

Kentsel ekosistem servislerinin haritalanması ve analizi: Aydın İli Efeler İlçesi Örneği

Ebru ERSOY TONYALOĞLU¹, Birsen KESGİN ATAK¹

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Güney Kampüs, 09100 Aydın

Alınış tarihi: 5 Mayıs 2020, Kabul tarihi: 15 Haziran 2020

Sorumlu yazar: Ebru ERSOY TONYALOĞLU, e-posta: ebru.ersoy@adu.edu.tr

Öz

Tüm dünyada hızla artan insan nüfusu ve taleplerin karşılanmasına yönelik olarak artan kentleşme, endüstriyelleşme gibi süreçler, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırarak, aşırı kullanım ve tahribe neden olmaktadır. Doğal kaynaklar üzerindeki baskılar ise ekosistemleri ve ekosistemlerden sağlanan servisleri etkilemektedir. Bu kapsamda, bu çalışma ile göçlerle hızlı ve plansız biçimde kentleşen Aydın ili Efeler merkez ilçesinde potansiyel ekosistem servisleri haritalanarak 1990-2017 yılları arasında meydana gelen değişimler analiz edilmiştir. Çalışmada 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE alan kullanım/arazi örtüsü (AKAÖ) haritaları ile 1990 ve 2017 yıllarına ait Landsat TM ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Her bir tarih için küresel iklim düzenlenmesi (karbon depolama) ve mikro-klimanın düzenlenmesi (arazi yüzey sıcaklığı-AYS) ve ekolojik bütünlük ekosistem servisleri haritalanmıştır. Çoklu ekosistem servislerinin analizinde kullanılan ekosistem servisleri indeksi ile 1990-2017 yılları arasında meydana gelen mekansal-zamansal değişimler kent-kır geçiş analizleri ile incelenmiştir. Sonuç olarak, Aydın ili Efeler ilçesinde 1990 ve 2017/2018 yılları arasında batı-doğu yönünde önemli bir kentsel yayılmanın yaşandığı bulunmuştur. Ancak ilçe geneli ve kent-kır geçiş zonlarında kentleşmeye kıyasla, tarım alanları ve doğal/yarı doğal alanlarda yer alan bitki örtüsünde meydana gelen artışın, potansiyel ekosistem servisleri üzerinde daha olumlu bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: CORINE AKAÖ, Efeler, ekosistem servisleri, Landsat.

Mapping and analysis of urban ecosystem services; The Case of Efeler District of Aydın Province.

Abstract

Increasing human population and processes such as urbanisation and industrialisation to meet the demands all over the world increase the pressure on natural resources and cause excessive use and destruction. Such pressures on the natural resources affect ecosystems and services provided by different ecosystems. In this context, with this study, the potential ecosystem services for the years of 1990-2017 were mapped and analysed, in the case of Efeler district, which has experienced heavy and unplanned urbanisation process in Aydın province/Turkey. In this study, CORINE land use/land cover (LULC) maps of 1990 and 2018, and Landsat TM and Landsat 8 satellite images of 1990 and 2017 were used. The potential ecosystem services of global climate regulation (carbon storage), micro-climate regulation (land surface temperature-LST) and ecological integrity were mapped for each of the selected years. The ecosystem services index, an indicator of multiple ecosystem services, was also mapped and used to assess the spatial-temporal changes occurred between 1990 and 2017 through urban-rural gradient analysis. As a result, it was found that there was a significant urban sprawl in the west-east direction between 1990 and 2017/2018 in Efeler district of Aydın province. However, it has also been understood that the increase in vegetation cover in the agricultural areas and natural / semi-natural areas has a more positive effect on the potential ecosystem services compared to the urbanisation

process in the whole district and in urban-rural gradient zones.

Keywords: CORINE LULC, Efeler, ecosystem services, Landsat

Giriş

Dünya genelinde kent merkezlerinde nüfus oranının artmasına bağlı olarak kentlerin büyümesi ve peyzaj yapısında yaşanan değişimler en önemli sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de bu yoğun nüfus hareketleri özellikle kentleşme hareketlerinin artmasına, kentlerin fiziksel dokusunun farklılaşmasına ve bununla birlikte kentlerin kurgulanış biçimlerine etki etmektedir. Kentleşme sadece mekansal büyümeyi değil aynı zamanda çevresindeki kullanım biçimlerini değiştirip şekillenmektedir (Alkan ve Uzun, 2016). Kentleşmeye bağlı sorunların başında, tarım alanlarının tahribi, doğal ve kültürel kaynakların yok olması ya da yok olmaya yüz tutması, doğal peyzaj öğelerinin parçalanarak hayvan ve bitkilerin yaşam alanlarının (habitatlarının) yok olması ve buna bağlı olarak biyoçeşitliliğin azalması gelmektedir. Dinamik olan bir kent ekosisteminde yaşanan bu sorunların yansımaları da farklı açılardan kentleri etkilemektedir. Bu bağlamda geçirimsiz yüzeylerin artması ile bitki varlığının azalması yüzey sıcaklığını artırarak kentsel ısı adası oluşumu (Akbari ve Kolokots, 2016), karbon emiliminin azalması (Hutyra ve ark., 2011), ya da atmosfere salınan kirlilik miktarının artması gibi sorunlar küresel iklim değişimine de sebep olmaktadır. İnsanlar yaşam alanı için kentleri oluşturmaktadır fakat diğer yandan yaşamlarını sürdürebilmeleri için de kentleşme için tahrip ettikleri doğaya ihtiyaçları vardır (Haase ve ark., 2014). Bu kısır döngünün içinde “koruma-kullanma” dengesi büyük önem taşımaktadır. Doğru “koruma” politikalarının oluşturulabilmesi için de ekosistemin ve ekosistemdeki işleyişin anlaşılabilmesi büyük önem taşımaktadır.

Ekosistemler bünyelerinde yaşayan canlı organizmaları destekleyen toprak, su, besin maddeleri gibi fiziksel ve kimyasal bileşenleri ve bunlar arasındaki etkileşimleri içermektedir. Bu yönüyle ekosistemler, insan refahı, sağlığı, geçimi ve hayatta kalması için temel öneme sahip bir dizi hizmet sunma potansiyeline sahiptir. İnsanların hayatını devam ettirebilmesi ve refah içinde yaşayabilmesi ekosistemlerin bize sağladığı bazı hizmetlere (yararlara) ve ekosistemlerin barındırdığı organizmalara, toprak, su ve besin gibi

bileşenlere bağlıdır. Tüm bunlar toplu olarak ekosistem hizmetleri olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle, ekosistem hizmetleri dünya üzerindeki ekosistemlerin insanlara ve diğer canlılara sağladığı ürün ve hizmetlerin tamamına verilen isimdir. Ekosistem hizmetleri insan hayatını doğrudan veya dolaylı olarak her alanda etkilemektedir. İklim değişimi, kirlenme, alan kullanım/arazi örtüsünde (AKAÖ) yaşanan değişimler, hastalıklar, istilacı türlerin yayılması vb. gibi etkiler doğrudan faktörler, ekonomik, sosyo-politik, demografik, kültürel ve dini değerler ile bilim/teknolojide yaşanan değişimlere bağlı olarak yaşanan etkiler ise dolaylı faktörler olarak ele alınmaktadır (Leemans ve De Groot, 2003; Boyd ve Banzhaf, 2007).

Son yıllarda kentsel ekosistem hizmetleri konusunu biyofiziksel, ekonomik ve sosyo-kültürel boyutlarda araştırma konusunda çok sayıda araştırmalara literatürde yer verilmektedir. Ayrıca, kentsel ekosistem hizmetleri konusunda Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005) ve Ekosistem Ekonomisi ve Biyoçeşitlilik (TEEB, 2010) gibi girişimler ekolojik altyapı konusundaki politika tartışmasının bir parçası olarak büyük ilgi görmüştür (Gómez-Baggethun ve ark., 2013). Ekosistem hizmetleri yaklaşımı, özellikle peyzaj planlama ve doğal kaynakların yönetimi için kapsayıcı bir çerçeve olarak politika ve karar alma süreçlerinde önemli bir araç haline gelmiştir. Bu anlamda ekosistem hizmetlerinin haritalanması önemli bir rol oynamaktadır. Ekosistem hizmetlerinin haritalanması, zamansal ve mekansal dinamikleri belirlemesine ve anlaşılmasına olanak sağlanmasının yanı sıra doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için planlama kararları ve politikaların oluşturulmasına destek olmaktadır (Peña ve ark., 2015; Burkhard ve Maes, 2017; Tonyaloğlu, 2020). Belediyecilik, tarım ve ormancılık gibi mekansal planlama ve ekosistemlerin sağladıkları ürün ve hizmetler ile doğrudan ilişkili olan birçok farklı sektörde potansiyel/reel ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla uluslararası ve ulusal düzeyde birçok çalışma yürütülmektedir.

Aydın Efeler merkez ilçesi, geniş tarım alanları ve alüvyal ovalarla çevrili olup, aktif fay hatları ve jeotermal alanları kapsayan bir yerleşim alanıdır (Genç, 2014). 1653 yılında Aydın’da meydana gelen deprem o dönemler kent yapısında büyük hasar oluşturmasına rağmen, göç oranının fazla olması ve

transit ticaret yolu üzerinde yer almasından dolayı kentsel gelişimini sürdürmüştür. Günümüzde, 17 ilçeden oluşan Aydın nüfusunun yaklaşık %20 gibi büyük bir oranı Efeler merkez ilçesinde yaşamaktadır (293816 kişi). Efeler ilçesi, Aydın kentinin merkezinde yer alması nedeniyle nüfus artışı ve kentsel yayılmanın en yoğun yaşandığı yerleşim alanlarından biridir. Özellikle kent merkezi birbirine yakın yoğun yapı blokları, sanayi ve ticaret sahaları olarak yoğun ve sıkışık bir kent dokusu niteliği göstermektedir. Kentsel yayılım (büyüme) ise İzmir- Denizli karayolu doğrultusunda batı (yeni dikey yönde büyüyen yapıların yoğun olduğu) ve güney yönündedir (sanayi ağırlıklı yapıların yoğun olduğu). Bu yayılım daha çok tarım alanları ve doğal alanların üzerinde baskı kurarak önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Kentleşme süreçlerinin potansiyel ekosistem hizmetleri için bilinmeyen sonuçları vardır. Arazi örtüsü değişikliklerinin yakın kırsal yerleşim alanları ve yarı doğal alanlar üzerinde olumsuz etkileri olabilir fakat kentleşme sürecinin yarattığı biyolojik ve kültürel çeşitlilik, kentlerin kentsel ve kırsal gradyanlar boyunca antropolojik rahatsızlıklara karşı dayanıklılığını da arttırabilir (Berkes ve ark., 2008; Ersoy Tonyaloğlu, 2020). Dolayısıyla, Aydın ilinin merkezi olan Efeler ilçesinde kentleşmenin ve kentsel dinamiklerin potansiyel ekosistem hizmetleri üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri analiz etmek geleceğe yönelik planlama stratejileri geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

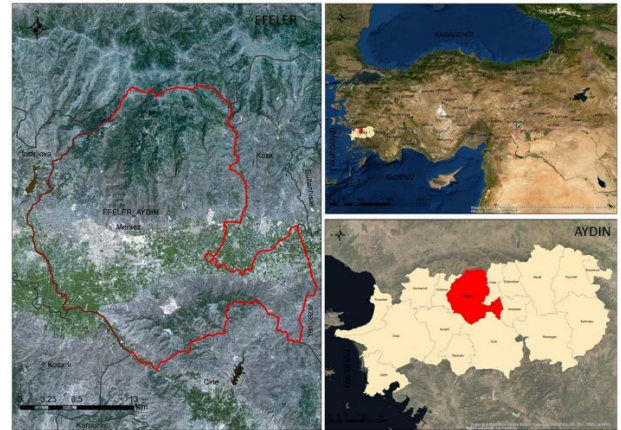
Bu kapsamda bu araştırmanın amacı 1990 ve 2017-2018 yılları arasında Aydın ilinin merkezi olan Efeler ilçesinde potansiyel ekosistem hizmetlerinin haritalanarak, mekansal-zamansal dinamiklerinin analiz edilmesidir. Bu çalışmada, Efeler ilçesinde kentsel ekosistem servislerinin haritalanması ve analiz edilmesi amacıyla 3 farklı potansiyel kentsel ekosistem servisi haritalanmış ve bu haritalar Dobbs ve ark. (2018) tarafından geliştirilen ekosistem servisleri indeksi bir harita üzerinde birleştirilerek değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma alanı Ege Bölgesi'nin 37° 50' 32" enlem ve 27° 50' 56" boylamları arasında yer alan Aydın ili Efeler ilçesinden oluşmaktadır (Şekil 1). Ege Bölgesi'nin kıyı kesiminde yer alan Aydın ili, kuzeyde İzmir, güneyde Muğla ve doğuda Denizli kentleriyle komşu olup yüzölçümü 8070 km²'dir. Araştırma alanı, nüfus oranı ile Türkiye'nin yirminci kalabalık şehri

olan Aydın ilinin merkez ilçesi Efeler ilçesidir. Daha önceleri Aydın merkez ilçesi olarak anılan bölgenin, 12 Kasım 2012'de TBMM'de kabul edilen 6360 sayılı kanun ile ismi değiştirilerek Efeler ilçesi olmuştur. Efeler ilçesi 631 km² yüz ölçümü ile Aydın ilinin en büyük ilçesidir. Denizden yüksekliği 40 metre olup Büyük Menderes nehrinin kollarının geçtiği verimli tarım arazilerinin yer aldığı geniş bir havzaya sahiptir. Aydın merkezi Efeler ilçesi tarihi değerleri ve kültürel zenginliğinin yanı sıra doğal alanlarıyla da ön plana çıkmaktadır. Aydın ilinin temel ekonomisi tarım, turizm ve sanayiye dayanmaktadır. Efeler ilçesi de tarım sanayi gibi faaliyetlerin önemli bir kısmının gerçekleştirildiği ilçelerin başında yer almaktadır. Uygun iklim karakteristikleri, verimli toprak yapısı ve Büyük Menderes nehrinin kollarının da bu alandan geçmesine bağlı olarak Türkiye'nin önemli tarım alanlarından birisidir.



Şekil 1. Çalışma alanı, Efeler/Aydın

Çalışmanın materyali, 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE alan kullanım/arazi örtüsü (AKAÖ) haritaları, 1990 yılına ait 5 adet bulutsuz Landsat 5 (TM) ve 2017 yılına ait 5 adet bulutsuz Landsat 8 uydu görüntüsünden oluşmaktadır. Her iki yıla ait Landsat uydu görüntüleri çalışma alanında vejetasyonun aktif olduğu yaz ve sonbahar aylarından seçilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada kullanılan CORINE AKAÖ haritaları Copernicus Arazi Gözlem Servisi'nden (CLMS, 2019), Landsat uydu görüntüleri ise Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Bilim Kurumu (USGS, 2019), EarthExplorer (EE) ara yüzünden ücretsiz olarak elde edilmiştir. Landsat uydu görüntüleri Efeler ilçesinde kentsel yayılmanın artmaya başladığı 1990 yılı ile güncel kent dokusunu yansıtabilecek tarihlerden seçilmiştir.

Çalışmada küresel iklim düzenlenmesi (karbon depolama) ve mikro-klimanın düzenlenmesi (arazi yüzey sıcaklığı-AYS) potansiyel ekosistem servislerinin haritalanması için Landsat uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) analizleri ile Efeler ilçesinde bitki örtüsünde meydana gelen mekansal ve zamansal değişimler ile seçilen ekosistem servisleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE AKAÖ haritaları ise, ekolojik bütünlük ekosistem servisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan hemeroby (doğallık derecesi), Shannon çeşitlilik ve etkin ağ büyüklüğü (effective mesh size) indekslerinin haritalanmasında kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntüleri

Yıllar	Uydu Görüntüsü	Tarih
1990	Landsat 5 TM	13 Haziran 1990
		31 Temmuz 1990
		1 Eylül 1990
		17 Eylül 1990
		3 Ekim 1990
2017	Landsat 8	7 Haziran 2017
		25 Temmuz 2017
		26 Ağustos 2017
		11 Eylül 2017
		13 Ekim 2017

Yöntem

Aydın ili Efeler ilçesinde potansiyel kentsel ekosistem servislerinin haritalanması ve analizinde, önceki çalışmalarda yaygın olarak kullanılan ve başarılı biçimde uygulanmış yöntemlerden yararlanılmıştır. Çalışmanın yöntemi Dobbs ve ark. (2018) tarafından geliştirilen ve çoklu ekosistem servislerinin haritalanması yoluyla elde edilen ekosistem servisleri indeksinin 1990 ve 2018 yılları için değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu amaçla, her bir yıl için küresel iklim düzenlenmesi (karbon depolama) ve mikro-klimanın düzenlenmesi (arazi yüzey sıcaklığı-AYS) ve ekolojik bütünlük ekosistem servisleri haritalanmıştır.

Küresel iklim düzenlenmesi ekosistem servisinin değerlendirilmesi için karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde Myeong ve ark. (2006)'nın geliştirdiği NDVI verilerine dayanan yöntem kullanılmıştır. NDVI, uzaktan algılama uygulamalarında sağlıklı bitki örtüsünün tespit edilmesi ve zaman içinde bitki örtüsünde meydana gelen değişimlerin izlenmesinde sıklıkla kullanılan bir indekstir. NDVI, uydu görüntülerinin yakın

kızılötesi (NIR) ve kırmızı (R) bantlarının matematiksel olarak oranlanması yoluyla elde edilmekte (Formül 1) ve değeri +1 (sağlıklı bitki örtüsü) ile -1 (bitki örtüsünün hiç olmadığı alanlar) arasında değişmektedir.

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (1)$$

NDVI= normalize edilmiş farksal bitki indeksi, NIR= yakın kızıl ötesi bant, N= kırmızı bant

NDVI indeksinin elde edilmesinden sonra aşağıdaki formül uygulanarak 1990 ve 2017 tarihlerinde seçilen aylar için karbon depolama potansiyeli hesaplanmıştır.

$$Carbon(tons/pixel) = 0.10702e^{NDVI*0.0194} \quad (2)$$

Her bir tarih için elde edilen karbon depolama potansiyeli haritalarının ArcGIS ortamında ortalamaları alınarak ilgili tarihe ait küresel iklim düzenlenmesi ekosistem servisi haritalanmıştır.

Mikro-klimanın düzenlenmesi ekosistem servisinin bir göstergesi olan AYS'nin haritalanmasında ise Landsat TM5 ve Landsat 8 uydu görüntülerinin termal bantlarından yararlanılmıştır. AYS'nin elde edilmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan aşağıdaki işlemler uygulanmıştır (Sobrino ve ark., 2004; Schwarz ve ark., 2011; Du ve ark., 2016). Öncelikle, parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi amacıyla ikinci ve üçüncü formüller sırasıyla Landsat TM5 ve Landsat 8 uydu görüntülerine uygulanmıştır.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{calMAX} - Q_{calMIN}} \right) (Q_{cal} - Q_{calMIN}) + L_{MIN\lambda} \quad (3)$$

L_{λ} = Sensördeki spektral radyans, $L_{MAX\lambda}$ = Q_{calMAX} 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans, $L_{MIN\lambda}$ = Q_{calMIN} 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans, Q_{calMIN} : minimum parlaklık değeri, Q_{calMAX} : Maximum parlaklık değeri ve Q_{cal} =parlaklık değeri

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (4)$$

L_{λ} = sensördeki Spektral radyans, M_L = hesaplanan bant için radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörü, Q_{cal} =parlaklık değeri, A_L = hesaplanan bant için radyans ilave ölçeklendirme faktörü

Landsat TM 5 uydusu için bant 6, Landsat 8 uydu görüntüsü için bant 10 ve 11 için aşağıdaki formül uygulanarak, radyans değerlerinden parlaklık sıcaklığı değerleri elde edilmiştir.

$$T_B = \left(\frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}}\right)} + 1 \right) - 273.15 \quad (5)$$

T_B = sensördeki parlaklık sıcaklığı (°C), K_1 = birinci kalibrasyon sabiti, K_2 = ikinci kalibrasyon sabiti, L_{λ} :

sensördeki spektral radyans değerlerini göstermektedir. K_1 ve K_2 kalibrasyon sabitleri ilişkin bilgiler herbir görüntünün metaveri dosyasından alınmıştır.

Bir sonraki adımda, NDVI'ya dayalı olarak yer yüzeyi yayınlık (ε) değerleri belirlenmiştir (Sobrino ve ark., 2004).

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (6)$$

P_v = vejetasyon oranı, $NDVI_{min}$ = normalize edilmiş farksal bitki indeksi minimum değeri, $NDVI_{max}$ = normalize edilmiş farksal bitki indeksi maximum değeri

$$\varepsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (7)$$

ε =yer yüzeyi yayınlık değeri

Son olarak, AYS değerleri yer yüzeyi yayınlık değerine göre hesaplanarak haritalanmıştır.

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{w * T_B}{p} \right) * \ln(\varepsilon)} \quad (8)$$

LST= Yüzey sıcaklık değeri (°C), w = yayılan ışığın dalga boyu (Landsat TM5 için 11.45 μ m ve Landsat 8 için 10.89 μ m), p = $h * c / s$ (p = 14380, h =Planck sabiti

($6.626 * 10^{-34}$ J/s), c = Boltzmann sabiti ($1.38 * 10^{-23}$ J/K) ve c = ışık hızı ($2.998 * 10^8$ m/s))

1990 ve 2017 yıllarında seçilen 5 ay için AYS haritaları elde edilmiştir. Daha sonra ArcGIS ortamında her bir AYS haritasının ortalamala değerleri alınarak 1990 ve 2017 yıllarına ait mikro-klimanın düzenlenmesi ekosistem servisi haritaları elde edilmiştir.

İnsan etkisinin az olduğu, doğal, parçalanmamış ve çeşitliliğin yüksek olduğu peyzajlarda ekolojik bütünlük sağlanabilmektedir. Bu kapsamda, hemeroby (doğallık derecesi) indeksi çalışma alanının doğallık durumunun değerlendirilebilmesi için; Shannon çeşitlilik indeksi ile etkin ağ büyüklüğü (effective mesh size) ise çalışma alanında yer alan doğal ve yarı doğal AKAÖ sınıflarının çeşitlilik ve heterojenliğinin yanı sıra parçalanma durumlarını anlamak için kullanılmıştır (Frank ve ark., 2012). CORINE AKAÖ haritalarında yer alan her bir AKAÖ sınıfının doğallık derecesi Walz ve Stein (2014) tarafından geliştirilen puanlama ölçeği, 0-100 ölçeğine getirilerek kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Doğallık derecesi sınıfları

Doğallık derecesi (hemeroby)	İnsan etkisi	CORINE AKAÖ sınıfları
Oligohemerobic - 100	Zayıf	Ormanlar (iğne yapraklı, geniş yapraklı, karışık)
Mesohemerobic - 80	Orta	Doğal çayırıklar, Sklerofil bitki örtüsü, Gençlik vejetasyonu
β -euhemerobic - 60	Orta-yoğun	Kent içi yeşil alanlar, Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları
α -euhemerobic - 40	Yoğun	Karışık tarım alanları, Spor ve eğlence alanları, Kuru tarım alanları, Meyve bahçeleri, Zeytinlikler
Polyhemerobic - 20	Çok yoğun	Kesikli şehir yapısı, Maden çıkarım sahaları, İnşaat sahaları
Metahemerobic - 0	Aşırı yoğun	Sürekli şehir yapısı, Endüstriyel veya ticari birimler, Karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar, Limanlar

Shannon çeşitlilik (Shannons diversity) ve etkin ağ büyüklüğü (effective mesh size) indeksleri ise 30 m raster veriye dönüştürülen CORINE AKAÖ haritaları üzerinden FRAGSTATS 4.2 yazılımında Moving Window analiz yöntemi ile hesaplanmıştır.

Haritalanan potansiyel ekosistem hizmetlerinin 1990 ve 2017/2018 yılları arasındaki değişiminin değerlendirilebilmesi ve ekosistem servisleri indeksinin elde edilebilmesi için, modellenen tüm ekosistem hizmetleri minimum ve maksimum değerleri kullanılarak 0-100 ölçeğine getirilmiştir. Burada modellenen potansiyel ekosistem servislerinden AYS için minimum değerler mikro-klimanın düzenlenmesi bakımından en uygun koşulları oluşturduğu için, AYS değerleri ArcGIS ortamında tersine çevrilmiştir (Larondelle ve Haase, 2013).

Ekosistem servisleri indeksine (ESİ) ait haritanın oluşturulmasında, aşağıda verilen ve Dobbs ve ark. (2018) tarafından geliştirilen formül uygulanmıştır.

$$ESİ = \text{Küresel iklim düzenleme} \\ + \text{Mikro klima düzenleme} \\ + \text{Ekolojik bütünlük}$$

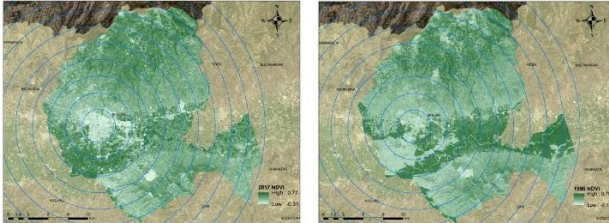
1990 ve 2017/2018 yılları için elde edilen ekosistem servisleri indeksi 0-300 arasında değerlere sahiptir. 0 değeri, potansiyel olarak hiçbir ekosistem servisinin sağlanmadığını, 300 değeri ise en yüksek ekosistem servisi potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

Son olarak 1990-2018 yılları arasında Efeler ilçesinde kentsel yayılmanın ekosistem servisleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla çalışma alanında kent-kır geçiş analizi uygulanmıştır. Kent-

kır geçiş analizi, kentleşme ve kentsel yayılmadan kaynaklanan mekansal değişimlerin izlenmesi ve kent-kır arası farklılaşmaların anlaşılmasında sıklıkla kullanılan yaygın bir yöntemdir (Kroll ve ark., 2012; Larondelle ve Haase, 2013). Kent-kır geçiş analizinin gerçekleştirilebilmesi için, kent merkezinden 2.5 km yarıçaplı birbirini takip eden daireler oluşturularak, 10 adet zon oluşturulmuş ve bu daireler arasında kalan alanlarda kent merkezinden kırsal alanlara doğru haritalanan potansiyel ekosistem servisleri ile ekosistem servis indeksinde meydana gelen değişimler yıllara göre yorumlanmıştır.

Bulgular

1990 ve 2017 yıllarına ait NDVI haritaları incelendiğinde, 1990 yılı için NDVI değerinin -0.13-0.70 aralığında, ortalama NDVI değerinin ise 0.32 olduğu görülmektedir (Şekil 2). 2017 yılında ise ortalama NDVI değeri 0.35 ve NDVI indeksi ise -0.31-0.77 aralığındadır. Her ne kadar iki tarih arasındaki değerler birbirine çok yakın olsa da, 2017 yılında bitki örtüsünde bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu artış seçilen NDVI analizlerinde kullanılan tarihlere bağlı olarak, tarım alanlarında yaşanan artışın yanı sıra ilçenin kuzey, kuzey doğu ve güney doğu yönlerinde bulunan orman ve maki alanlarında bulunan bitkisel dokunun artışına bağlı olarak gerçekleşmiştir.

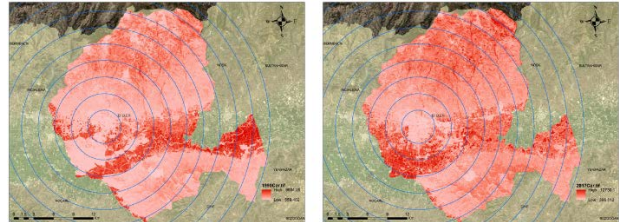


Şekil 2. 1990 ve 2017 yıllarına ait NDVI haritaları

NDVI indeksinin ortalama değeri kent-kır geçiş zonları içinde incelendiğinde, her iki tarihte de Efeler kent merkezinde minimum değere sahip olduğu görülmüştür. Ancak 2017 yılında kent merkezindeki ortalama NDVI değeri 1990 yılına göre daha düşüktür. 1990 yılında 5. zona (12.5 km) kadar ortalama NDVI değerinin arttığı daha sonra azalmaya başladığı ve 8 ile 9. zonalarda en yüksek değere ulaştıktan sonra tekrar azaldığı; 2017 yılında ise ortalama NDVI değerindeki artışın 8. zona (20 km) kadar devam edip en yüksek değere ulaştığı bulunmuştur. Her iki tarihte de 10. zonda (25 km), ortalama NDVI değerleri düşmüş olsa da kent merkezinden daha yüksek değerlere sahiptir. Bu

durum, bize her iki tarihte de bitki örtüsünün kent merkezinde çok az olduğunu, ancak kent çeperlerine doğru bitkisel dokunun arttığını göstermektedir. Kent merkezinden özellikle kuzey ve güney yönlerine doğru yükseklik artışı ile birlikte doğal bitki örtüsünün ortalama NDVI değerlerine olumlu katkısı görülmüştür. Ancak, kırsal alanların en dış bölümünde bitki örtüsünün yetişmesine izin vermeyen yüksek ve dik eğimli kesimlerde ortalama NDVI değerinin azaldığı tespit edilmiştir. 1990 ve 2017 yılları arasındaki değişim incelendiğinde ise, ortalama NDVI değerleri 2017 yılında 1990 yılına göre daha yoğun bitki örtüsü varlığına işaret etmektedir.

Küresel iklim düzenlenmesi ekosistem servisinin göstergesi olarak değerlendirilen karbon depolama potansiyeli haritaları incelendiğinde, 1990 ve 2017 yılları arasında toplam karbon depolama potansiyelinin %26.25 artış ile 2042895.78 ton'dan 2579145.25 tona ulaştığı görülmüştür (32.98 ton/ha'dan 41.63 ton/ha'a) (Şekil 3). Bu sonuçlar 1990 ve 2017 yıllarında seçilen aylara bağlı olarak bitki örtüsünde meydana gelen artışla birlikte, mevcut bitki örtüsünde yoğunlaşma, tarım ürünlerinde değişim ve bitki örtüsüne sahip yeni alanların oluşumuna işaret etmektedir.

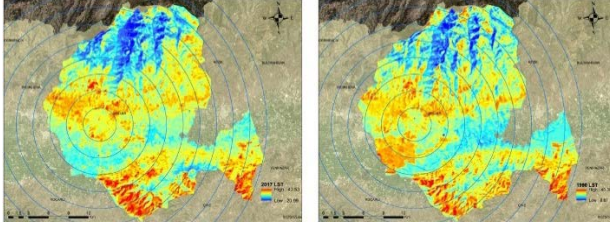


Şekil 3. 1990 ve 2017 yıllarına ait karbon depolama haritaları

Karbon depolama potansiyeli bakımından kent-kır geçiş zonları incelendiğinde, NDVI indeksine benzer şekilde, her iki tarihte de kent merkezinden kırsal alanlara geçerken genel olarak karbon depolama potansiyelinin arttığı görülmüştür. Yine en düşük karbon depolama potansiyeli her iki tarihte kent merkezindeyken, kent çeperlerinde artış görülen karbon potansiyelinin kırsal alanın en dış bölümünde tekrar düştüğü görülmüştür.

Mikro-klimanın düzenlenmesi ekosisteminin bir göstergesi olan AYS'nin 1990 ve 2017 arasındaki değişimine bakıldığında, 1990 ve 2017 yıllarında maksimum AYS değerleri 40 °C civarındayken, minimum değerleri arasındaki yaklaşık 12 °C'lik fark dikkat çekici olmuştur. Ayrıca ortalama AYS

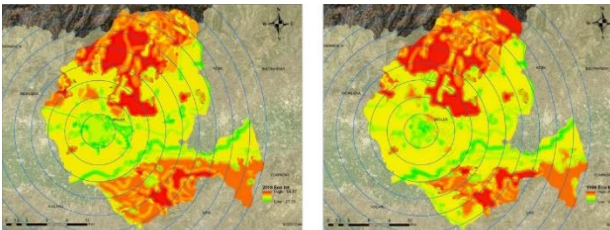
değerleri de 1990 ve 2017 yılları arasında 28.95 °C' den 30.79 °C' ye yükselmiştir. Bu artış Efeler ilçesinde yaşanan kentsel yayılmanın yanı sıra İzmir-Aydın otobanı çevresinde gelişen yeni yerleşim alanları ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. 1990 ve 2017 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklığı (AYS) haritaları

AYS'nin kent-kır geçiş analizi sonuçlarına göre, tüm zonlarda 2017 yılı ortalama AYS değeri 1990 yılına göre yaklaşık 2 °C artış göstermiştir. Her iki tarihte de kent merkezinden kırsal alanlara doğru AYS'de bir düşüş yaşanmış, ancak bu düşüş 2017 yılında kırsal alanların içlerine doğru yaygınlık göstermiştir. Her iki yıl için maksimum AYS değerleri ise 4. zonda gözlemlenmiştir (40 °C 'nin üstünde). Ancak, 1990 yılında maksimum AYS değerinin 4. zona, 2017 yılında ise 40 °C 'nin üstündeki değerler ile 6. zona kadar devam ettiği bulunmuştur. Bu sonuçlar Efeler kent merkezinin kent çeperlerine doğru ilerlediğini göstermekte ve yapay yüzeylerde artış ile birlikte, bitki örtüsündeki azalmaya işaret etmektedir.

1990 ve 2018 yılları için haritalanan potansiyel ekolojik bütünlük ekosistem servisleri incelendiğinde ise, 2018 yılında 1990 yılına göre ekolojik bütünlük minimum değerinde azalma, maksimum değerinde artış olduğu görülmektedir (Şekil 5).



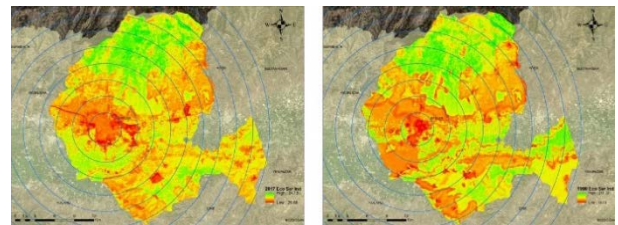
Şekil 5. 1990 ve 2018 yıllarına ait potansiyel ekolojik bütünlük ekosistem servisleri haritaları

Ortalama ekolojik bütünlük indeks değeri ise 49.80' den 50.10' a yükselmiştir. Ekolojik bütünlük indeksinin mekansal dağılımı incelendiğinde, Efeler ilçesi kent merkezi ile tarımsal alanlarda ekolojik bütünlüğün azaldığı, bu alanları saran ve daha

yüksek alanlarda yer alan orman ve maki örtüsünün bulunduğu kuzey ve güney yönlerinde ise ekolojik bütünlüğün arttığı görülmektedir.

Her iki tarih için ortalama ekolojik bütünlük indeks değeri kent-kır geçiş zonları içinde değerlendirildiğinde; 1990 yılında 2018' e göre daha yüksek olmak üzere, kent merkezinde en düşük değerin olduğu bulunmuştur. Ancak diğer potansiyel ekosistem servislerinde olduğu gibi 2017 yılında artan ve yoğunlaşan bitki örtüsüne bağlı olarak, ekolojik bütünlüğün kent çeperleri ve kırsal alanlarda 1990 yılına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Son olarak çalışma alanında çoklu ekosistem servislerini ifade eden ekosistem servisleri indeksi (ESİ) incelendiğinde, 1990 yılında minimum, ortalama ve maksimum ESİ değerlerinin sırasıyla 14.70; 99.54 ve 211.32; 2017 yılı için ise sırasıyla 29.66; 129.34 ve 247.51 olduğu görülmektedir (Şekil 6). Kent-kır geçiş zonlarında ortalama ESİ değerlerine bakıldığında, yine Efeler kent merkezi en düşük değere sahip olmakla birlikte ortalama ESİ değerlerinde kent çeperlerine doğru artış olduğu görülmüştür. 1990 yılında kent merkezinde 70.75 olan ortalama ESİ değeri 6. zona kadar (15 km) kent çeperlerinde artış göstererek 106.45 değerine ulaşmıştır. 2017 yılında da, kent merkezinde 84.57 olan ESİ değeri kent çeperlerinde 6. zona kadar artmış ve 140.49 değerine ulaşmıştır. Ortalama ESİ değerleri her iki tarihte de 10. zona kadar kırsal alanlarda azalma göstererek 102.80 ve 121.47 değerlerine gerilemiştir. Her ne kadar iki tarihte de genel olarak kent-kır geçiş zonlarında ortalama ESİ değerleri benzer değişim gösterse de, 2017 yılında ESİ indeksi 1990 yılına göre oldukça yüksek değerler ile karakterize olmuştur. Özellikle kent çeperlerinde ortalama ESİ indeksi yaklaşık %38' lik bir artış göstermiştir.



Şekil 6. 1990 ve 2017 yıllarına ait ekosistem servisleri indeksi (ESİ) haritaları

Tartışma

Aydın ili Efeler ilçesi, son yıllarda yüksek düzeyde kentleşme yaşanan kent merkezlerinden birini

oluşturmaktadır. Genel olarak yaşanan hızlı kentleşme süreci ile birlikte, doğal ve yarı doğal alanların kalitesinin düşerek, bu alanlardan sağlanan potansiyel ekosistem servislerinin de olumsuz yönde etkilendiği düşünülmektedir (Zengin ve ark., 2018). Bu kapsamda, ekosistem servislerinin haritalanması, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için alınacak planlama kararları ve politikalarının yanı sıra, mekansal ve zamansal dinamiklerin belirlenmesi ve anlaşılması için de büyük önem taşımaktadır (Burkhard ve Maes, 2017). Bu çalışma ile yaklaşık 28 yıllık süre içinde Aydın ili Efeler ilçesinde kentsel ekosistem servislerinin haritalanması ve analiz edilmesi amacıyla 3 farklı potansiyel kentsel ekosistem servisi haritalanmış, Dobbs ve ark. (2018) tarafından geliştirilen ekosistem servisleri indeksi ile haritalanan potansiyel ekosistem servisleri bir harita üzerinde birleştirilerek kent-kır geçiş zonlarında değerlendirmeler yapılmıştır. AYS, kentlerde sıcaklık stresi ve kent ısısının dengelemesinde bitki varlığı ile ilişkilendirilmektedir (Schwarz ve ark., 2011). Bu çalışmada da AYS ekosistem servislerinden mikro-klima düzenlemesinin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Kentsel alanlar genellikle mevcut bitki örtüsünün tahrip edilmesi/ortadan kaldırılması, geçirimsiz yüzeylerde meydana gelen artışlar ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak en önemli karbon kaynakları arasında değerlendirilmektedir (Hutyra ve ark., 2011). Bu nedenle, karbon depolama potansiyelinin haritalanması yoluyla kentlerde atmosfere salınan CO² ve atmosferdeki karbonun depolanmasına yardımcı olan bitkisel doku gibi faktörler belirlenebilmektedir. Buna bağlı olarak, karbon depolama potansiyeli küresel iklim düzenlenmesi ekosistem servisinin önemli göstergelerinden birisi olarak değerlendirilmektedir. Son olarak, ekolojik bütünlük ekosistem servisi ise, hemeroby (doğallık derecesi), Shannon çeşitlilik ve etkin ağ büyüklüğü (effective mesh size) indekslerinin haritalanması ile elde edilmiştir (Frank ve ark., 2012; Walz ve Stein, 2014).

Birçok çalışma, ekosistem servislerinin (faydaların) mekansal olarak haritalanması ve sayısal olarak değerlendirilmesinin; belediyecilik, tarım ve ormancılık gibi mekansal planlamanın yanı sıra ekosistemlerin sağladıkları ürün ve hizmetler ile doğrudan ilişkili olan birçok farklı sektör için karar alma süreçlerini desteklemekte ön koşul olduğu vurgulanmaktadır (Dobbs ve ark., 2018; Peng ve ark.,

2018). Ancak, Türkiye’de çok hızlı ve yoğun kentleşme/kentsel yayılma süreçleri yaşanmasına rağmen, potansiyel ekosistem servislerinin değerlendirildiği çok az çalışma bulunmaktadır (Tezer ve ark., 2018; Ersoy Tonyaloğlu, 2020). Bu kapsamda, bu çalışmada Landsat uydu görüntüsü serileri kullanılarak daha önceki çalışmalarda başarı ile uygulanmış olan potansiyel ekosistem servisi haritalama ve ekosistem servisleri indeksi yöntemleri, geniş alanlarda kentsel ekosistemlerde yaşanan değişimler ile bunların sağladıkları servisler üzerindeki etkilerin niceliksel olarak saptanmasında hızlı ve uygun maliyetli bir araç sunmaktadır. Özellikle, ücretsiz uydu görüntülerinin yardımı ile uygulanabilen bu yöntem, ekosistem servisleri ile ilgili geçmiş yıllar ve mevcut durum karşılaştırması yapılmasında önemli avantajlar sağlarken, yersel ölçüm ve araştırmalara göre çok daha pratik ve uygun maliyetli olması bakımından da büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın genel sonuçları, son 28 yılda Aydın ili Efeler ilçesinde yaşanan kentleşme sürecinin ekolojik bütünlüğü olumsuz yönde etkilediğini, ancak ilçenin kent çeperleri ile kırsal bölümlerindeki bitki örtüsünün artmasının/yoğunlaşmasının çoklu ekosistem servisleri üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir (Jiang ve ark., 2018). Bu durum, bize bitki örtüsü varlığı ve yoğunluğunun çoklu ekosistem servislerinin sağlanmasında ve desteklenmesinde önemli bir pay taşıdığını göstermektedir. Buna bağlı olarak, peyzaj planlama ve yönetimi açısından büyükşehir ve yerel belediyelerin özellikle kent-kır geçiş zonlarında yer alan bitki örtüsünün korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından gerekli önlemleri almaları gerekmektedir. Bu kapsamda, bu çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin, peyzaj planlama çalışmalarında ekosistem servislerinin mekansal ve zamansal dinamiklerin belirlenmesi ve değerlendirmesi açısından yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Diğer yandan, çalışmanın sonuçları kent merkezinde ekolojik bütünlüğün azaldığını ve azalan bitki örtüsü ve yoğun kent dokusunun AYS değerlerinin artmasına yol açtığını göstermiştir. Özellikle Efeler ilçesinin kent merkezinden kent çeperlerine doğru yaşanan yoğun yapılaşma ile birlikte kent merkezinin devamı niteliğinde olan ve İzmir-Aydın otobanı çevresinde gelişen yeni yerleşim alanları da ekolojik bütünlük ve mikro-klimanın düzenlenmesi ekosistem servislerini olumsuz yönde etkilemiştir.

Diğer yandan, kentsel alanlarda yer alan açık yeşil alanların yeşil altyapı sistemlerinin kurgulanmasında ve birçok farklı ekosistem servisinin kentsel alanlarda sağlanabilmesinde yüksek potansiyeli bulunmaktadır (Ersoy Tonyaloğlu, 2020). Efeler ilçesinde mevcut açık yeşil alanların, bir yeşil altyapı sistemi içinde tekrar planlanması ve mevcut alanlar arasındaki bağlantıların güçlendirilmesi yoluyla yoğun yapılaşma ve kentsel yayılmanın etkilerinin hafifletilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, kentsel alanlarda çoklu ekosistem servislerinin sağlanabilmesi ve desteklenebilmesi için tekdüze bitki materyali kullanılarak oluşturulmuş olan mevcut açık yeşil alanlarda biyolojik ve fiziksel çeşitliliğin artırılması da gerekmektedir (Conway ve ark., 2019). Buna ek olarak, mevcut bir kullanıma açık olmayan atıl alanlar başta olmak üzere, yeni oluşturulacak olan açık yeşil alanlarda da Aydın ilinde yetişen ve buraya özgü çeşitli bitki türlerinin kullanılması ve bu alanlar arasındaki fiziksel ve işlevsel bağlantıların sistematik biçimde kurgulanması mevcut ekosistem servislerinin zenginleştirilmesi ve desteklenmesine büyük katkılar sağlayacaktır (Diaz ve ark., 2005; Trammell ve ark., 2011).

Sonuç

Bu çalışma ile yaklaşık 28 yıllık süre içinde Aydın ili Efeler ilçesinde potansiyel ekosistem hizmetleri haritalanarak, bunların mekansal-zamansal dinamikleri analiz edilmiştir. 1990 ve 2017/2018 yılları için elde edilen ekosistem servisleri indeksi haritaları hem Efeler ilçesi bütününde her bir yıl için ayrı ayrı, hem de kent merkezi, kent çeperi ve kırsal alanlarda analiz edilip değerlendirilerek, kentsel yayılmanın potansiyel ekosistem servisleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları net bir şekilde kent-kır geçiş zonlarında AKAÖ desenindeki farklılıkların, çeşitli ekosistem servislerini sağlamakta potansiyelle sahip olduğunu ve özellikle kent merkezlerinde ve kent çeperlerinde yaşanan değişimlerin potansiyel ekosistem servislerini nasıl etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışma aynı zamanda, potansiyel ekosistem servislerinin sağlanmasında farklı AKAÖ deseni ve yoğunluklarının, AKAÖ değişimleri ile kentleşme süreçlerinden daha güçlü etkilere sahip olabileceğini göstermiştir. Örneğin, bitki örtüsünde meydana gelen artış ve yoğunlaşmanın çoklu ekosistem servislerinin sağlanmasında büyük bir payı olduğu görülmüştür. Bu örnek çalışma ile, kent merkezleri

başta olmak üzere kentlerin planlanması ve yönetiminde öncelikle kentlerin mevcut durumları ile zaman içinde geçirdikleri değişimin saptanmasının ileriye dönük doğru ve optimum alan kullanım kararlarının alınması açısından kritik öneme sahip olduğu ortaya konmuştur.

Kaynaklar

- Akbari, H., & Kolokotsa, D. (2016). Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research. *Energy and Buildings*, 133: 834-842.
- Alkan, Y., & Uzun, G. (2016). Erdemli kenti mücavir alanı içinde ekolojik kapsamlı alan kullanımı üzerine bir araştırma. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 35-50.
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (Eds.), (2008). *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press.
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2-3): 616-626.
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). *Mapping ecosystem services*. Advanced Books. Pensoft Publishers, Sofia (2017), 374s.
- CLMS. 2019. Copernicus Land Monitoring Service, Imperviousness. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012> (Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Conway, T.M., Almas, A.D., & Coore, D. (2019). Ecosystem services, ecological integrity, and native species planting: How to balance these ideas in urban forest management?. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41: 1-5.
- Diaz, S., Tilman, D., Fargione, J., Chapin III, F.S., Dirzo, R., & Kitzberger, T. (2005). Biodiversity regulation of ecosystem services. *Trends and Conditions*, 279-329s.
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S., & Miranda, M.D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, 85: 1068-1080.
- Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., & Cai, Y. (2016). Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 571: 461-470.

- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., & Makeschin, F. (2012). A contribution towards a transfer of the ecosystemservice concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21: 30-38.
- Genç, F.N. (2014). 6360 sayılı kanun ve Aydın'a etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(5): 1-29.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D.N., Langemeyer, J., McPhearson, T., & O'Farrell, P. (2013). Urban Ecosystem Services In: Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. *Springer, Dordrecht*. 175-251s.
- Haase, D., Frantzeskaki, N., & Elmqvist, T. (2014). Ecosystem services in urban landscapes: practical applications and governance implications. *Ambio*, 43(4): 407-412.
- Hutyra, L.R., Yoon, B., Hepinstall-Cymerman, J., & Alberti, M. (2011). Carbon consequences of land cover change and expansion of urban lands: A case study in the Seattle metropolitan region. *Landscape and Urban Planning*, 103(1): 83-93.
- Jiang, C., Nath, R., Labzovskii, L., & Wang, D. (2018). Integrating ecosystem services into effectiveness assessment of ecological restoration program in northern China's arid areas: Insights from the Beijing-Tianjin Sandstorm Source Region. *Land Use Policy*, 75: 201-214.
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., & Fohrer, N. (2012). Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 29(3): 521-535.
- Larondelle, N., & Haase, D. (2013). Urban ecosystem services assessment along a rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities. *Ecological Indicators*, 29: 179-190.
- Leemans, R., & De Groot, R.S. (2003). Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island press. 266s.
- MEA. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island, Washington, DC. 563s.
- Myeong, S., Nowak, D.J., & Duggin, M.J. (2006). A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 101(2): 277-282.
- Peña, L., Casado-Arzuaga, I., & Onaindia, M. (2015). Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach. *Ecosystem services*, 13: 108-118.
- Peng, J., Liu, Y., & Tian, L. (2018). Integrating ecosystem services trade-offs with paddy land-to-dry land decisions: A scenario approach in Erhai Lake Basin, southwest China. *Science of the Total Environment*, 625: 849-860.
- Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115(12): 3175-3186.
- Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4): 434-440.
- TEEB. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/synthesis-report/#.Ul1QeCSm7-5> (Erişim tarihi: 03.03.2020).
- Tezer, A., Turkay, Z., Uzun, O., Terzi, F., Koylu, P., Karacor, E., Okay, N., & Kaya, M. (2018). Ecosystem services-based multi-criteria assessment for ecologically sensitive watershed management. *Environment, Development and Sustainability*, 22:2431-2450
- Tonyaloğlu, E.E., (2020). Spatiotemporal dynamics of urban ecosystem services in Turkey: The case of Bornova, Izmir. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49: 126631.
- Trammell, T.L., Schneid, B.P., & Carreiro, M.M. (2011). Forest soils adjacent to urban interstates: soil physical and chemical properties, heavy metals, disturbance legacies, and relationships with woody vegetation. *Urban Ecosystems*, 14(4): 525-552.
- USGS. (2019). The United States Geological Survey. Landsat 8 Data Users Handbook - Section 5. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8-data-users-handbook> (Erişim tarihi: 03.03.2020).
- Walz, U., & Stein, C. (2014). Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22(3): 279-289.
- Zengin, H., Değermenci, A.S., & Bettinger, P. (2018). Analysis of temporal changes in land cover and landscape metrics of a managed forest in the west Black Sea region of northern Turkey: 1970-2010. *Journal of Forestry Research*, 29(1): 139-150.