVI (Myneni vd., 1995) (1-2) hesaplanması için;

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \quad (1)$$

formülü kullanılmaktadır. Bu formülde bahsedilen;

NIR: Yakın kızılötesi bandı

R: Kırmızı bandı göstermektedir.

$$NDVI=(B8-B6)/(B8+B6) \quad (2)$$

Bu analizde parlaklık filtreleri uygulanarak çıplak alanlar değerlendirme dışı bırakılmıştır ve bu aşamada bitki örtüsünün türüne bakılmaksızın tüm yeşil alanların bulunabileceği spektral aralıklarda testler yapılarak sınıflandırılma işlemi gerçekleştirilmiştir (Aram vd., 2019; Liu vd., 2023)

NDVI'dan üretilmiş ve su yüzeylerinin belirlenmesi ile analizi için kullanılan NDWI (Gao, 1996). NDWI'nin genel formülü (3-4);

$$NDWI=(Green-NIR)/(Green+NIR) \quad (3)$$

NIR: Yakın kızılötesi bandı

Green: Görünür yeşil bandı göstermektedir.

$$NDWI=(B4-B8)/(B4+B8) \quad (4)$$

NDVI, -1 ile 1 arasındaki değerler ile ifade edilir ve bu değerler çeşitli yüzey tiplerini tanımlamaktadır. Negatif değerler genellikle bulutlar, su yüzeyleri ve kar ile ilişkilidir. Sıfıra yakın değerler ise genellikle kayalar ve çıplak toprakları temsil etmektedir. NDVI fonksiyonunun çok düşük değerleri (0,1 veya daha az) kaya, kum veya kar gibi açık alanlara karşılık gelmektedir. Orta düzeydeki değerler (0,2 ile 0,3 arası) çalılık ve çayır alanlarını yansıtırken, yüksek değerler (0,6 ile 0,8 arası) ılıman ve tropik ormanları ifade etmektedir. 0,3 ile 1 arasındaki değerler bitki örtüsünü temsil eder ve yeşil rengin koyulaşması, bitki yoğunluğunun ve bitki örtüsünün klorofil seviyelerinin arttığını gösterir. Örneğin, otsu bitkiler daha düşük klorofil seviyelerine sahipken, çalılar ve ağaçlar daha yüksek klorofil seviyelerine sahiptir.

NDWI değerleri ise, -1 ile +1 aralığında hesaplanmakta olup, değer +1'e yaklaştıkça su yüzeylerinin artış gösterdiği gözlemlenmektedir (Aksoy vd., 2019; Andersson vd., 2019).

İkinci aşamada uydu görüntülerin sınıflandırılması için çeşitli bant kombinasyonları kullanılarak altyapıları niteleyecek şekilde mahalle sınırları seçilmiştir. MYA'ya göre sınıflandırılan uydu görüntüleri nitel olarak değerlendirilmesinin yanında büyüklük ve nüfusa oranla nicel değerlendirmeye de tabi tutularak iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasındaki kentin potansiyeli/dirençliliği konusunda değerlendirmeler yapılmıştır (Aksoy vd., 2019; Andersson vd., 2019).

Çalışmanın üçüncü aşamasında farklı bant kombinasyonları kullanılarak yeşil alanlar seçilmiştir (Çizelge 3). Isparta Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden alınan yeşil alanlara ait veriler vektör formatta "shp" uzantılı olarak sınıflandırılarak kullanıcı nüfusunun diğer mahallere oranla daha fazla olduğu yerlerdeki yeşil alanların durumu belirlenmiştir. Altyapı sınıflarına uygun olarak uydu görüntülerindeki piksellere sınıf bilgileri atanmıştır. Çalışmada eğitim pikselleri (örnek alanlar) MYA görülen yerlerde seçilmiş ve piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır.

Son aşamada uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırmasıyla elde edilen ve MYA'yı gösteren raster formatındaki harita ile çalışma alanının fiziksel özelliklerini gösteren topoğrafik veriler, yükseklik, bakı ve eğim haritaları ile MYA indeksleri eşik değerlerine göre kodlanarak sınıflandırılmış ve vektör formatında kaydedilmiştir. Bu veriler çalışma alanı sınırına göre kesilerek MYA potansiyeli belirlenmiştir. Aynı zamanda mahallelere göre altyapı potansiyelleri incelenerek mevcut MYA durumu tespit edilmiştir.

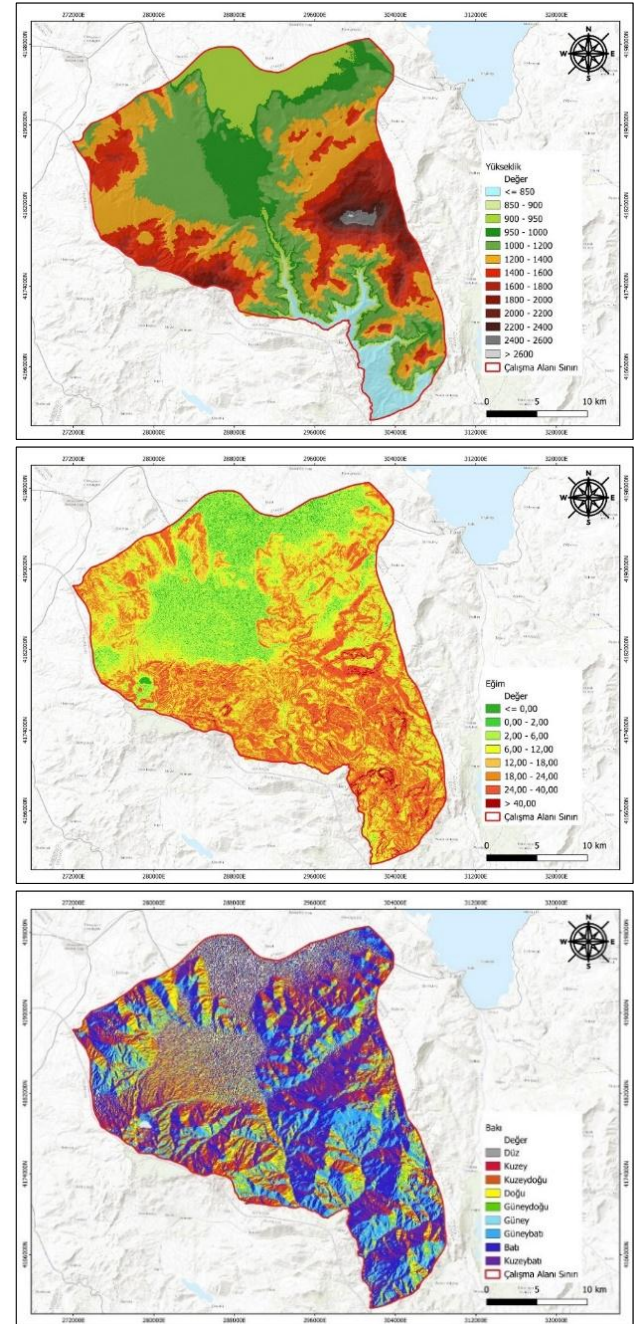
3. Bulgular

Çalışma alanı için oluşturulan topoğrafik haritalar arazinin fiziksel özelliklerini tanımlamak amacıyla QGIS 3.32.3 programında üretilmiştir. Çalışma alanındaki yükseklik sınıfları 13 kategoriye ayrılmış olup, yüksekliklerin 850 m ile 2600 m arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 3a). Bu bağlamda, alanın eğimi FAO-UNESCO, (2003)'e göre 8 sınıfa ayrılarak incelenmiş ve yüzde cinsinden değerlendirildiğinde, %18 ile %40 eğim aralığındaki alanların daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Chen vd., 2014). Buna göre yerleşim alanlarının %2 ve %12 aralığındaki alanlarda büyük oranda olduğu, bunun yanı sıra %18 ve %40 aralığındaki eğimli alanlarda ise yerleşimlerin nadir olduğu görülmüştür (Şekil 3b). Çalışma alanının bakışı ise ana ve ara yönler ile düz alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3c). Bu kapsamda altyapı mekanizmalarının mekânsal çözümlemesinde kullanılmak üzere üretilmiş olan bu topoğrafik haritalar Şekil 3'te gösterilmiştir.

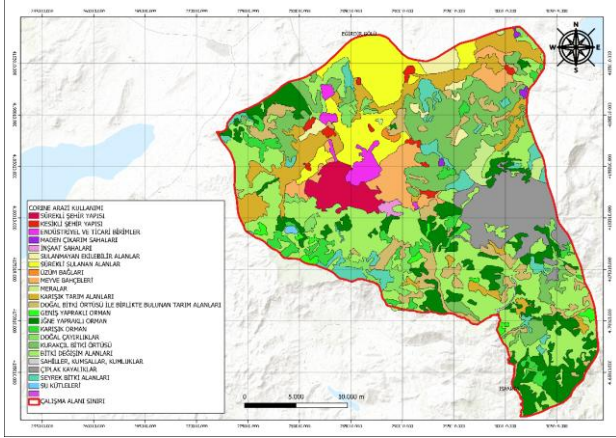
Daha sonra arazi örtüsünü tanımlamak amacıyla CORINE arazi örtüsü verisinden yararlanılmıştır (Şekil 4). Buna göre çalışma alanındaki arazi örtüsü MYA ve diğer alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen bulgular, çalışma alanında yeşil altyapıların diğer altyapı türlerine kıyasla daha geniş bir alan kapladığını ortaya koymuştur. İndekslerin değerlendirilmesi sonucunda, NDVI indeksinin altyapı belirleme açısından en yüksek performansı sergilediği belirlenmiştir.

Çizelge 3. PlanetScope bantları ve karakterleri
Table 3. PlanetScope bands and characteristics

| Band no | Karakter |
|---------|---------------------------------------|
| B1 | Kıyı Mavisi/Su buharı (Coastal Blue) |
| B2 | Mavi (Blue) |
| B3 | Green I |
| B4 | Yeşil (Green) |
| B5 | Sarı (Yellow) |
| B6 | Kırmızı (Red) |
| B7 | Bitki örtüsü Kırmızı Kenar (Red Edge) |
| B8 | Yakın kızılötesi (Near-infrared-NIR) |



Şekil 3. Yükseklik (a), Eğim (b), Bakı (c)
Figure 3. Elevation (a), Slope (b), Aspect (c)



Şekil 4. 2018 CORINE Arazi Örtüsü
Figure 4. 2018 CORINE Land Cover

Buna göre, NDWI indeksi kullanılarak elde edilen veriler, MA analizi için kullanılmıştır (Şekil 5). Haritada, +1'e yaklaşan yüksek değerler genellikle mavi görünmekte ve yüksek su içeriğine veya su yüzeyine karşılık gelmektedir; -1'e kadar olan daha düşük değerler ise kuraklık koşullarının açıklayıcı işaretleri olarak; ilgi sulu olmayan bir yüzeyler olarak belirlenmiştir. Haritada su yüzeyleri koyu mavi renk ile gösterilmiştir. Gri renkli alanlar ise kabartma harita yöntemiyle vurgulanmış olup, yerleşim alanları, tarım arazileri ve ormanlık alanları kapsamaktadır.

Analiz edilen NDVI değer aralıkları ve bu aralıklara karşılık gelen değerleri, alanın yüzdesel dağılımıyla birlikte aşağıda sunulmaktadır (Chouari, 2024; Sahebjalal ve Dashtekian, 2013).

- -1 ile 0 arasında NDVI değerine sahip alanlar (% 48,96): Bu aralık, su yüzeyleri, kar, kayalar ve diğer negatif yansıtıcı yüzeylerle ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanının yaklaşık yarısını oluşturan bu alanlar, su ve diğer negatif yüzeylerin geniş bir alan kapladığını göstermektedir.
- 0 ile 0,1 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%6,94): Çıplak topraklar, kayalar veya bitki örtüsünün olmadığı alanlar bu aralıkta yer almaktadır. Bu, çalışma alanında bitki örtüsünün az olduğu bölgeleri temsil etmektedir.
- 0,1 ile 0,2 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%11,78): Çok düşük bitki örtüsü yoğunluğunu temsil eden bu aralık, kayalık veya kumlu alanlarla ilişkilendirilmiştir.
- 0,2 ile 0,3 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%13,55): Orta düzeyde bitki örtüsüne sahip çalılık ve çayır alanları bu grupta yer almaktadır. Bu, çalışma alanındaki bitki örtüsü çeşitliliğinin orta düzeyde yoğunluk gösteren bir bölümünü ifade etmektedir.
- 0,3 ile 0,4 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%16,64): Sağlıklı otsu bitki örtüsüne sahip bölgeler bu grubu oluşturmaktadır. Bu alanlar, çalışma alanındaki bitki örtüsünün nispeten sağlıklı olduğu kısımları ifade etmektedir.
- 0,4 ile 0,6 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%2,13): Yoğun bitki örtüsüne sahip bölgeler bu aralıkta yer almaktadır. Bu değerler, özellikle tarım alanları ile ilişkilendirilebilir.
- 0,6 ile 1 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%0,002): Çok yoğun ve verimli bitki örtüsüne sahip alanlar bu grupta yer almaktadır.

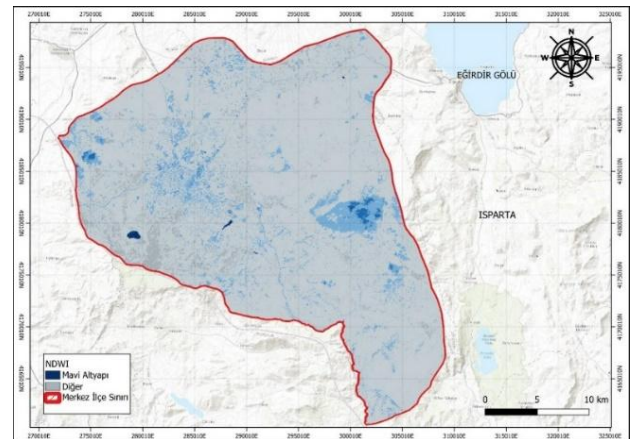
Bu değerler, yoğun ormanlık alanları ifade etmektedir. Ancak, bu aralıkta yer alan alanların çalışma bölgesinde

oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. NDVI analizine dayalı bulgular, çalışma alanında su yüzeylerinin ve negatif yansıtıcı yüzeylerin (kar, kayalık gibi) ağırlıklı bir paya sahip olduğunu, ancak belirli bölgelerde sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün de bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, alanın ekolojik yapısını ve bitki örtüsü yoğunluğunu değerlendirmek için önemli bir veri sağlamaktadır (Rahmi vd., 2024; Van Oijstaeijen vd., 2020).

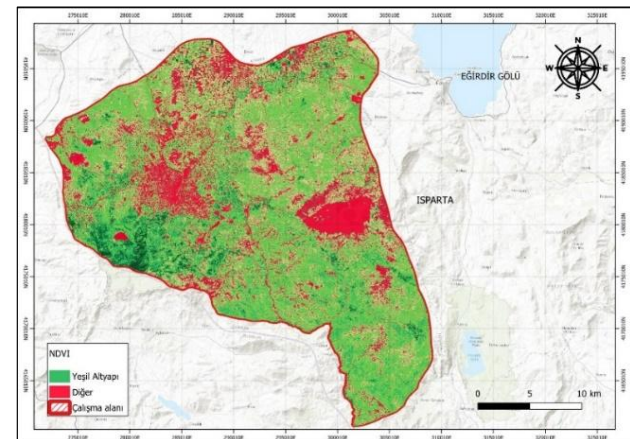
NDVI tabanlı YA analizindeki mekânsal dağılıma bakıldığında, yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar (0,4-0,6) Gölcük Gölü çevresinde görülmektedir. Çünür, Mehmet Töngel, Akkent, Anadolu, Modernevler, Bahçelievler, Fatih, Binbirevler, Işıkent, Halikent, Gülevler ve merkez odaktaki diğer mahalleler tarım arazisi ve çayır alanları (0,0-0,2) olarak görülmektedir. Sidre, Dere, Ayazmana, Vatan, Davraz, Yenice, Emre, Doğancı mahalleleri ise bitki örtüsü varlığının (0,2-0,4) olduğu mahallelerdir (Şekil 6).

Isparta Belediyesi'nden elde edilen veriler doğrultusunda mahalle sınırları içindeki yeşil alanlar Şekil 7'de gösterilmiştir.

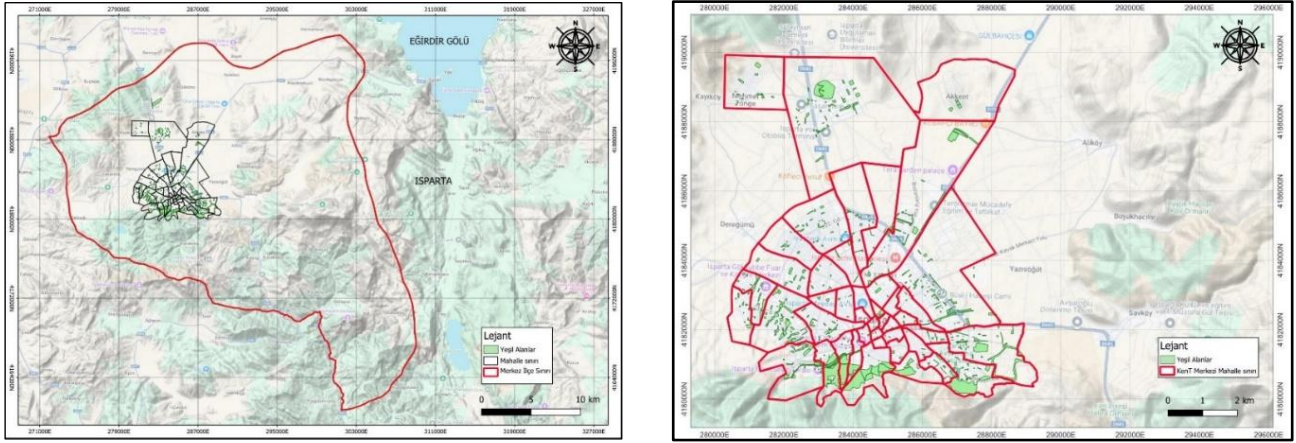
Buna göre çalışma alanında yeşil alanların büyüklükleri belirlenerek mahalle bazında kişi başına düşen yeşil alan miktarı hesaplanmıştır (Çizelge 4).



Şekil 5. Mavi altyapı analizi
Figure 5. Blue infrastructure analysis



Şekil 6. Yeşil altyapı analizi
Figure 6. Green infrastructure analysis



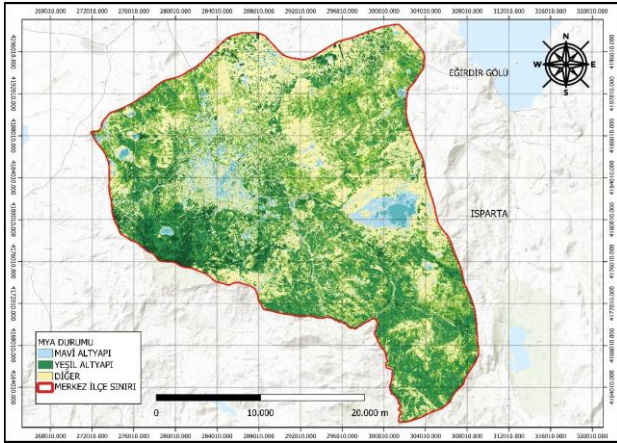
Şekil 7. Çalışma alanında yeşil alan varlığı
Figure 7. Green spaces in study area

Çizelge 4. Kişi başına düşen yeşil alan miktarı (m²)
Table 4. Availability of green spaces per individual (m²)

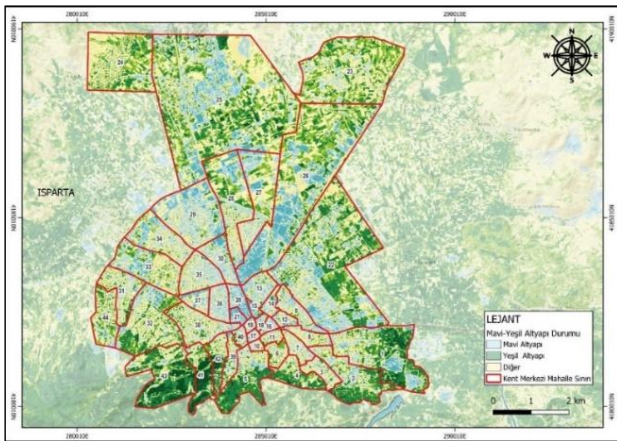
| No | Mahalle adı | Yeşil alan (m ²) | Nüfus (kişi sayısı) | Kişi başına düşen yeşil alan miktarı (m ²) |
|----|-----------------|------------------------------|---------------------|--|
| 1 | Akkent | 24334 | 2537 | 9,60 |
| 2 | Anadolu | 19580 | 7360 | 2,66 |
| 3 | Ayazmana | 402601 | 8990 | 44,78 |
| 4 | Bağlar | 5813 | 7356 | 0,79 |
| 5 | Bahçelievler | 15801 | 6987 | 2,26 |
| 6 | Batıkent | 95422 | 6237 | 15,30 |
| 7 | Binbirevler | 28407 | 2487 | 11,42 |
| 8 | Çelebiler | 708 | 895 | 0,79 |
| 9 | Çünür | 355172 | 25.452 | 13,96 |
| 10 | Davraz | 168649 | 23.397 | 7,21 |
| 11 | Dere | 570914 | 1612 | 354,16 |
| 12 | Doğancı | 713515 | 1914 | 372,79 |
| 13 | Emre | 461643 | 4975 | 92,79 |
| 14 | Fatih | 39087 | 15058 | 2,59 |
| 15 | Gazikemal | 558 | 2853 | 0,19 |
| 16 | Gülcü | 8092 | 2899 | 2,79 |
| 17 | Gülevler | 16462 | 2888 | 5,70 |
| 18 | Gülistan | 10593 | 4883 | 2,17 |
| 19 | Halıkent | 277100 | 6498 | 42,64 |
| 20 | Halifesultan | 2857 | 5398 | 0,53 |
| 21 | Hızırbey | 46299 | 11279 | 4,10 |
| 22 | Hisar | 8878 | 1970 | 4,51 |
| 23 | Işıkkent | 202444 | 8359 | 24,22 |
| 24 | İskender | 6410 | 1701 | 3,77 |
| 25 | İstiklal | 15121 | 7856 | 1,92 |
| 26 | Karaağaç | 8566 | 7450 | 1,15 |
| 27 | Keçeci | 677040 | 1330 | 509,05 |
| 28 | Kepeci | 1480 | 3154 | 0,47 |
| 29 | Kurtuluş | 1516 | 1170 | 1,29 |
| 30 | Kutlubey | 25697 | 462 | 55,62 |
| 31 | Mehmet Töngce | 37517 | 3049 | 12,30 |
| 32 | Modernevler | 38959 | 7875 | 4,95 |
| 33 | Muzaffer Türkeş | 42810 | 5176 | 8,27 |
| 34 | Pirimehmet | 2793 | 4896 | 0,57 |
| 35 | Sanayi | 202345 | 4719 | 42,88 |
| 36 | Sermet | 16468 | 2366 | 6,96 |
| 37 | Sidre | 194893 | 2260 | 86,23 |
| 38 | Sülübey | 276 | 1146 | 0,24 |
| 39 | Turan | 2175 | 1622 | 1,34 |
| 40 | Vatan | 287163 | 6716 | 42,76 |
| 41 | Yayla | 0,00 | 2207 | 0,00 |
| 42 | Yedişehitler | 9620 | 12438 | 0,77 |
| 43 | Yenice | 590795 | 1753 | 337,02 |
| 44 | Zafer | 14269 | 8504 | 1,68 |

Çalışma alanına ait CBS tabanlı veriler incelendiğinde imar planında park ve refüj gibi YA olarak görülen alanlarda otopark, konut alanı ve tarım alanı gibi farklı işlevlerin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında toplam yeşil alan miktarı 3.696.408 m² olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanının güncel nüfusu (271.396 kişi) göz önünde bulundurulduğunda kişi başına düşen yeşil alan miktarının 13,62 m² olduğu hesaplanmıştır. Bu bağlamda kişi başına düşen yeşil alan miktarı dünya kentlerine kıyasla oldukça yetersizdir.

MYA analizi sonucu Şekil 8a'da görülmektedir. Bu analize göre YA oranının MA 'a göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, doğu bakılı bölgeler ile kent merkezinin bulunduğu kuzeybatıda MA'a rastlanmıştır. Çalışma alanında MA %8 oranında YA ise %63 oranında bulunmaktadır. Diğer alanlar ise %29 oranında bulunmaktadır. Mahalle bazında incelendiğinde (Şekil 8b), Sanayi, Pirimehmet, Bahçelievler, Fatih, Zafer, Yayla, Çünür, Davraz, Vatan, Kurtuluş, İstiklal, Sermet, Karaağaç, Kepeci, Kepeci, Turan, Hızırbey ve Muzaffer Türkeş mahallelerinde YA'nın kapladığı alanın daha az olduğu görülmektedir. Bu da nüfusa oranla kent merkezinde yeterince doğal altyapının bulunmadığının bir göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır.



Merkez İlçe MYA (a)



Merkez Mahalle MYA (b)

Şekil 8. Mavi-yeşil altyapı analizi

Figure 8. Blue-green infrastructure analysis

4. Tartışma ve sonuç

CBS ve UA kullanılarak Isparta merkez ilçe sınırları kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada doğal altyapılar nicelik ve nitelik açısından incelenmiştir. Arazi örtüsü ve arazi yapısının altyapı kavramı çerçevesinde mekânsal olarak da analizi yapılmış ve doğal altyapıların kapladığı alanlar, bu alanların topoğrafyası gibi fiziksel özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kentlerin sahip olduğu yeşil alanların kentliye sağladığı fiziksel faydaların yanında ruhsal faydaları da çok sayıda araştırma ile kanıtlanan bir gerçektir (Askan ve Yılmaz, 2016; Kara ve Oruç, 2020; Özer vd., 2010; Özdede vd., 2021; WHO, 2016). Bu açıdan bakıldığında kentlerde doğal altyapılarının artırıldığı oranda çevresel sorunlara karşı daha dayanıklı kentlerin oluşturulması ve buna bağlı olarak da sağlıklı çevrelerde yaşayan insan sayısının artması mümkün olacaktır. Türkiye'de kişi başına düşen açık ve yeşil alan miktarı, gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır (Maryanti vd., 2017; Koçan, 2021; Özgeriş, 2023). Bu da kentlerde açık ve yeşil alanları değerlendiren çalışmaların önemini artırmaktadır.

Çalışma alanında elde edilen dikkat çekici bulgulardan biri, Yayla Mahallesi'nde herhangi bir açık yeşil alan varlığına rastlanmamasıdır. Yayla mahallesinin nüfusunun 2.207 kişi olmasıyla birlikte mahalle büyüklüğünün 148.323 m² olduğu ve konumsal olarak da kentsel çekirdekte yer alması göz önüne alınırsa bu mahalhenin sağlıklı yaşam koşulları bakımından iyi bir durumda olmadığını söylemek mümkündür. Buna karşın Halikent, Emre ve Ayazmana mahallelerinde kişi başına düşen yeşil alan miktarının dünya standartlarına uygun şekilde 40 m²'yi geçtiği görülmektedir (Cüce ve Ortaçesme, 2020). Bu çalışmanın sonucunda, incelenen 38 mahallede kişi başına düşen yeşil alan miktarının, dünya genelindeki gelişmiş ülkelerdeki değerlerin (Örneğin; Stockholm'de 87,5 m², Vitoria-Gasteiz'de 46,12 m²) oldukça altında kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda bu durumun yeşil alan miktarının yeterliliği açısından uluslararası örneklerle karşılaştırıldığında önemli bir eksiklik oluşturduğu belirlenmiştir (Irmak ve Avcı, 2019; Khan, 2019; WHO, 2017). Bu kapsamda yerleşim bölgelerinde doğal altyapıların yetersiz oluşunun iklim değişikliğinin etkilerini hızlandırarak kentsel ekosistemin sürdürülebilirliğine karşı tehdit oluşturacağı düşünülmektedir.

Topoğrafya verilerine dayalı olarak yapılan değerlendirmelerde, çalışma alanında yoğun olarak tespit edilen yeşil altyapının güney ile güneybatı bölgelerinde yayıldığı ve eğimin %10'dan az olduğu kesimlerde tarım arazileri ve yerleşim alanlarının yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, yıllık ortalama yağış miktarının yüksek olduğu ve verimli tarım topraklarına sahip olan Çünür ve Fatih gibi kuzey kesimlerde konumlanan mahallelerin büyük oranda sulu tarım topraklarına sahip olmasına rağmen bu alanlarda da kentsel yapılaşmanın yoğun olarak bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, topoğrafya ve iklimsel verilerin dikkate alınmadan kentleşme süreçlerinin sürdürüldüğünün açık bir kanıtı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca, MA kapsamında yapılan analizler yukarıda belirtilen sulu tarım alanlarında kentleşme faaliyetlerinin yoğunluğu sebebiyle yer altı su potansiyelinin yanlış değerlendirildiğinin bir göstergesidir. Yani, MA'ların tehdit altında olduğunu göstermektedir. Oysaki MA'lar, artan sıcaklıklara ve iklim değişikliğine karşı kritik öneme sahip

yüzeyleylerdir. Bu alanların baskı altında olması ekosistemler için ciddi sorunlar yaratmaktadır (Baylan ve Demir, 2020).

Sonuç olarak; kentlerin planlanması yönetimi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ilgili paydaşlara ve konu ile ilgili çalışma yapmak isteyen araştırmacılara bu çalışmada kullanılan yöntem ve tekniklerin yol göstermesi ve yöntem açısından uygulanabilir bir örnek olması beklenmektedir.

Açıklama

“2209-A- Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı” kapsamında yazarlar TÜBİTAK’a teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

Aksoy, T., Serhat, S., Çabuk, A., 2019. Sulak alanların yönetimi kapsamında su indeksinin uzaktan algılama ile tespiti, *Göller Yöresi. GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 2(1): 35-48.

Andersson, E., Langemeyer, J., Borgström, S., McPhearson, T., Haase, D., Kronenberg, J., Röscher, L., 2019. Enabling green and blue infrastructure to improve contributions to human well-being and equity in urban systems. *Bioscience*, 69(7): 566-574.

Aram, F., García, E. H., Solgi, E., Mansournia, S., 2019. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5(4): 8-19.

Arnberger, A., Macháč, J., Brabec, J., 2022. Exploring public preferences and preference heterogeneity for green and blue infrastructure in urban green spaces. *Urban Forestry, Urban Greening*, 75: 127-695.

Arslan, E.S., Örüçü, Ö.K., 2024. Spatial analysis of infrastructure types in Kızıldağ National Park using remote sensing and GIS. 1st International Conference of Environmental Remote Sensing and GIS, 11-12 July 2024, Zagreb, Croatia, pp. 71.

Askan, G., Yılmaz, H., 2016. Erzincan kenti açık-yeşil alanlarında kullanılan bitkisel materyalin belirlenmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 91: 57-74.

Azami, M., Gündoğan, R., Yakupoğlu, T., 2017. Farklı kaynaklardan üretilmiş sayısal yükseklik modelleri kullanılarak oyuntu erozyonunun bazı topoğrafik karakteristiklerinin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 51: 9-21.

Baylan, E., Demir, A., 2020. Yeşil altyapı sisteminde sulak alanlar; dönemeç deltası: Van Örneği. *Peyzaj*, 2(1), 46-56.

Bellezoni, R. A., Meng, F., He, P., Seto, K. C., 2021. Understanding and conceptualizing how urban green and blue infrastructure affects the food, water, and energy nexus: A synthesis of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 289: 125825.

Bernstein, L., Bosch, P., Canziani, O., Chen, Z., Christ, R., Riahi, K., 2008. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Geneva: IPCC. ISBN 2-9169-122-4.

Bijaber, N., Rochdi, A., Yesséf, M., El Yacoubi, H., 2024. Mapping the structural vulnerability to drought in Morocco. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 92: 264-280.

Chen, X., Hu, T., Ren, F., Chen, D., Li, L., Gao, N., 2014. Landscape analysis of geographical names in Hubei province, China. *Entropy*, 16(12): 6313-6337.

Chouari, W., 2024. Assessment of vegetation cover changes and the contributing factors in the Al-Ahsa Oasis using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Regional Sustainability*, 5(1): 100111.

Coşkun Hepcan, Ç., 2019. Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (İklimIN)*, Ankara.

Cüce, B., Ortaçşme, V., 2020. Kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik. *Peyzaj*, 2(2): 65-77.

Çetin, M., 2015. Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 1-10.

Çetin, M., Sevik, H., Yigit, N., 2018. Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190: 1-9.

Demirbaş, M., Aydın, R., 2020. 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4): 163-179.

Dervişoğlu, A., Bilgiliöglü, B. B., Yağmur, N., 2020. Comparison of pixel-based and object-based classification methods in determination of wetland coastline. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2): 213-220.

Du Toit, M. J., Cilliers, S. S., Dallimer, M., Goddard, M., Guenat, S., Cornelius, S. F., 2018. Urban green infrastructure and ecosystem services in Sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning*, 180: 249-261.

El-Bouhali, A., Amyay, M., Ech-Chahdi, K. E. O., 2024. Combined impact of drought and land use changes on water resources in the Tabular Middle Atlas, Morocco. *Revista De Estudios Andaluces*, 48: 202-220.

Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Wilkinson, C., 2013. Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment. *Springer Nature*, 1: 699-755.

FAO-UNESCO, 2003. The Digital Soil Map of the World, Version 3.6. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1935532>, Accessed: 22.03.2024.

Gao, B. C., 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 257-266.

Gergin, E. D., 2024. İklim değişikliğine dirençli kentler: Dünya’da ve Türkiye’de iyi yerel yönetim uygulama örnekleri. *Erzurum Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (18): 94-111.

Gosseris, A., Kadayıfçı, R., Atalay, S., 2019. Urgenda İklim Değişikliği Davası. *Ekoloji Kolektifi*, Ankara.

Görmüş, S., Oktay, E., Cengiz, S., 2021. Kentsel ekosistemin dayanıklılık hedefini karşılamada ekolojik planlama yaklaşımları. *Peyzaj*, 3(2): 122-134.

Güven, O., Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M. A., 2024. Land use and land cover classes affected by the possible sea level rise in Mersin City Center (Türkiye). *Advanced GIS*, 4(1): 15-23.

Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Elmqvist, T., 2014. A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43(4): 413-433.

Hansen, R., Pauleit, S., 2014. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio*, 43(4): 516-529.

Irmak, M. A., Avcı, B., 2019. Avrupa yeşil başkentlerin yeşil alan politikalarının incelenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8: 1-19.

Kabisch, N., Van Den Bosch, M., Laforteza, R., 2017. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly—a systematic review. *Environmental Research*, 159: 362-373.

Kadı, F., Yılmaz, O. S., 2024. Orman içi açıklıklara ait zamansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile Google Earth Engine platformunda tespit edilmesi: Trabzon-Düzköy İlçesi Örneği. *Geomatik*, 9(2): 141-155.

Kara, D., Oruç, G., 2020. Birey-doğa ilişkisinin yeniden kurgulanması bağlamında ekoterapötik mekânlar: birey doğa ilişkisi ve ekoterapötik mekânlar. *Tasarım+ Kuram*, 16(31): 257-277.

Kassim, H., Peterson, J., Bauer, M. W., Connolly, S., Dehousse, R., Hooghe, L., Thompson, A., 2013. The European Commission of the Twenty-First Century. *Oup Oxford*.

- Kaytanhoğlu, E. H. T., Negiz, M. G., Gülsoy, S., Fakir, H., 2023. Isparta Gölçük Tabiat Parkı'ndaki odunsu flora çeşitliliği ve çevresel değişkenlerle ilişkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 10(1): 23-31.
- Kervankıran, İ., Eryılmaz, A. G., 2015. Millî parkların sürdürülebilir kullanımı ve yönetim planı önerisi: Isparta İli Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34: 173-190.
- Khan, A.M., 2019. Revisiting planning standards for open spaces in urban areas from global and national perspectives. *Journal of Bangladesh Institute of Planners*, 12(1): 1-20.
- Kılıç, E., Arslan, E.S., 2022. Uzaktan algılama teknikleri ile altyapı sistemlerinin konumsal analizi: Burdur Havzası Örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 232: 146-155.
- Koçan, N., 2021. Bayburt kenti kentsel açık yeşil alan yeterliği üzerine bir araştırma. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 33(1): 21-29.
- Liu, O.Y., Russo, A., 2021. Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*, 68: 102772.
- Liu, Z., Zhou, Y., Yang, H., 2023. Urban green infrastructure affects bird biodiversity in the Coastal Megalopolis Region of Shenzhen City. *Applied Geography*, 151: 102860.
- Maryanti, M., Khadijah, H., Uzair, A. M., Ghazali, M. M. M., 2017. The urban green space provision using the standards approach: issues and challenges of its implementation in Malaysia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 210: 369-379.
- Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes, N., Pinho, P., 2018. Ecosystem services: urban parks under a magnifying glass. *Environmental Research*, 160: 469-478.
- MTA Genel Müdürlüğü, 2024. Uzaktan algılama araştırmaları ALOS-PALSAR, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-uydu-palsar>, Erişim:05.12.2024.
- Myneni, R.B., Hall, F.G., Sellers, P.J., Marshak, A.L., 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2): 481-486.
- Önder, S., Polat, A. T., 2012. Kentsel açık-yeşil alanların kent yaşamındaki yeri ve önemi. *Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri*, 19: 73-96.
- Özçelik, H., 2023. Isparta ilinin önemli bitki alanları ve özellikleri. *Journal of Protected Areas Research*, 2(1): 26-62.
- Özdede, S., Hazar Kalonya, D., Aygün, A., 2021. Pandemi sonrası dönemde kişi başına düşen kentsel yeşil alan ihtiyacını yeniden düşünmek. *İdealkent, Covid-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü*, 12: 362-388.
- Özer, S., Aklıbaşında, M., Zengin, M., 2010. Erzurum Kenti örneğinde kullanılan kuşatma elemanlarının kent imajı üzerindeki etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 123-130.
- Özgeriş, M., 2023. Aktif yeşil alanların niceliksel ve niteliksel analizi: Erzurum Adnan Menderes mahallesi örneği. *Jenas Journal of Environmental and Natural Studies*, 5(1): 68-84.
- Öztaş Karlı, R. G., Artar, M., 2021. Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1):145-162.
- Parlak, E., Atik, M., 2023. Antalya Kenti Konyaaltı İlçesi mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(4): 689-703.
- Partigöç, N. S., Dinçer, C., 2024. The multi-disaster risk assessment: a-gis based approach for Izmir city. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(1): 61-76.
- Rahmi, M. A.A., Parikesit, P., Withaningsih, S., 2024. Vegetation change analysis using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Sumedang Regency. In *E3S Web of Conferences: 2nd International Colloquium on Youth, Environment and Sustainability (ICYES 2023)*, 23 February 2024, EDP Sciences, pp. 02007.
- Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Calfapietra, C., 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77: 15-24.
- Sahebjalal, E., Dashtekian, K., 2013. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8(37): 4614-4622.
- Selim, S., 2021. Yeşil mutabakat çerçevesinde kentsel yeşil alanların yeşil altyapı sistemine entegrasyonu: Antalya-Konyaaltı Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(3): 636-643.
- Sörensen, J., Persson, A. S., Olsson, J. A., 2021. A data management framework for strategic urban planning using blue-green infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 299: 113658.
- Tawfeeq, A. F., Atasever, Ü. H., 2023. Wetland monitoring by remote sensing techniques: A case study of Işıklı Lake. *Advanced Remote Sensing*, 3(1): 19-26.
- Van Oijstaeijen, W., Van Passel, S., Cools, J., 2020. Urban green infrastructure: a review on valuation toolkits from an urban planning perspective. *Journal of Environmental Management*, 267: 110603.
- Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Pinho, P., 2018. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The Case of Urban Parks. *Environmental Research*, 160: 306-313.
- WHO, 2016. World Health Organization, 2016. Urban green spaces and health, World Health Organization. Regional Office for Europe, Copenhagen, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/who-345751?lang=en>, Erişim: 04.12.2024.
- WHO, 2017. World Health Organization, 2017. Urban green spaces: a brief for action. World Health Organization. Regional Office for Europe, Copenhagen, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/who-344116>, Erişim: 04.12.2024.
- Wonka, A., 2015. The European Commission. European Union. Routledge.
- Yiğit, A. Y., Kaya, Y., Şenol, H. İ., 2022. Monitoring the change of Turkey's tourism city Antalya's Konyaaltı shoreline with multi-source satellite and meteorological data. *Applied Geomatics*, 14(2): 223-236.