

Aydın İli Örneğinde Karbon Depolama Potansiyelinin Mekânsal ve Zamansal Analizi

Birsen KESGİN ATAK^{1*}, Ebru ERSOY TONYALOĞLU¹

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın

*Sorumlu yazar e-posta: birsenatak@adu.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4786-0801>
ebru.ersoy@adu.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2945-3885>

Geliş Tarihi: 19.09.2019;

Kabul Tarihi: 05.12.2019

Öz

Hızla artan nüfus, endüstriyelleşme ve doğal kaynakların aşırı kullanımı/tahribi ile birlikte tüm dünyada karbon salınımında artışlar yaşanmıştır. Sera gazları ve karbondioksit gibi zararlı gazların havadaki miktarının artışı ile ilişkilendirilen karbon salınımı, iklim değişikliği ve ısınma gibi küresel sorunlara sebep olan en önemli faktörlerden birisidir. Doğal ekosistemlerde toprak, su ve ormanlar karbondioksitin temel bileşeni olan karbonun depolanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, özellikle yoğun kentleşmeye bağlı olarak genişleyen kentlerde alan kullanım/arazi örtüsü değişimine bağlı olarak karasal karbon depolarında kayıplar yaşanmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışma ile son yıllarda yoğun kentleşme sürecine maruz kalan ve peyzaj yapısında mekansal değişimlerin yaşandığı Aydın kenti bütününde ve ilçelerinde, 1990-2017 yılları arasında karbon depolama potansiyelinde meydana gelen değişimler analiz edilmiştir. Çalışma alanında karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde Myeong vd. (2006)'nin geliştirdiği NDVI verilerine dayanan yöntem kullanılmıştır. Sonuç olarak, Aydın ili ve ilçelerinde, 1990 ve 2017 yılları arasında il geneli ve ilçelerinde kentleşmeye kıyasla, tarım alanları ve doğal/yarı doğal alanlarda yer alan bitki örtüsünde meydana gelen artışın, karbon depolama potansiyeli üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler

Karbon depolama;
Landsat; NDVI; Uzaktan algılama; Ekosistem hizmeti

Spatio-temporal Analysis of Potential Carbon Storage in the case of Aydın Province

Abstract

Along with the rapidly increasing population, industrialisation and the excessive use/destruction of natural resources, carbon emissions have also increased all over the world. Associated with the increase in the amount of harmful gases; such as greenhouse gases and carbon dioxide, carbon emissions are one of the most important factors causing global problems such as climate change and warming. In natural ecosystems, soil, water and forests play an important role in carbon storage, which is the main component of CO₂. However, especially in urbanised areas and enlarged cities, there are losses in terrestrial carbon depots due to land use/land cover changes. In this context, the changes in carbon storage potential between 1990 and 2017 were analysed in the whole city of Aydın and its districts, which have been subjected to intense urbanisation process and spatial changes in the landscape structure in recent years. As a result, it was found that the increase in the vegetation in the agricultural areas and natural/semi-natural areas in Aydın province and its districts between 1990 and 2017 had a greater impact on the carbon storage potential compared to the urbanisation process.

Keywords

Carbon storage;
Landsat; NDVI; Remote sensing; Ecosystem service.

1. Giriş

Yeryüzündeki her ekosistem insanlara bir dizi servis/hizmet sunmaktadır. İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri ve refah içinde yaşayabilmeleri için gerekli olan bu hizmetler tedarik hizmetleri, düzenleyici hizmetler, kültürel hizmetler ve destekleyici hizmetlerden oluşmaktadır (The Millennium Ecosystem Assessment 2005). Ancak, sanayileşme, çarpık kentleşme, yanlış arazi kullanımı ve hızla artan insan nüfusu başta olmak üzere birçok olumsuz etki ekosistemlerin niteliklerini kaybetmesi ve parçalanması gibi sorunlara neden olmaktadır. Zaman içinde peyzajlarda yaşanan değişim ve dönüşümler ile birlikte ekosistemlerin mekansal desenleri, işleyişleri ve insanlara sundukları hizmetlerde de değişimler meydana gelmektedir. Küresel iklim değişikliği ve ısınma, günümüzde ekosistemlerde yaşanan en büyük sorunlardan birisi olarak kabul edilmektedir. Endüstrileşme ve alan kullanım/arazi örtüsü değişikliklerine bağlı olarak kentsel ve kırsal alanlarda ciddi farklılıklar gösteren sera gazı ve özellikle de insan kaynaklı kullanımlara bağlı olarak CO₂ konsantrasyonlarındaki artış atmosfer ısısının yükselmesine sebep olduğundan, küresel iklim değişikliği ve ısınmanın da temel kaynakları olarak değerlendirilmektedir (UN 1992; IPCC 2007). Özellikle karbon deposu olarak nitelendirilen ormanlar ve doğal vejetasyon iklim değişimini engellemekte önemli role sahiptir.

Yeni kentlerin kurulması ve mevcut kentsel alanların genişlemesi mevcut bitki örtüsünün tahrip edilmesi ya da ortadan kaldırılması, geçirimsiz yüzeylerin artışı ve yerel fosil yakıt kullanımındaki artış gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sebeple, bu alanlar önemli karbon kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Svierejeva-Hopins vd. 2004; Hutyra vd. 2011).

Günümüzde, kentsel alanların küresel enerjinin 67%'sini tükettiği ve dünya genelinde mevcut CO₂'nin 71%'ini yarattığı tahmin edilmektedir (IEA, 2008). Tüm dünyada, nüfus artışıyla birlikte yaşanan alan kullanım/arazi örtüsü değişimi ve karasal karbon depolarındaki kayıpların, önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artması beklenmektedir (Foley vd.

2005; Montgomery 2008). Buna karşın, doğal ekosistemlerin başlıca bileşenleri olan toprak, su ve ormanlar, dünya üzerinde karbondioksitin başlıca bileşeni olan karbonun tutulmasında/depolanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Karasal ekosistemlerde karbon depolanmasına yönelik çalışmalar, atmosfere salınan CO₂ artışının engellenmesinde etkin ve düşük maliyetli bir yol sunmak için altlık veri oluşturmaktadırlar (Koçyiğit 2008). Bu kapsamda, küresel iklim değişikliği ile mücadele sözleşmesine imza atan pek çok ülkenin orman alanlarında depolanan ve havaya salınan kirletici gazların miktarını hesaplamak ile yükümlüdür.

Nüfus yoğunluğu ve geçirimsiz yüzey alanlarının artışına karşın, kentsel alanlarda çeşitli miktarlarda karbon depolayabilen bitki örtüsünün varlığı, farklı ekosistem fonksiyonlarını etkilemektedir (Kaye vd. 2006, Hutyra vd. 2011). Ayrıca, kentsel bitki örtüsünde meydana gelen değişimler yerel iklim ile birlikte binaların ısıtma/soğutma ihtiyaçlarını da etkilemektedir (Oke vd. 1989, McPherson vd. 1999). Bu kapsamda, son yıllarda kentleşme ve farklı ekosistem işlevleri arasında birçok araştırma yürütülmüştür (Grimm vd., 2008; Pickett vd. 2011). Fakat Türkiye'de genişleyen kentsel alanların karbon depolama potansiyeli bakımından zamansal ve mekansal etkilerini inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Geleceğe yönelik alan kullanım/arazi örtüsü gelişiminin planlaması, yönetimi ve koruma stratejilerine ışık tutarak, gelecekte yaşanacak kentsel büyümenin olumsuz etkilerinin önüne geçilebilmesi ve ekolojik açıdan sürdürülebilir kentlerin planlanabilmesi açısından kentsel alanların geçmişi hakkında bilgi sahibi olunması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma 1990-2017 yılları arasında hızlı bir kentleşme sürecine maruz kalan Aydın kenti bütününde ve ilçelerinde, peyzajda meydana gelen mekansal-zamansal değişimlerin karbon depolama potansiyeli üzerindeki etkilerinin mekansal olarak analiz edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Her iki tarih için vejetasyonun en aktif olduğu aylarda karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde Myeong vd. (2006)'nin geliştirdiği NDVI verilerine dayanan yöntem kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her bir

Jeolojik Araştırmalar (USGS 2019) Bilim Kurumu, EarthExplorer (EE) çevrimiçi kullanıcı ara yüzünden ücretsiz olarak elde edilmiştir. Çalışmada, bitki örtüsüne ilişkin değerlendirmeler ile karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde Landsat 5 (TM) uydu görüntüsünün 3 (Kırmızı) ve 4 (Yakın kızılötesi), Landsat 8 uydu görüntüsünün ise 4 (Kırmızı) ve 5 (Yakın kızılötesi) inci bantlarından yararlanılmıştır. Analiz ve değerlendirmelerin yapılabilmesi için öncelikle tüm tarihlere ait bu bantlar ArcGIS yazılımında çalışma alanı sınırlarına göre kesilerek düzenlenmiştir. Bitki örtüsüne ait değerlendirmelerin sağlıklı yürütülebilmesi için, ilk olarak bu bantlara ait yansıtma değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra ise yansıma değerleri hesaplanmış olan her bir tarihe ait görüntü için yansıtma değeri güneş açısıyla düzeltilmiştir. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan veriler, her bir görüntünün metaveri dosyasından elde edilmiştir.

2.3 Normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) analizleri

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak çeşitli bitki örtüsü indeksleri elde edilmekte ve bitki örtüsünün değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu indekslerden birisi olan normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) uydu görüntülerinden bitki örtüsünün tanımlanması için yaygın olarak kullanılmaktadır. NDVI, sağlıklı bitki örtüsünden yansıyan radyasyonun, dünya yüzeyindeki diğer tüm kaynaklardan yansıyan radyasyona oranı olarak tanımlanmaktadır (Aygün vd., 2016). NDVI değeri, farklı uydu görüntülerinin yakın kızılötesi ve kırmızı bantlarındaki farklı yansıtma değerlerine göre +1 ile -1 arasında değişmektedir. Sağlıklı bitki örtüsü varlığının olduğu alanlarda NDVI değeri +1 iken, bitki örtüsünün hiç olmadığı alanlar ise -1'dir.

Landsat TM5 ve 8 uydu görüntüleri 30 m yersel çözünürlüklü kırmızı ve yakın kızılötesi bantlara sahiptir (Landsat TM5 için bant 3 ve 4, Landsat 8 için bant 4 ve 5). Çalışmada seçilen 1990 ve 2017 tarihlerinde belirlenen aylar için NDVI değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki formül uygulanmıştır (1):

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

NDVI=normalize edilmiş farksal bitki indeksi, NIR=yakın kızılötesi bant, N= kırmızı bantı ifade etmektedir.

2.4 Karbon depolama potansiyelinin hesaplanması

Karbon depolama potansiyelinin hesaplanmasına yönelik olarak birçok araştırmada farklı yöntem uygulanmıştır. Bunlardan bazıları; biokütlede biriken karbon miktarından yola çıkarak, bitki topluluklarındaki toplam karbon birikiminin hesaplanması (Polat vd. 2011, Tolunay 2011), farklı ağaç türleri için karbon depolama katsayıları bulunarak modellenmesi (Çömez 2012, Parajuli and Chang 2012) ve orman amenajman planı ile haritalarından karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasıdır (Keleş vd. 2011, Sivrikaya ve Bozali, 2011).

Bu çalışmada, karbon depolama potansiyelinin belirlenmesinde Myeong vd. (2006) tarafından geliştirilen NDVI verilerine dayanan yöntemden yararlanılmıştır. Bu yöntem, geniş alanlarda karbon depolama potansiyelinin yıllar içinde zamansal ve mekânsal değişiminin niceliksel olarak saptanmasında uygulanan hızlı ve uygun maliyetli bir yöntemdir (Hutyra et al. 2011, Dobbs et al. 2018). Karbon depolama potansiyelinin hesaplanmasında, 1990 ve 2017 tarihlerinde seçilen aylar için aşağıdaki formül uygulanmıştır (2).

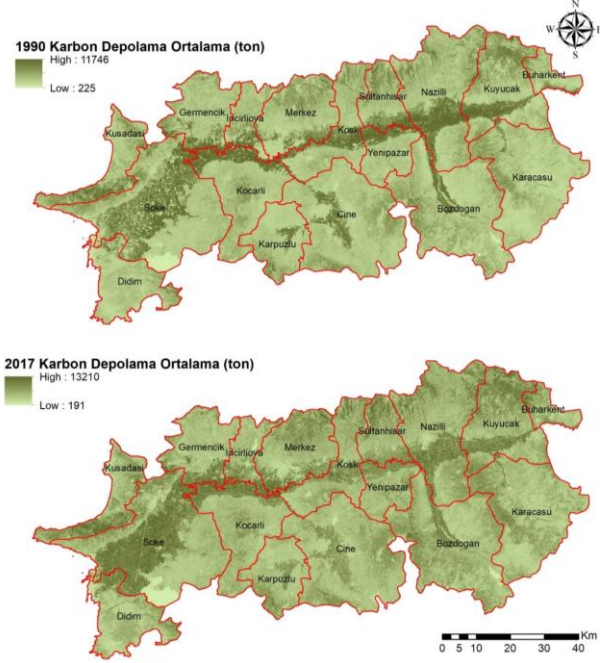
$$Carbon(tons/pixel) = 0.10702e^{NDVI*0.0194} \quad (2)$$

Son olarak, ArcGIS Zonal Statistics aracı kullanılarak karbon depolama potansiyelinin aylara ve yıllara göre değişimi Aydın bütününde ve ilçelerinde değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

1990 yılında seçilen 5 tarihte toplam karbon depolama potansiyeli 127.994.274 ton (161, 30 ton/ha) iken, 2017 yılında %20, 27'lik bir artış ile 160.543.613 tona (202, 32 ton/ha) ulaşmıştır (Şekil 2 ve Çizelge 2). Aydın ili genelinde tüm aylarda

üretilen karbon depolama potansiyeli ortalaması incelendiğinde, 1990 yılında toplam 25.594.443 ton, 2017 yılında ise toplam 32.105.192 ton karbon depolanmıştır.



Şekil 2. Aydın ilinde 1990 ve 2017 yılları toplam ortalama karbon depolama potansiyellerine ait haritalar

Bu durum bize çok basit olarak 1990 ve 2017 yıllarında seçilen aylar arasında bitki örtüsünde meydana gelen artışa da işaret etmektedir. Bitki örtüsündeki artış, mevcut bitkisel alanlarda yoğunlaşan bitki örtüsü varlığı, tarım ürünlerinde değişimin yanı sıra yeni bitkisel alanların da oluştuğunu göstermektedir. Bu kapsamda, bu sonuçlar birçok çalışmada vurgulandığı gibi bitki örtüsü varlığı ve yoğunluğunun, karbon depolama potansiyeli gibi birçok ekosistem hizmetinin oluşumunda önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Forman, 2014; Jiang vd., 2018).

Çizelge 2. Aydın ili genelinde 1990 ve 2017 yılları toplam karbon depolama potansiyelleri.

Tarih	Karbon depolama potansiyeli (ton)	Karbon depolama potansiyeli (ton/ha)
13.06.1990	22.484.987	28,34
31.07.1990	26.995.049	34,02
01.09.1990	27.482.240	34,63
17.09.1990	28.498.266	35,91
03.10.1990	22.533.732	28,40
25.07.2017	28.131.300	35,45
26.08.2017	43.605.329	54,95
11.09.2017	31.921.242	40,23
13.10.2017	26.560.631	33,47

1990 yılında karbon depolama potansiyelinin seçilen 5 ay içinde en yüksek olduğu tarih 17 Eylül (35,91 ton/ha) iken, en düşük olduğu tarih ise 13 Haziran (28,34 ton/ha) olarak bulunmuştur. Diğer yandan, 2017 yılında ise en yüksek karbon depolama potansiyeli 26 Ağustos tarihinde (54,95 ton/ha), en düşüğü ise 13 Ekim tarihinde (33,47 ton/ha)'dir (Çizelge 2).

İlçe bazında karbon depolama potansiyeli incelendiğinde (Çizelge 3), 1990 yılında tüm aylar için yüzölçümüne oranla en yüksek karbon depolama potansiyeli Sultanhisar ve Söke ilçelerinde bulunmuştur. 2017 yılında ise en yüksek karbon depolama potansiyeli Söke, Sultanhisar ve Kuyucak ilçelerindedir. 1990 ve 2017 yılları arasında Temmuz ayı dışında seçilen tüm aylarda Aydın ili genelinde olduğu gibi karbon depolama potansiyelinde farklı oranlarda artış görülmüştür. Her iki tarihte Temmuz ayında Bozdoğan, Çine, Karacasu, Karpuzlu, Köşk, Kuyucak, Nazilli, Sultanhisar ve Yenipazar ilçelerinde karbon depolama potansiyelinde değişen oranlarda düşüşler yaşanmıştır. Bu ilçeler içinde ise karbon depolama potansiyelindeki en büyük kayıp Yenipazar, Sultanhisar ve Köşk ilçelerinde gerçekleşmiştir.

Aydın ili ilçelerinde seçilen 5 ayda üretilen karbon depolama potansiyeli ortalaması Çizelge 3'de verilmiştir. 1990 yılı ortalama toplam karbon depolama potansiyelinin en yüksek olduğu ilçeler sırasıyla Nazilli, Çine ve Bozdoğan olmuştur. Ancak 1990 yılında ortalama karbon depolama potansiyelinin alansal olarak dağılımı incelendiğinde, en yüksek karbon depolama potansiyelinin Sultanhisar, Söke ve Nazilli'de olduğu görülmektedir. 2017 yılında ise, ortalama toplam karbon depolama potansiyelinin en yüksek olduğu ilçeler sırasıyla Söke, Nazilli ve Bozdoğan'dır. Ancak yine ilçelerin alanlarına göre ortalama karbon depolama potansiyelleri incelendiğinde, en yüksek oranlar sırasıyla Kuyucak, Söke ve Sultanhisar'da tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Aydın ilinin İlçe bazında 1990 ve 2017 yılları toplam ortalama karbon depolama potansiyelleri.

İlçe Adı	1990		2017		1990-2017 Fark %	
	Alan (ha)	Toplam karbon (ton)	ton/ha	Toplam karbon (ton)		ton/ha
Kuşadası	27928,98	988.153	35.38	1.247.297	44,66	20,78
Germencik	35695,89	1.142.143	32.00	1.336.234	37,43	14,53
Söke	101474,64	3.799.163	37.44	4.785.729	47,16	20,61
Didim	36628,65	898.734	24.54	1.227.381	33,51	26,78
Koçarlı	49482,54	1.780.477	35.98	2.007.335	40,57	11,30
Incirliova	18397,35	626.739	34.07	747.792	40,65	16,19
Merkez (Efeler)	41887,26	1.359.563	32.46	1.823.762	43,54	25,45
Karpuzlu	29810,25	808.545	27.12	1.004.528	33,70	19,51
Köşk	37758,6	1.330.307	35.23	1.579.517	41,83	15,78
Çine	83233,71	2.350.742	28.24	2.902.287	34,87	19,00
Sultanhisar	21909,06	880.404	40.18	1.018.834	46,50	13,59
Yenipazar	22533,21	772.830	34.30	901.466	40,01	14,27
Bozdoğan	80746,92	2.283.043	28.27	3.050.313	37,78	25,15
Karacasu	73549,8	1.780.666	24.21	2.485.373	33,79	28,35
Nazilli	69540,21	2.581.685	37.13	3.114.758	44,9	17,11
Kuyucak	51003,09	1.871.250	36.69	2.408.263	47,22	22,30
Buharkent	11901,15	339.999	28.57	464.324	39,02	26,78

1990 ve 2017 yılları arasında ortalama karbon depolama potansiyelleri arasındaki değişim incelendiğinde ise, her ilçede farklı oranlarda artışların yaşandığı görülmektedir. En yüksek ortalama karbon depolama potansiyeli kazancı 25% üzerinde artış ile Karacasu, Didim, Buharkent, Merkez (Efeler) ve Bozdoğan ilçelerinde yaşanmıştır. Bu noktada özellikle son yıllarda nüfus ve kentleşmenin yoğun olduğu Merkez (Efeler) ilçesinde yaşanan artış dikkat çekmektedir. Bu artış kent içi ve yakın çevresinde artan kentsel açık yeşil alanlar ve tarım alanlarında yaşanan artışın yanı sıra ilçe sınırlarındaki kırsal alanlarda yer alan ve yoğunlaşan doğal ve yarı doğal bitki örtüsü ile ilişkilendirilmiştir. Eşbah ve ark. (2010) yaptıkları araştırmada Kuşadası, Söke ve Didim ilçelerini kapsayan farklı lokasyonlarda 1996 yılında tarım ya da konut yapmak amaçlı çıkarılan büyük yangına vurgu yaparak bu alanların 2005 yılında gençlik ormanlarına dönüşerek arttığını vurgulamışlardır. Bu durum araştırma sonucu elde edilen bulguları destekler niteliktedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma ile 1990-2017 yılları arasında Aydın kenti bütününde ve ilçelerinde, peyzajda meydana gelen mekânsal-zamansal değişimlerin karbon

depolama potansiyeli üzerindeki etkileri zamansal ve mekânsal olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, Myeong vd. (2006) tarafından geliştirilen ve NDVI verilerine dayanan karbon depolama potansiyelinin belirlenmesi yönteminden yararlanılmıştır. Uydu görüntülerindeki yansıma özellikleri dikkate alınarak karbon depolama alanlarının haritalanmasında kullanımı, yersel ölçüm ve araştırmalara göre çok daha pratik ve uygun maliyetlidir. Özellikle geçmiş yıllar ile mevcut durumun karşılaştırılmasının yapılmasında geriye dönük verilerin temini açısından da önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Bu çalışmada da bu bağlamda, ücretsiz olarak elde edilebilen zamansal Landsat uydu görüntüsü serileri kullanılarak uygulanan yöntem, geniş alanlarda karbon depolama potansiyelinin niceliksel olarak saptanmasında hızlı ve uygun maliyetli bir uygulama olanağı sunmaktadır.

IPCC (2003) karasal ekosistemlerdeki karbon havuzlarını üç grup altında toplamaktadır. Bunlar; yaşayan biokütle (yerüstü ve yeraltı), ölü organik madde (ölü ağaç ve döküntüler) ve topraklardan (organik madde) oluşmaktadır. Ormanlar başta olmak üzere, bitkiler yerüstü ve yeraltı kısımları ile karbondioksiti atmosferden alarak bünyelerine bağlamaktadırlar. Çevre ve Orman Bakanlığı, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

tarafından hazırlanan 'Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık Çalışma Grubu Raporu'na göre orman alanları karasal ekosistemler içinde karbon depolama potansiyeli bakımından en önemli yutak alanlardan birini oluşturmaktadır. Ancak, karbon depolama düzeyleri her bir bitki türüne, bitkilerin yaşına, konumuna ve sağlık durumu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Aynı rapora göre karbon depolama potansiyeli bakımından orman alanlarını, çayır mera alanları, tarım alanları, sulak alanlar ve yerleşim alanları içinde kalan yeşil alanlar takip etmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı 2006). Bu nedenle, bozulan ya da yok olan orman alanlarının yeniden ağaçlandırılarak orman örtüsünün arttırılması, sürdürülebilir orman amenajmanının yapılması, mevcut meşcere örtüsünün doğal yolla geliştirilmesinin sağlanması, meraların ve otlak alanların koruma-kullanma dengesi gözetilerek yönetilmesi gerekmektedir.

Tarımsal faaliyetler ve tarım alanları, yönetim uygulamalarına bağlı olarak, başta habitat ve biyoçeşitlilik kaybı, artan sera gazı emisyonları ve tarım ilacı kullanımı gibi peyzajların işleyişini olumsuz yönde etkileyen birçok soruna neden olabilmektedir (Zhang vd. 2007, Power 2010). Buna karşın, bazı çalışmalarda tarımsal alanların karbon depolama potansiyelinin arttırılmasına katkı sağlayabileceği de vurgulanmıştır (Lal, 2008, Eigenbrod vd. 2009). Bu kapsamda özellikle; toprak işleme, ürün rotasyonları ve toprak üstünü örten tarımsal ürünlerin toprak karbonunu korunmasında ve depolanmasında önemli bir rolü olduğu vurgulanmaktadır (Lal 2008, Power 2010). Dolayısıyla, Aydın gibi ekonomisi büyük oranda tarıma dayalı olan illerde tarımsal üretim ile ilgili bazı politikalar ve tarımsal çevre düzenlemelerinin tarımsal topraklardaki karbon depolarının korunmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir (Freibauer vd. 2004).

Hızlı kentleşme süreci, genel olarak ekosistem hizmetleri potansiyeli ile birlikte doğal ve yarı doğal alanların kalitesinin düşmesi ile ilişkilendirilmektedir (Güneralp vd. 2012, Zengin vd. 2018). Ancak, Aydın gibi hızlı kentleşme süreci yaşayan illerde, kentleşmenin karbon depolama potansiyeli

üzerindeki etkileri hala mekânsal olarak bilinmemektedir. Aydın ilinde, 1990 ve 2017 yılları arasında il geneli ve ilçelerinde kentleşmeye kıyasla, tarım alanları ve doğal/yarı doğal alanlarda yer alan bitki örtüsünde meydana gelen artışın, karbon depolama potansiyeli üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

5. Kaynaklar

- Assessment, M.E., 2005. Ecosystems and human well-being (Vol. 5). Washington, DC: Island press.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık Çalışma Grubu Raporu. İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 124.
- Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi (ODC: 180). TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, OGM, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:6, Eskişehir.
- Deniz, B., 2005. Kentsel alan kullanımlarındaki dönüşümlerin peyzaj strüktür indeksleriyle irdelenmesi ve kent planlama çalışmalarını yönlendirmede değerlendirilmesi: Aydın kenti örneği. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 223.
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S. and 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.
- Eigenbrod, F., Anderson, B.J., Armsworth, P.R., Heinemeyer, A., Jackson, S.F., Parnell, M., Thomas, C.D. and Gaston, K.J. 2009. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **276(1669)**, 2903-2911.
- Eşbah, T.H., Kelkit, A., Deniz, B., Kara, B., Bolca, M. 2009. Peyzaj sütrüktür indeksleri ile koruma alanları ve çevresindeki peyzajın geçirdiği değişimin tespiti ve alan kullanım planlaması önerilerinin geliştirilmesi: Dilek Yarımadası-Menderes Deltası Milli Parkı ve Bafa Gölü Koruma Alanı örneği. TÜBİTAK, Çevre, Atmosfer,

- Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu, Proje Sonuç Raporu, Ankara.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K. and Helkowski, J.H. 2005. Global consequences of land use. *Science*, **309(5734)**, 570-574.
- Forman, R.T. 2014. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions 1995. Island Press, 217.
- Freibauer, A., Rounsevell, M.D., Smith, P. and Verhagen, J., 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, **122(1)**, 1-23.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M., 2008. Global change and the ecology of cities. *Science*, **319(5864)**, 756-760.
- Hutyra, L.R., Yoon, B., Hepinstall-Cymerman, J. and 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.
- International Energy Agency (IEA), 2008. World Energy Outlook 2008. OECD/IEA., 578. (accessed October 2010).
- IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, Kanagawa/Japan, ISBN 4-88788-003-0.
- IPCC, 2007. Summary for Policy Makers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Jiang, C., Nath, R., Labzovskii, L. and 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.
- Kaye, J.P., Groffman, P.M., Grimm, N.B., Baker, L.A. and Pouyat, R.V., 2006. A distinct urban biogeochemistry?. *Trends in Ecology & Evolution*, **21(4)**, 192-199.
- Keleş, S., Başkent, E. Z., Karahalil, U., Günlü, A., 2011. Ormanların Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanmasında Karar Destek Sistemleri: EdremitGürgendağ Planlama Birimi Örneği. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, 1377-1388.
- Koçyiğit, R., 2008. Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008(1), 81-85.
- Lal, R. 2008. Soil carbon stocks under present and future climate with specific reference to European ecoregions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **81(2)**, 113-127.
- McPherson, E.G. and Simpson, J.R., 1999. Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-171. Albany, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. **237**, 171.
- Montgomery, M.R., 2008. The urban transformation of the developing world. *Science*, **319(5864)**, 761-764.
- Myeong, S., Nowak, D.J. and Duggin, M.J., 2006. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, **101(2)**, 277-282.
- Oke, T.R., 1989. The micrometeorology of the urban forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, **324(1223)**, 335-349.
- Parajuli, R., Chang, S., 2012. Forest Policy and Economics: Carbon Sequestration and Un-Even Aged Management of Loblolly Pine Stands In The Southern USA: A Joint Optimization Approach, **(2)**, 65-71.
- Pickett, S.T., Cadenasso, M.L., Grove, J.M., Boone, C.G., Groffman, P.M., Irwin, E., Kaushal, S.S., Marshall, V., McGrath, B.P., Nilon, C.H. and Pouyat, R.V., 2011. Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, **92(3)**, 331-362.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E., 2011. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi:

TarsusKarabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, (Özel Sayı), **313-319**.

Power, A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, **365(1554)**, 2959-2971.

Sivrikaya, F., Bozali, N. 2012. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: *Türkoğlu Planlama Birimi Örneği*. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **14**, 69-76.

Svirejeva-Hopkins, A., Schellnhuber, H.J. and Pomaz, V.L. 2004. Urbanised territories as a specific component of the Global Carbon Cycle. *Ecological Modelling*, **173(2-3)**, 295-312.

Tolunay, D. 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **35**, 265-279.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2019. İstatistik Göstergeler. İl Göstergeleri, Toplam Nüfus. 2017 yılı il ve ilçe Nüfusları.

UN, 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, Fccc/Informal/84, Ge. 05-62220.

Zengin, H., Değermenci, A.S. and 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.

Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K. and Swinton, S. M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, **64(2)**, 253-260.

İnternet kaynakları

1. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Aydin_icdr2016.pdf (12.05.2019)
2. <https://aydin.tarimorman.gov.tr/> (12.05.2019)