

Kent parklarının hava kalitesini iyileştirme üzerine etkisinin değerlendirilmesi: Ankara Altınpark Örneği

Evaluation of the air pollution reducing effect by urban parks: The case of Altınpark, Ankara

Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ¹ 

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, Çankırı

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1295845

Sorumlu yazar/Corresponding author

Pelin ŞAHİN KÖRMEÇLİ

e-mail: pelin.sahin88@gmail.com

Geliş tarihi / Received

11.05.2023

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

31.05.2023

Kabul Tarihi / Accepted

15.06.2023

Elektronik erişim / Online available

15.10.2023

Anahtar kelimeler:

Ankara

Bitki örtüsü

Hava Kirliliği

i-Tree canopy

Karbon depolama

Keywords:

Ankara

Vegetation

Air pollution

i-Tree canopy

Carbon storage

Özet

Günümüzde şehirlerde artan hava kirliliği insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yoğun yapılaşmanın olduğu kentlerde parklar hava kalitesinin iyileştirilmesinde ekosisteme önemli ölçüde katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı kentleşme sorununun etkisinde kalan Ankara ili Altınpark örneğinde bitki taç örtüsünün hava kalitesini iyileştirmesi bakımından faydalarının tahmin edilmesidir. Araştırmada i-Tree Canopy uygulaması kullanılarak alanın arazi örtüsü sınıflarının dağılımı, karbon depolama/yakalama miktarları ve hava kirliliği açısından etkileri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, parkın %39.89'unu kaplayan taç örtüsünün havadan uzaklaştırdığı gaz ve partikül miktarı 2094.52 kg olduğu tahmin edilmiştir. Parkta taç örtüsü tarafından yakalanan karbon miktarı 74.58 ton, taç örtüsünün depoladığı toplam karbon miktarı ise 1873.10 ton olarak bulunmuştur. Parkın hava kalitesini iyileştirmeye yönelik ekonomik fayda değerinin 366956 \$ olduğu hesaplanmıştır. Altınpark'ın ağaç ve çalı türlerinin oluşturduğu taç örtüsünün, sahip olduğu ağaç tür çeşidinin ve sayısının hava kalitesini iyileştirmede önemli düzeyde katkılar sunduğu ortaya çıkmaktadır. Araştırma, kentlerde bitki örtüsünün hava kirliliğini iyileştirmedeki faydasını anlamada öngörü oluşturarak, gelecekte kent ekolojisini iyileştirmeye yönelik yapılacak planlama ve tasarım çalışmalarında yardımcı olacaktır.

Abstract

Due to a rising air pollution in cities, human health is adversely affected nowadays. Urban parks provide important contributions to the ecosystem in terms of improving air quality in cities with urbanization. The aim of this study is to evaluate the benefits of vegetation in terms of improving air quality in Altınpark sample of Ankara, which is affected by the problem of urbanization. The distribution of land cover classes, the amount of carbon storage/sequestration and the effects of air pollution were analyzed by i-Tree canopy tool. As a result of the analyzes in the i-Tree-Canopy tool, it was estimated that the vegetation canopy covering 39.89% of the study area removed a total of 2094.52 kg of pollutant gas and particles from the air. It was also found that 74.58 tonnes of carbon sequestered annually, and 1873.10 tonnes of carbon stored by vegetative land cover in the park. The economic value of the regulatory ecosystem services provided by the vegetative land cover was calculated as approximately \$ 366956 in Altınpark. It was revealed that the park's vegetative land cover formed by variety of tree and shrub species provide significant contributions to improving the air quality. The study will help future planning and design practices to improve urban ecology by providing insight into understanding the benefits of urban vegetation in improving air pollution.

GİRİŞ

Kentlerde nüfusun ve yapılaşmanın artmasıyla birlikte yeşil alan varlığı azalmaktadır. Artan araç sayısı ve kentleşmeyle birlikte oluşan hava kirliliği insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Türkiye'de hava kirliliği, kronik hastalıklara ve erken ölümlere yol açan en önemli çevresel etkidir (THHP 2022). Temiz Hava Hakkı Platformu (2022), Türkiye'de ölüme sebep olan riskler içinde hava kirliliğinin 5. sıraya yükseldiğini belirtmektedir. Kentlerde yeşil alan varlığı içerisinde yer

alan kent parkları bir akciğer gibi havayı temizleyerek ekosisteme sağladığı çeşitli faydalarla, hava kirliliğini önleme konusunda önemli bir göreve sahiptir. Kent parklarında yer alan bitki örtüsü hava kirliliğini azaltıcı etkileye sahiptir. Bitki örtüsünün hava kirlleticilerini azaltmada oynadığı rolün uzun süredir kabul edilmesi, birçok kirleticinin bitkilerin yaprak yüzeylerine hızlı bir şekilde birikmesiyle desteklenmektedir (Xing ve Brimblecombe 2019). Bu bağlamda kentlerde yoğun bitki örtüsüyle oluşturulmuş parklar, hava kalitesini artırarak sağlıklı kentler oluşturmak açısından önem arz etmektedir.

İnsan faaliyetlerinin bir sonucu olan hava kalitesi, atmosferin bileşimindeki konsantrasyonların değişimi olarak tanımlanmaktadır (Koç ve ark. 2016). ABD Çevre Koruma Ajansı'nın geliştirdiği hava kalitesi indeksini ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlanarak Ulusal Hava Kalitesi İndeksi oluşturulmuştur. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi kapsamında partikül maddeler (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) olmak üzere 5 temel kirlenici hesaplanmaktadır (ÇŞİDB 2016). Kentlerde hava kirlenici bu maddelerin her geçen gün artması ve yeşil alanların yetersizliği nedeniyle kentsel ısı adası etkileri artmaktadır. Parkta bulunan bir ağaç, bir yol ağacına kıyasla atmosferden çok daha fazla kirlenici toplayarak daha fazla oranda karbondioksit tutmaktadır (Forman 2014, Coşkun Hepcan ve Hepcan 2017). Pratikte genellikle hava kirliliği, havadaki katı parçacıklar (PM) ve kükürt dioksit (SO₂) miktarına göre belirlemektedir (Kardeşoğlu ve ark. 2011). Lelieveld ve ark. (2015) çoğunlukla PM_{2.5} olan dış hava kirliliğinin, dünya genelinde yılda 3.3 milyon erken ölüme yol açtığını hesaplamıştır. İnsan sağlığı açısından zararlı etkilere sahip partikül maddelerin azaltılması bakımından kentsel yeşil alanlarda bunun etkilerinin ölçülmesi ve bitki örtüsünün geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Kent ekosistemini iyileştirmede karbon depolama görevi olan bitki örtüsü, kent ekolojisinde önemli rol üstlenmektedir. Bitki örtüsünün içinde yer aldığı kent parkları kent ısı adası etkisini azaltma, karbon tutma/depolama gibi görevlerle ekosisteminin geliştirilmesinde etkilidir. Kentsel alanlarda yapılar, yollar gibi geçirimsiz yüzeylerin artmasının iklim değişikliği ve çevre üzerinde olumsuz etkileri pek çok araştırmada test edilmektedir. Bitki taç örtüsü dikkate alınarak hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik ekosistem hizmetlerinin hesaplanmasında son zamanlarda i-Tree Canopy modeli kullanılmaktadır. Birleşik Devletler Tarım Departmanı Orman Servisi tarafından geliştirilen i-Tree araçları kentlerde bulunan ağaç ve boylu çalıların oluşturduğu taç örtüsünün hava kalitesine ilişkin sağladığı ekosistem servislerinin tahmininde kullanılmaktadır (USDA 2021). Bitki örtüsünün hava kalitesini iyileştirmesindeki etkisini ölçmek için i-Tree-canopy uygulanmasını kullanarak Coşkun Hepcan ve Hepcan

(2017) Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinde, Çakmak ve Can (2020) Ankara Mamak İlçesi'nde ve Tonyaloğlu ve ark. (2021) Aydın ili Efeler İlçesi'nde, değerlendirme yapmıştır. Yol ağaçlarının envanter verileri kullanılarak test edilmesi amacıyla i-Tree Eco modelini kullanarak Tuğluer ve Gül (2018) Süleyman Demirel Bulvarı'nda, Selim ve Atabey (2020) Antalya Atatürk Bulvarı'nda inceleme yapmıştır. Kent parklarıyla ilgili araştırmalara bakıldığında; Şahin Arslan (2021) yoğun hava kirliliği görülen Çorum'da yer alan ağaç ve çalıların kirlenici havadan uzaklaştırma miktarını i-Tree Canopy ile hesaplamıştır. Wilson ve Willette (2022) Los Angeles, Kaliforniya'da gelişmekte olan bir kent parkında, Pace ve ark. (2018) Almanya, Münih'deki kent parkında, Yarnvudhi ve ark. (2021) Tayland Chulalongkorn Üniversitesi Yüzüncü Yıl Parkı'nda, Kim ve Coseo (2018) Arizona'nın sıcak kentsel iklimi Phoenix'teki kentsel park sisteminde ekosistem servislerini i-Tree Eco modelini kullanarak test etmiştir. Yin ve ark. (2011) Pekin'deki kent parklarında, Su ve ark. (2022) Tayvan Taipei Botanik Bahçesi hava kalitesi bakımından parkların PM_{2.5} tutma kapasitesini i-Tree Eco kullanarak incelenmiştir. Sarı ve ark. (2020) ise kent parklarında kullanılan ağaç türlerinin ekosistem hizmetlerine katkısını incelemiştir. Türkiye'de kentlerde yeşil alanları oluşturan parkların ekosisteme katkısının belirlenmesi için çok sayıda araştırmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Diğer yandan artan hava kirliliği nedeniyle parkların hava kalitesini iyileştirme üzerine etkilerinin belirlenmesi gereklidir. Türkiye genelinde en az 42 bin kişi 2021 yılında hava kirliliğine atfedilen ölümlerin sayısal olarak en fazla olduğu ilk 10 il arasında olan Ankara'da hayatını kaybeden 2853 kişi bulunmaktadır (THHP 2022). Ankara'da hava kirliliği kaynaklarının temel olarak ulaşım ve ısınma olduğu belirtilmektedir (ATO 2019). Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda Ankara ili Altındağ ilçesinde gerek yoğun ulaşım ağı gerek artan yapılaşma nedeniyle hava kirlenici etkisinde bulunan Altınpark çalışma kapsamına değerlendirilmiştir. Çalışmada Altınpark'ın hava kalitesi, karbon yakalama ve depolama bakımından faydalarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. i-Tree Canopy aracı kullanarak arazi örtüsü değerlendirilmiş ve fayda tahminleri yapılmıştır. Çalışma amacı doğrultusunda; "Yoğun kentleşme ve trafik ağında

bulunan Altınpark'ın sahip olduğu bitki örtüsünün hava kirliliğini azaltıcı etkisi ve karbon salınımı/depolaması bakımından ne düzeyde faydalar sağlamaktadır?" araştırma sorularından yola çıkılmıştır.

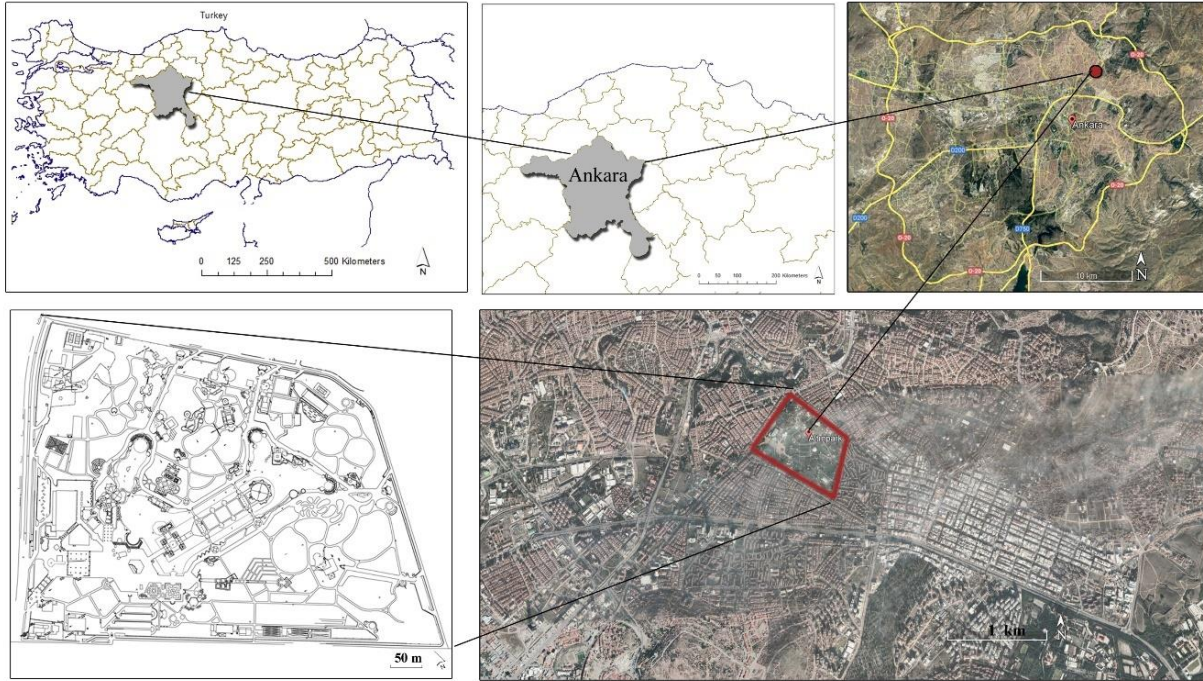
Yeşil alanların hava kalitesini iyileştirmede ve ekosisteme sağladığı değerin tahmini strateji olarak değerlendirmesi kentlerde giderek yaygınlaşmaktadır. Kentlerde farklı ölçeklerde parkların ekosisteme katkılarının yöntem araçlarıyla test edilmesi bir veri tabanı oluşturarak örneklem alanı çalışmalarının karşılaştırmasını sağlayacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini Ankara ili Altındağ ilçesinde yer alan etrafı yerleşim alanları ve ulaşım akslarıyla çevrili Altınpark oluşturmaktadır. Park alanı 64.1 hektarı

kaplamakta olup yeşil alan parkın %85'ini oluşturmaktadır (Tokcan 1993). Parkta gölet, kongre salonları, aktivite, etkinlik ve spor alanları, piknik, eğlence alanları, bilim ve fuar merkezi, gösteri amfileri, lokantalar, restoranlar ve kafeler, üretim seraları, bahçeler, hizmet binaları gibi pek çok kullanım bulunmaktadır. Altınpark yeşil alan ve dinlence yeri olmasının yanı sıra bitkisel dokusuyla ağaçlandırılmaya ağırlık verilen aktif yeşil kompozisyona sahiptir (Tokcan 1993). Altınpark çok sayıda bitkinin bir arada olduğu Ankara'nın en önemli yeşil alanlarından biridir. Hava kirliliğinin giderek arttığı Ankara kentinde, yoğun trafiğin ve kentleşmenin içerisinde yer alan Altınpark, sahip olduğu gelişmiş bitki örtüsüyle çalışma alanı hava kalitesinin etkilerini değerlendirmede etkili olmuştur. Şekil 1'de çalışma alanı coğrafi konumu verilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu

Yöntem

Çalışmada Altınpark'ın karbon depolama/yakalama durumunu ve hava kalitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Arazi örtüsü i-Tree Canopy v7.0 uygulamasında analiz edilmiştir. i-Tree Canopy v7.0

uygulaması Birleşik Devletler Tarım Departmanı Orman Servisi'nin geliştirdiği rastgele nokta örnekleme yöntemini kullanan ve Google MapsTM uydu görüntüleri ile bağlantılı olarak çalışan ücretsiz bir web-tabanlı uygulama aracıdır (USDA 2021). i-Tree Canopy uygulaması belirli bir alandaki noktaların arazi sınıfları

içindeki dağılımını yaparak karbon depolanması ve tutmasına ilişkin değerleri ve hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin atmosferden uzaklaştırılmasına yönelik tahminleri hesaplamaktadır (USDA 2021). i-Tree Canopy v7.0 uygulamasının kullanımı için en az 500-1000 rastgele numune nokta tanımlanması önerilmekte ve nokta sayısı arttıkça çalışma alanına ilişkin tahminler de güçlenmektedir (URL-1). Bu kapsamda çalışmada 3500 tane rastgele nokta programda otomatik olarak oluşturularak arazi örtüsü değerlendirilmiştir. Uygulamada ağaç/çalılar, çim/otsu, geçirimsiz yapı yüzeyleri, geçirimsiz yollar, diğer geçirimsiz yüzeyler, su yüzeyleri, toprak/çıplak zemin olmak üzere 7 sınıf kullanılmıştır. Program parkta taç örtüsüne sahip alanları

ağaç/çalı, binaları geçirimsiz yapı yüzeyleri, yolları geçirimsiz, bina ve yol dışında kauçuk döşeme, üst örtü gibi geçirimsiz yapı malzemelerini diğer geçirimsiz yüzeyler ve göletleri su yüzeyleri sınıfında değerlendirmektedir. Google Earth uydu görüntüleri üzerinden program üzerinde alanın sınırı çizilerek i-Tree Canopy üzerinden rastgele noktalar oluşturulmuştur. Her bir nokta için uygun arazi örtüsüne atanarak arazi örtüsü sınıflaması tamamlanmıştır. i-Tree Canopy uygulaması her örtü sınıfındaki alanın istatistiksel tahminleri (yüzde olarak) ve tahminin standart hatası (SE) Çizelge 1’de verildiği şekilde hesaplanır (USDA 2021):

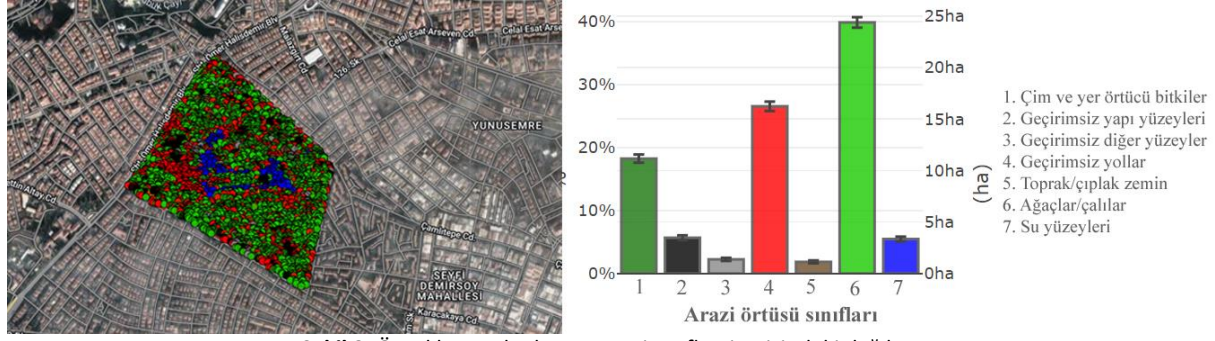
Çizelge 1. i-Tree Canopy uygulaması her arazi örtüsü istatistiksel tahmin formülleri (USDA 2021)

Parametreler	Arazi örtüsü istatistiksel tahmini (%)	Tahminin standart hatası (SE)
Formül	$P = \frac{n}{N}$	$ES = \sqrt{\left(\frac{pq}{N}\right)}$
Açıklama	n=arazi örtüsündeki nokta sayısı N=tüm arazi sınıfları arasında analiz edilen toplam nokta sayısı	q=1 – p (Lindgren ve McElrath 1969)

Elde edilen analiz sonucunda arazi örtüsü dağılımları belirlenmiş, hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin atmosferden uzaklaştırılmasına, karbon tutma/depolama ve hidrolojik etkilere ilişkin tahminler ortaya koyulmuştur. Arazi örtüsü sınıflarının hektar olarak kapladığı alanlar ve yüzdelere standart sapmalar dâhilinde verilmiştir. Programda nokta ataması tamamlandıktan sonra birim alandaki hava kirletici maddeler ve karbon depolama/tutma potansiyeline ilişkin birim fiyatların listelendiği modül üzerinden rapor elde edilmiştir. Uygulama karbon depolama kapasitesi ve bunun Amerikan doları (\$) olarak ekonomik karşılığını sunarken, aynı miktarda karbonun karbondioksit cinsinden ne kadar birime denk geldiğini ve hava kirletici maddeleri ne kadar uzaklaştırıldığı ortaya çıkarılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Altınpark için i-Tree Canopy uygulamasıyla çalışma alanına yönelik uydu görüntüleri üzerinden program algoritmasına göre rastgele 3500 nokta atışı gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama hava görüntüleriyle belirli bir alandaki arazi örtüsünü; ağaç/çalı, çimen/otsu, geçirimsiz yapı yüzeyleri, diğer geçirimsiz yüzeyler, toprak/sert zemin ve su yüzeyi olmak üzere uygulamada tanımlanabilen 7 sınıfta değerlendirmektedir. Bu noktaların 1396’sı ağaç/çalı (24.37 ha), 639’u çimen/otsu bitkiler (11.16 ha), 199’u geçirimsiz yapı yüzeyleri (3.47 ha), 79’u diğer geçirimsiz yüzeyler (1.38 ha), 930’i geçirimsiz yollar (16.4 ha), 192’si su yüzeyi (3.35 ha), ve 65’si toprak/sert zemindir (1.13 ha). Parkta en çok yüzdeden en az yüzdeye göre noktalarının arazi sınıfları içerisindeki dağılımının %39.89 ağaç/çalı, %26.57 geçirimsiz yol, %18.26 çimen/otsu bitkiler, %5.69 geçirimsiz yapı, %5.49 su yüzeyi, %2.26 geçirimsiz diğer ve %1.86 toprak/sert zemin olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Örneklem noktalarının arazi sınıfları içerisindeki dağılımı

Çalışma alanında tespit edilen arazi örtüsü sınıfları ve her bir sınıfın nokta sayıları, kapladıkları alan ile standart sapma oranları hesaplanmıştır. Standart sapma değerlerinin birin altında olması, araştırma alanındaki arazi örtüsü sınıflarında nokta dağılımlarının tüm sınıflar

için eşit ağırlıkta olduğunu ifade etmektedir (Coşkun Hepcan ve Hepcan 2017). Alanda her bir arazi sınıfındaki standart sapma değeri %1'in altındadır. i-Tree Canopy uygulaması çalışma alanı arazi örtüsü analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. i-Tree Canopy uygulaması çalışma alanı arazi örtüsü analiz sonuçları

Sınıf	Nokta sayısı	Kapladığı alan (ha)	Kapladığı alan (%)	± SS*
Ağaçlar/çalılar	1396	24.37	39.89	0.83
Çimen/otsu bitkiler	639	11.16	18.26	0.65
Geçirimsiz yapı yüzeyleri	199	3.47	5.69	0.39
Geçirimsiz yollar	930	16.24	26.57	0.75
Diğer geçirimsiz yüzeyler	79	1.38	2.26	0.25
Su yüzeyleri	192	3.35	5.49	0.38
Toprak/çıplak zemin	65	1.13	1.86	0.23
Toplam	3500	61.11	100	

*SS- Standart sapma

i-Tree Canopy aracı analiz sonuçlarında park yıl içinde havadan toplam 2094.52 kg kirletici gaz ve partikül uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Her yıl ağaçlarda yakalanan karbon miktarı 74.58 ton ve ağaçlarda depolanan karbon miktarı ise 1873.10 ton olarak tahmin edilmiştir. Kentsel alanlarda yüksek konsantrasyonlarda bulunan fosil yakıtlar (egzoz gazları, ısınma ve araç trafiği amacıyla kullanılan) ilişkili olan karbon (CO) ve azot dioksit (NO₂) gazlarının havadan uzaklaştırılan miktarları sırasıyla 24.63 kg ve 134.32 kg olarak tespit edilmiştir. Alanda bitki örtüsü tarafından bir yıl içinde atmosferden uzaklaştırılan

parçacık miktarı PM_{2.5} için 65.01 kg, PM₁₀ için 448.11 kg olduğu görülmüştür. Endüstriyel kaynak ya da fosil yakıt kullanımıyla ilişkili hava kirletici gazlardan kükürt dioksit (SO₂) havadan 84.65 kg kirletici uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. İklim değişikliğinde sera gazı etkisi oluşturan ozonun (O₃) 1377.80 kg ile atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler arasında en fazla değeri almıştır. i-Tree Canopy uygulaması ile bir yılda atmosferden uzaklaştırılan kirleticilerin karbon depolama ve karbon tutma miktarları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. i-Tree Canopy uygulaması fayda tahminleri ve analiz sonuçları

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	± SS	Değer (\$)	± SS
Karbon monoksit- CO (yıllık)	24.63 kg	0.51	2	0
Nitrojen dioksit-NO ₂ (yıllık)	134.32 kg	2.79	4	0
Ozon-O ₃ (yıllık)	1377.80 kg	27.76	207	4
Sulfür Dioxide SO ₂ (yıllık)	84.65 kg	1.76	1	0
Partikül madde-PM _{2.5} (yıllık)	65.01 kg	1.35	428	9

Partikül madde-PM ₁₀ (yıllık)	448.11 kg	9.30	150	3
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit -CO ₂ seq (yıllık)	74.58 ton	1.55	14022	291
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit -CO ₂ stor	1873.10 ton	38.87	352142	7307

Pek çok araştırma kentsel alanlarda karbon salınımının azaltılması, karbon yakalama ve depolamada boylu çalılar, kent ağaçlarının ve kent ormanlarının rolü

vurgulanmaktadır (Goodale ve ark. 2002, Tonyaloğlu ve ark. 2021, Öztekin Kara 2022). Çorbacı ve Ekren (2022) Altınpark'ta 111 ağaç türü, 56 çalı türü, 13 yer örtücü ve sarılıcı tür olmak üzere 180 (70'i doğal, 110'u egzotik) bitki taksonu tespit etmiştir. Altınpark'ın bitkisel tasarımında baharı müjdeleyici niteliğinde teşhis edilen bitkilerin çoğu egzotik türler olup Ankara koşullarına iyi uyum sağlamıştır (Yılmaz ve ark. 2013). Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda parkın sahip olduğu bitki örtüsünün atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ve karbon depolama/yakalama bakımından katkı sağladığı görülmektedir. 64.1 hektarlık çalışma alanının %39.89'unu kaplayan taç sağlanan ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik fayda tahminlerinde yıllık olarak ekonomik değer yaklaşık 366956 \$ olarak hesaplanmıştır. Bu fayda değerinin 14022 doları karbon yakalama, 352142 doları karbon depolama ve 793 doları hava kirletici maddelerin atmosferden uzaklaştırılması için sağlanan hizmet değeridir. Bu katkı değerinin içinde en büyük oranın hava kalitesini iyileştirmeye yönelik ekosistem hizmetlerinden sağlandığı görülmektedir. Mahalle, ilçe, üniversite yerleşkesi gibi farklı alanlarda gerçekleştirilen pek çok araştırmada ağaçların ve çalının oluşturduğu taç örtüsünün hava kalitesini iyileştirmedeki etkisi i-Tree Canopy uygulamasıyla incelenmiştir. Bu çalışmada Altınpark'ın %39.89'unu oluşturan ağaç/çalı taç örtüsüne bağlı olarak yüksek değerlerde ekonomik fayda sağladığı görülmektedir.

Pace ve ark. (2018) Münih kentindeki Englischer Garten'da 330 hektarlık alanda %22.18'lik taç örtüsünün; 6225 ton karbon depoladığını, 214 ton karbon yakaladığını tespit etmiştir. Bu araştırmada parkta havadan 2610 kg O₃, 845 kg NO₂, 186 kg PM_{2.5}, 171 kg SO₂ ve 62 kg CO uzaklaştırıldığı, O₃ ve NO₂ en yüksek değerlerde katkı sağladığı görülmektedir (Pace ve ark. 2018). Altınpark'ta ise en fazla 1377.80 kg ile O₃ gazının uzaklaştırıldığı, 134.32 kg ile NO₂ değerinin düşük oranda katkı sağladığı görülmektedir. Egzoz gazları ve ısınma, araç trafiği amacıyla kullanılan ilişkili olan NO₂ uzaklaştırma değerinin, alanın dört yanında bulunan yolların ve yoğun trafiğin bulunması sebebiyle düşük oranda kaldığı çıkarımına varılmıştır. Diğer yandan araştırmalarda ağaçlarda yüzey birikiminin yaprak yapısına bağlı olduğu

bulunmuştur (Beckett ve ark. 2000, Kadel ve ark. 2012). Bu bağlamda bitkilerin botanik özellikleri hava kalitesini iyileştirmede farklı etkilere sahip olduğu görülmektedir.

Yin ve ark. (2011) Şangay'daki altı halka açık parkın içindeki ve dışındaki hava kalitesini izlemiş ve parkların PM için yer seviyesindeki trafik kirleticilerini %35'e kadar kaldıracabileceği sonucuna varmıştır. Kim ve Coseo (2018) araştırma sonucunda toplam ağaç sayısı, türü ve ağaç örtüsü yüzdesi kent parklarının ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde çok önemli unsurlar olduğunu belirtmektedir. Ekosistem hizmetleri, bitkinin sağlıklı yaprak yüzey alanı miktarı ile doğru orantılıdır (Wiseman 2012). Büyük ağaçlar, daha küçük ağaçlara göre hava kalitesini ve halk sağlığını iyileştirmek, havayı soğutmak, iklimlendirme talebini azaltmak ve iklim değişikliğine uyumu desteklemek gibi önemli ölçüde daha fazla ekosistem hizmeti sağlamaktadır (Rosenthal ve ark. 2008, Kim ve Coseo 2018). Yin ve ark. (2011) çalışmasında ağaç örtüsü, ağaç türü zenginliği, ortalama ağaç yüksekliği, ortalama taç genişliği ve ağaç sayısının PM_{2.5} üzerinde önemli etkileri olduğunu bulmuştur. Kentlerde arazi örtüsünün büyüklüğüne bağlı olarak ağaç ve çalı türlerinin sayısı ve çeşidi kentin hava kalitesine iyileştirmede büyük katkılar sağlamaktadır. Altınpark'ın farklı çeşitlilikte bitki türlerine sahip olması ekosisteme katkı sağlamıştır. Farklı cinsten bitki türlerinin bir arada olması hava kirliliğini azaltmada etkili olmaktadır. Altınpark sahip olduğu farklı çeşitlilik ve özellikte bitki türleriyle hava kalitesini iyileştirmek bakımından katkı sunmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentlerde nüfusun ve yapılaşmanın artması, hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Kent ekosisteminde bitki türlerinin yer aldığı alanların azalması, geçirimsiz yüzeylerin artması kentsel ısı adası etkisi ve karbon salınımına neden olmaktadır. Bu bağlamda bitki örtüsünün yer aldığı kent parkları bu sorunların çözümünde değerlendirilmesi gereken önemli örnek alanlardır. Türkiye'de hava kirliliği giderek artmakta ve çözüm getirilmesi gereken konuların başında yer almaktadır. Türkiye'de hava kirliliğinin etkilerinin gözlemlendiği Ankara kentinde, bu sorunun

azaltılmasında ve yeşil alt yapının gelişmesinde potansiyel olan kent parkı örneği incelenmiştir.

Çalışmada i-Tree Canopy uygulaması kullanılarak Ankara Altınpark'ta bitki örtüsünün hava kalitesini iyileştirme, karbon yakalama/depolama bakımından durumu ve ekonomik katkıları değerlendirilmiştir. Sonuçta arazi örtüsünün büyük bir bölümünü oluşturan %39.89'lık ağaç/çalı türlerinin bir yıl içinde havadan 2094.52 kg kirletici gaz ve partikül uzaklaştırdığı ve hava kalitesini iyileştirmeye yönelik ekonomik fayda değerinin 366956 \$ olduğu tahmin edilmiştir. Bu katkı değeri karbon depolama, yakalama ve havadan kirletici gazları uzaklaştırmak için hesaplamaların toplamıdır. Parkın sahip olduğu bitki tür sayısı ve çeşitliliği nedeniyle en yüksek faydanın hava kirletici maddelerin atmosferden uzaklaştırılması için sağlanan hizmet değeri olduğu görülmüştür. Kentlerde ağaçlar ve çalılardan oluşan bitki tür çeşidi kullanımı artırılarak ekosisteme sağlanan katkı da artırılmalıdır. Diğer yandan alanda iklim değişikliğinde etkisi olan ozon (O₃) havadan uzaklaştırılan kirletici maddeler arasından en yüksek miktarda fayda sağlanmaktadır. Bu kapsamda kentlerde yoğun bitki örtüsüyle oluşturulmuş parklar iklim değişikliğinde önemli etkisi olan sera gazı etkisinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır.

i-Tree Canopy uygulaması tür bazlı değerlendirmeler yerine taç örtüsünü dikkate alarak tahminlerde bulunsa da bu uygulamanın farklı ölçeklerde eksiklerin değerlendirilmesi ve kent ekosisteminin geliştirilmesi açısından katkı sağlamaktadır. Bu model başta ABD olmak üzere Avustralya, Kanada, İngiltere ve İsviçre gibi diğer ülkelerde de uygulanmaktadır (Çakmak ve Can 2020). Türkiye'de de kullanımı yayınlasmaya başlayan i-Tree uygulamalarının ayrıntılı çalışmalar yapılarak karşılaştırmalar yapılmalı, bu konuda ülkemizde standartlar ve veri tabanı oluşturulmalıdır. Bu uygulamayla Türkiye'de yeşil alanların hava kalitesi üzerine etkisini değerlendiren çalışmaların artırılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca parkların ekosisteme katkısını tür bazlı etkisini değerlendirme yöntemleri ve modülleri geliştirilmelidir.

Çalışma yöntemi günümüzün en önemli sorunlarından olan karbon salınımının kontrol edilmesi ve parklardaki ağaçlarının kent ekosistemine sağladığı faydaların bilimsel olarak incelenmesini sağlamaktadır. Kent ağaçlarının sağladığı faydaların bilimsel araştırmalarla belirlenmesi ve envanter çalışmasının yapılması, verilerin kent bilgi sistemlerine entegre edebilmesini sağlayarak geleceğe yönelik sürdürülebilir planlama-tasarım, yönetim, organizasyonuna olanak sağlayacağı belirtilmektedir (Selim ve Atabey 2020). Bu bağlamda Altınpark'ın %39.89 ağaç örtü yüzdesi, tür çeşidi ve sayısı parametreleriyle ekosisteme katkılar sunmaktadır. Parkın yapraklı tür sayısının fazla olması partikül maddelerin havadan uzaklaştırılmasında etkili olmuştur. Kentlerde yeşil alanların oluşturulurken sağlıklı yaprak yüzeyine ve geniş taç örtüsüne sahip ağaç türlerinin kullanımına özen gösterilmeli, farklı ağaç türlerinin kullanımı artırılmalıdır. Su ve ark. (2022), yapraklarda biriken ağır metalleri analiz ederek, kent parklarında daha az toksik bir PM seviyesi bulunduğunu, bunun da parkların içindeki havanın daha temiz olduğunu ve kent parkların kentsel çevre kalitesini mahalle ölçeğinde iyileştirebileceğine dair güçlü kanıtlar sunduğunu belirtmektedir. Bu kapsamda kentlerde mahalle ölçeğinde ekosistem değerlendirme araçlarını kullanarak parkların iyileştirilmesi ve mahalle ölçeğinde tasarım rehberlerinin geliştirilmesi önemlidir.

Son olarak bu çalışma kentlerde bitki örtüsünün bulunduğu alanların ekolojik olarak değerinin anlaşılmasını sağlamakta, hava kalitesini iyileştirmek bakımından fayda değerlerini ortaya koymaktadır. Kent parkları ekosistemin sağlığını iyileştirebilen kentsel yeşil altyapı sisteminin temel bileşenlerinden biridir. Yeşil alanlardaki bitki örtüsünün ekosisteme sağladığı faydalar kentlerin sürdürülebilirliğinde rol oynamaktadır. Yeşil alanlarla ilgili çalışmaların artırılması şehirlerdeki yeşil altyapının gelecekteki tasarım, planlama ve yönetim uygulamalarında eksiklerin giderilmesi konusunda yardımcı olacaktır. Bu değerlendirme, toplum paydaşlarına ve politika ve yerel yönetim uygulamaları gelecekte kent ekolojisini iyileştirme çabaları konusunda öngörü sağlamak ve farkındalık yaratmaktadır.

KAYNAKLAR

- ATO (2019) Verilerle Ankara'nın Sağlığı. Ankara Tabipler Odası. <https://ato.org.tr/templates/ato-r1/dosyalar/atorapor.pdf>. Erişim Tarihi:16.03.2023.
- Beckett KP, Freer-Smith PH, Taylor G (2000) Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology*, 6(8):995–1003.
- Coşkun Hepcan Ç, Hepcan Ş (2017) Ege Üniversitesi lojmanlar yerleşkesinin hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem servislerinin hesaplanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1):113-120.
- Çakmak MH, Can M (2020) Mamak ilçesinin (Ankara) hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem hizmetlerinin hesaplanması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2):141-149.
- ÇŞİDB (2016) Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia>. Erişim Tarihi:16.03.2023.
- Çorbacı ÖL, Ekren E (2022) Kentsel açık yeşil alanların kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi Ankara Altınpark Örneği. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 4(1):1-11.
- Forman RTT (2014) *Urban Ecology Science of Cities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Goodale CL, Apps MJ, Birdsey RA, Field CB, Heath LS, Houghton RA, Jenkins JC, Kohlmaier GH, Kurz W, Liu S, Nabuurs GJ (2002) Forest carbon sinks in the northern hemisphere. *Ecological Applications*, 12(3):891-899.
- Kardeşoğlu E, Yalçın M, Işılak Z (2011) Hava kirliliği ve kardiyovasküler sistem. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 10(1):97-106.
- Kim G, Coseo P (2018) Urban park systems to support sustainability: the role of urban park systems in hot arid urban climates. *Forests*, 9(7):439.
- Koç A, Yılmaz S, Mutlu E (2016) Effect of large green areas on air quality in center of Erzurum. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(4):109-112.
- Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A (2015) The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569):367-371.
- Lindgren BW, McElrath GW (1969) *Introduction to Probability and Statistics*. Macmillan, London, U.K.
- Öztekin Kara C (2022) Bazı kent ağaçlarının biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Rize Kent Örneği. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarıları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Rize.
- Pace R, Biber P, Pretzsch H, Grote R (2018) Modeling ecosystem services for park trees: sensitivity of i-tree eco simulations to light exposure and tree species classification. *Forests*, 9(2):89.
- Rosenthal JK, Crauderueff R, Carter M (2008) *Urban Heat Island Mitigation Can Improve New York City's Environment. Sustainable South Bronx*, New York, NY, USA.
- Sarı D, Kurt U, Resne Y, Çorbacı ÖL (2020) Kent parklarında kullanılan ağaç türlerinin sağladığı ekosistem hizmetleri: Rize Mesut Yılmaz (Sahil) Parkı Örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(4):541-550.
- Selim C, Atabey S (2020) Kentsel yol ağaçlandırmalarının sağladığı faydaların belirlenmesi: Antalya Atatürk Bulvarı Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (Özel Sayı):235-248.
- Su TH, Lin CS, Lu SY, Lin JC, Wang HH, Liu CP (2022) Effect of air quality improvement by urban parks on mitigating PM_{2.5} and its associated heavy metals: a mobile-monitoring field study. *Journal of Environmental Management*, 323:116283.
- Şahin Arslan N (2021) Parkların hava kirliliğini azaltıcı etkisinin Çorum Örneğinde incelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2):401-407.
- THHP (2022) Kara Rapor 2022 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri. Temiz Hava Hakkı Platformu, Printworld Matbaa San. ve Tic. A.Ş., İstanbul. https://www.temizhavahakki.org/wp-content/uploads/2023/03/KaraRapor_v6.pdf.
- Tuğluer M, Gül A (2018) Kent ağaçlarının çevresel etkileri ve değerinin belirlenmesinde UFORE modelinin kullanımı ve Isparta örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(3): 293-307.
- Tokcan Ö (1993) Ankara Altınpark. *Mimarlık Dergisi*. TMMOB Mimarlar Odası, 31(254):38-39.
- Tonyaloğlu EE, Atak BK, Yiğit M (2021) Düzenleyici ekosistem hizmetlerinden hava kalitesinin Efeler-Aydın örneğinde incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1):119-125.
- URL-1 (2023) <https://www.itreetools.org/blog/tags/articles>. Erişim Tarihi:13.03.2023.
- USDA (2021) United States Department of Agriculture Forest Service, i-Tree Tools. i-Tree Canopy, https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs200-2021.pdf. Erişim Tarihi: 29.03.2023.
- Xing Y, Brimblecombe P (2019) Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in Urban Parks. *Atmospheric Environment*, 201:73-83.
- Wilson K, Willette DA (2022) Valuation of ecosystem services of a nascent Urban Park in East Los Angeles, California. *Urban Ecosystems*, 25(6):1787-1795.
- Wiseman E, King J (2012) i-Tree Ecosystem Analysis Roanoke. College of Natural Resources and Environment, Blacksburg, VA, USA.
- Yarnvudhi A, Leksungnoen N, Tor-Ngern P, Premasithira A, Thinkampheang S, Hermhuk S (2021) Evaluation of regulating and provisioning services provided by a park designed to be resilient to climate change in Bangkok, Thailand. *Sustainability*, 13(24):13624.
- Yılmaz FÇ, Sonkur BA, Çorbacı ÖL (2013) Ankara Koşullarında Baharı Müjdeleyen Bitkilerin Peyzaj Tasarımında Kullanımı: Altınpark Örneği. V. Süs Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, ISBN: 978-605-4672-71-4, Cilt:1, 06-09 Mayıs 2013, p:484-491, Yalova.
- Yin S, Shen Z, Zhou P, Zou X, Che S, Wang W (2011) Quantifying air pollution attenuation within Urban Parks: an experimental approach in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 159(8-9):2155-2163.