

DOI: <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2024TR0004>

Evaluation of the Contribution of Cemeteries to Urban Ecosystem Services: A Case Study of Edirne

* ¹ B.S. R veyda Değer , ² Dr. Emine Keleş  zgenç

^{1,2} Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, University of Trakya, Türkiye

E-mail ¹: ruveydadeger0@gmail.com , E-mail ²: eminekeles@trakya.edu.tr

Abstract

Although green spaces in cities play a critical role in providing ecosystem services, cemeteries are often considered an overlooked part of urban green spaces. However, in recent years, these areas have come to the forefront due to their potential to provide a range of important ecosystem services such as conservation of biological diversity, habitat provision, air quality regulation, carbon storage, and water management. This study aims to concretely determine the contribution of four cemeteries -Acıçeşme, Buçuktepe, Bademlik and Karaağaç- located within the central district boundaries of Edirne, to urban ecosystem services. Using the i-Tree Canopy model, the land cover distribution, air pollution impacts, and carbon sequestration/storage amounts of these cemeteries were analysed. The results indicate that Buçuktepe cemetery provides the highest ecosystem services due to its large area and dense tree canopy. It is estimated that the 64.2% tree canopy cover in Buçuktepe Cemetery removes 365.44 kg of gases and particulate matter from the air annually, sequesters 16.02 tonnes of carbon and stores 402.21 tonnes of carbon. These results show that cemeteries make a significant contribution to regulating ecosystem services in urban areas. The study highlights the potential for transforming cemeteries into multifunctional landscapes that contribute to urban ecosystem services, providing an important framework for urban planning and sustainability.

Keywords: Urban green space; Urban cemeteries; Ecosystem services; Air quality; I-Tree Canopy.

Mezarlıkların Kentsel Ekosistem Hizmetlerine Katkısının Değerlendirilmesi: Edirne  rneği

 zet

Şehirlerdeki yeşil alanlar, doğal hizmetlerin sağlanmasında kritik bir rol oynamasına rağmen, mezarlıklar genellikle kentsel yeşil alanların göz ardı edilen bir parçası olarak kabul edilir. Ancak son yıllarda, bu alanların biyolojik çeşitliliği koruma, habitat sağlama, hava kalitesi düzenleme, karbon depolama ve su yönetimi gibi bir dizi önemli ekosistem hizmeti sağlama potansiyeli nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu alışma, Edirne merkez ile sınırlarında yer alan Acıçeşme, Buçuktepe, Bademlik ve Karaağaç mezarlıklarının kentsel ekosistem hizmetlerine katkısını somut olarak belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, i-Tree Canopy modeli kullanılarak mezarlıkların arazi örtüsü dağılımı, hava kirliliğine etkileri ve karbon tutma/depolama miktarları analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, Buçuktepe mezarlığının geniş alanı ve yoğun ta örtüsü nedeniyle en yüksek ekosistem hizmetlerini sağladığını göstermektedir. Buçuktepe mezarlığının %64.2 ağaç ta örtüsünün, havadan 365.44 kg gaz ve partikül madde uzaklaştırdığı, yıllık 16.02 ton karbon tuttuğu ve 402.21 ton karbon depoladığı tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar, mezarlıkların kentsel alanlarda düzenleyici ekosistem hizmetlerine önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, kent planlama ve sürdürülebilirlik açısından mezarlıkların ekolojik katkılarına önemli bir ereve sunarak, kentin ekosistem hizmetlerine katkı sağlayan çok yönlü peyzajlara dönüştürme potansiyeline vurgu yapmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel yeşil alan; Kent mezarlıkları; Ekosistem hizmetleri; Hava kalitesi; I-tree canopy.

1. Giriş

Son yıllarda nüfusun hızla artmasıyla birlikte kentsel alanların genişlemesi ve yoğunlaşması, bir dizi zorluğa neden olmaktadır. Bu zorluklar arasında yeşil alanların nitelik ve nicelik kayıpları, biyolojik çeşitliliğin azalması, ekosistemlerin bozulması ve insanların doğadan kopması gibi sorunlar öne çıkmaktadır (Sallay vd., 2023). Kentsel alanlarda kent ormanları, kent parkları, bahçeler ve sokak ağaçları gibi yeşil alanlar genellikle ön planda tutulurken, mezarlıklar genellikle göz ardı edilen alanlar olarak kalmaktadır. Mezarlıklar genellikle tarihi ve kültürel değişimlerin bir yansıması olarak her zaman özel ve kutsal alanlar olarak kabul edilmiştir (Kowarik vd., 2016; Saeumel vd., 2023) ve kentlerin ve toplumun ayrılmaz parçaları olarak görülmektedir (Klingemann, 2022). Ayrıca, mezarlıklar sürekli definler nedeniyle diğer kentsel yeşil alanlardan daha dinamik bir yapıya sahiptir ve ekolojik koşulları kademeli olarak değişebilmektedir (Sallay vd., 2023). Tinz (2021), mezarlıkları yaşayan mekanlar olarak tanımlar ve flora ve fauna için önemli yaşam alanları olduklarını vurgulamaktadır.

Günümüzde mezarlıklar genellikle yalnızca yas için kullanılan çorak alanlar olarak kabul edilir ve sağladıkları ekosistem hizmetleri göz ardı edilir (Poli vd., 2023; Saeumel vd., 2023). Mezarlıkların genellikle kutsal alanların önemi ve koruma işlevlerine vurgu yapan çalışmaların aksine (Frascaroli vd., 2016; Gao vd., 2013; Kowarik vd., 2016), son yıllarda bazı araştırmalar mezarlıkların çeşitli ekosistem hizmetleri sunduğunu ve kentsel yeşil alanların önemli bir parçası olduğunu belirtmektedir (Quinton & Duinker, 2019; Saeumel vd., 2023). Bu bağlamda mezarlıklar, kentsel yeşil altyapı sistemlerinin korunaklı açık yeşil alanlarını oluşturarak kent matrisinde önemli bir rol oynamaktadırlar (Eyileten & Selim, 2023; Sallay vd., 2022). Ayrıca, kentsel yeşil alanların sıcak noktaları olarak kabul edilen mezarlıklar, kentlerde kapladıkları alan, habitat çeşitliliği ve sürekliliği nedeniyle kentsel biyoçeşitliliğin önemli bir bileşeni haline gelmektedir (Buchholz vd., 2016).

Ekosistem hizmetleri kavramı, insanların ekosistemlerden elde ettiği faydaları veya ekosistemlerin insan refahına doğrudan ve dolaylı olarak katkılarını ifade eder (Birkhofer vd., 2015; De Groot vd., 2002; MEA, 2005; Vargas-Hernández vd., 2023). Kentsel ekosistem hizmetleri ise kentsel ekosistemler ve bileşenleri tarafından sağlanan faydalar olarak tanımlanmaktadır. Kentsel ekosistemler, insanların yoğun bir şekilde yaşadığı ve yapılı çevrenin büyük bir kısmını oluşturduğu alanlardır. Bu ekosistemler parklar, mezarlıklar, avlular, bahçeler, kent ormanları, sulak alanlar, nehirler ve göller gibi kentsel alanlardaki tüm “yeşil ve mavi alanları” içermektedir (Gómez-Baggethun & Barton, 2013; Pinto vd., 2022). Mezarlıklarda bu bağlamda kentsel ekosistem hizmetlerinin bir parçası olup, çeşitli ekosistem hizmetleri sunar. Bunlar arasında destekleyici hizmetler (toprak oluşumu, fotosentez, birincil bitki kütlesi oluşumu, besin ve su döngüsü), düzenleyici hizmetler (mikro iklimin düzenlenmesi, hava ve su kalitesinin düzenlenmesi), tedarik hizmetleri (gıda, kereste), kültürel ekosistem hizmetleri (rekreasyon, refah ve sağlık vb.) bulunmaktadır (Saeumel vd., 2023; Sallay vd., 2023).

Son yıllarda, mezarlıkların sunduğu ekosistem hizmetlerinin önemi giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Ancak, bu çalışmalar genellikle mezarlıkların kent peyzajında biyoçeşitliliğin korunması ve habitat sağlama işlevine odaklanmaktadır (Buchholz vd., 2016; Kowarik vd., 2016; Löki vd., 2015; Saeumel vd., 2023). Saeumel vd. (2023), literatürdeki mezarlıkların sağladığı ekosistem hizmetleriyle ilgili çalışmalarda en çok habitat sağlama ve kültürel ekosistem hizmetlerinin incelendiğini, düzenleyici ekosistem hizmetleri (hava kalitesi, soğuma etkisi, karbon depolama vb.) üzerine yeterince araştırma yapılmadığını belirtmektedir. Mezarlıklar, kentsel yeşil altyapı sistemlerinin bir parçası olarak kentlerde korunaklı açık yeşil alanlar oluşturarak önemli ekolojik görevler üstlenmektedir (Kowarik vd., 2016; Quinton & Duinker, 2019). Bu alanlar, hem doğal hem de kültürel unsurları içerdikleri için ekosistem hizmetlerini geliştirme potansiyeline sahiptir (Barrett & Barrett, 2001; Eyileten & Selim, 2023). Kentsel mezarlıklar, diğer yeşil alanlardan farklı olarak daha istikrarlı habitatlar sağlayabilir ve biyolojik çeşitliliği koruma potansiyeline sahiptir (Löki vd., 2019). Ancak, yapılan çalışmalar hala sınırlıdır ve mezarlıkların potansiyeli tam olarak anlaşılmamıştır.

Kentsel alanların hızla genişlemesi ve geçirimsiz yüzeylerin artması, yeşil alanların azalmasına ve fosil yakıt kullanımındaki artışla kentlerde hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Kentsel alanlarda hava kirliliğine neden olan kirleticiler arasında partikül madde (PM_{2,5} ve PM₁₀), karbon monoksit (CO), nitrojen dioksit (NO₂), ozon (O₃) ve kükürt dioksit (SO₂) gibi gazlar bulunmaktadır. Bu kirleticiler genellikle araçlar, sanayi emisyonları ve konutlarda fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır (Şahin Körmeçli & Seçkin Gündoğan, 2024). Kentlerin kötü hava kalitesi, insan sağlığı için ciddi tehdit oluşturmakta ve çeşitli hastalıklara yol açmaktadır (Tülek, 2022).

Bu nedenle, kentlerdeki yeşil alanların ekosistem hizmetlerine katkısını değerlendirmek, bu hizmetleri kentsel karar alma süreçlerine entegre etmek ve tanımlayan araçları geliştirerek etkin bir şekilde yönetmek önemlidir (Eyileten & Selim, 2023). Mezarlıkların ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, çevrenin durumu ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi konusunda bilgi sağlamak açısından da kritik öneme sahiptir (Frélichová vd., 2014). Mezarlıklar, kentsel yeşil altyapı sistemlerinin ayrılmaz bir parçasını oluşturur ve kentlerin sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlar. Bu nedenle, mezarlıkların kentsel yeşil alan ağlarına entegre edilmesi ve ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, kent planlama kararları için hayati öneme sahiptir. Ayrıca iklim değişikliğiyle mücadelede önemli rol oynayarak, sıcaklıkların dengelenmesi ve mikro iklimin düzenlenmesine katkı sağlayabilmektedir (Mathey vd., 2011; Okumus & Terzi, 2023). Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında, ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi, dijital veriye dönüştürülmesi ve karbon-nötr bir çevre oluşturulması hedeflenmektedir (European Commission, 2019). Mezarlıklar, bu mutabakat çerçevesinde kentsel ekosistemlerin yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bağlamda, mezarlıklar gibi önemli kentsel yeşil alanların ekosistem hizmetlerine katkısının belirlenmesi, yeşil alan yönetimi ve koruma çabalarının güçlendirilmesine yardımcı olabilir.

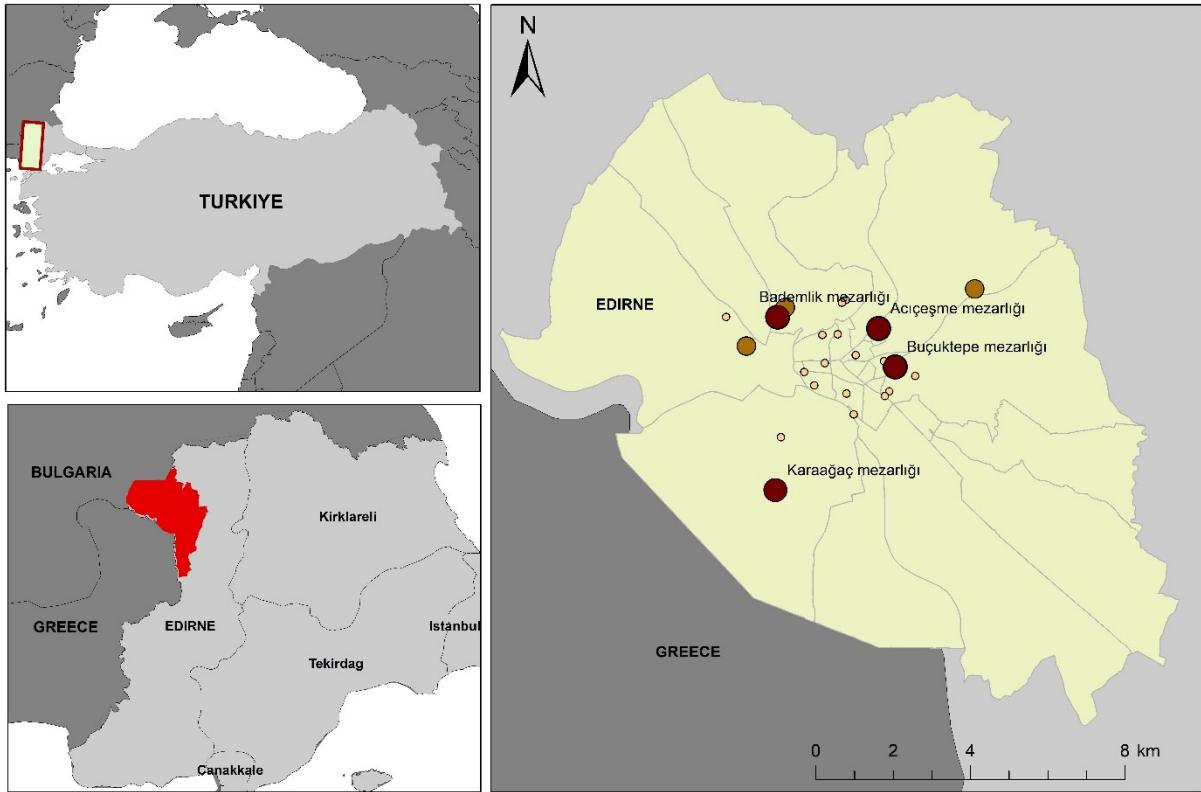
Ülkemizde, kentsel mezarlıklar genellikle pasif yeşil alanlar olarak kabul edilmekte ve sundukları ekosistem hizmetleri konusunda literatürde önemli bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışma, Edirne kent merkezindeki mezarlıkların ekosistem hizmetlerini somut olarak belirlemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, mezarlıkların kent ekosistemine katkısını değerlendirerek yerel yönetimlere öneriler sunmayı hedeflemektedir. Bu önerilerin dikkate alınması, kentsel yeşil alanların sürdürülebilir yönetimi ve korunması için önemli bir adım olabilir. Çalışma mezarlıkların ekosistem

hizmetlerine odaklanarak, kentsel yeşil alanların ekosistem hizmetleri konusunda daha geniş bir perspektifle değerlendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu şekilde, mezarlıkların ekosistem hizmetleriyle ilgili farkındalığı artırarak, kent planlaması ve yönetiminde daha etkin kullanılmalarını sağlamayı hedeflemektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Edirne, Türkiye'nin kuzeybatısında, Trakya bölgesinde yer alır ve İstanbul'un batısında bulunur. Ayrıca yni zamanda Yunanistan ve Bulgaristan'la sınır konumundadır. İl, 41°40' kuzey enlemi ve 26°33' doğu boylamı arasında yer alır. 2021 yılı itibarıyla nüfusu yaklaşık 410.000 civarındadır ve yüz ölçümü 6,279 km²'lik bir alana sahiptir. Çalışmanın ana materyalini Edirne kent merkezinden bulunan dört büyük mezarlık oluşturmaktadır. Bu mezarlıklar, Edirne merkez ilçe sınırları içerisinde yer alır ve farklı arazi kullanım yoğunluğuna sahiptir. Mezarlıkların seçiminde, kent içindeki dağılımı ve mekansal büyüklükleri dikkate alınmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen mezarlıklar şunlardır: Acıçeşme mezarlığı (6,56 ha), Buçuktepe mezarlığı (6,80 ha), Bademlik mezarlığı (6,43 ha) ve Karaağaç mezarlığı (1,73 ha) (Şekil1). Acıçeşme ve Buçuktepe mezarlıkları doğrudan kent merkezinde yer alırken, Bademlik ve Karaağaç mezarlıkları daha az yapılaşmanın olduğu bölgelerde bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı olarak seçilen dört mezarlığın coğrafi konumu

2.2 Yöntem

Çalışmada, kentsel mezarlıkların ekosistem hizmetlerini ölçmek için i-Tree Canopy v7.1 aracı birincil veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu araç, mezarlıklardaki bitki örtüsünün karbon depolama miktarı ve hava kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmek için bir temel oluşturur. i-Tree Canopy, yeşil alanların bitki örtüsünün varlığına göre sınıflandırması ve ekosistem hizmetlerinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bir araçtır (Eyileten & Selim, 2023). Özellikle bitki taç örtüsünü dikkate alarak hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem hizmetlerinin hesaplanmasına katkı sağlamaktadır. Bu model hızlı, kolay ve doğruluk oranı yüksek istatistiksel tahmin geliştirmek için kullanılan bir araçtır (Hepcan & Hepcan, 2017). Model, ABD Tarım Bakanlığı Orman Servisi (USDA-United States Department of Agriculture Forest Service) tarafından geliştirilen ücretsiz bir web tabanlı uygulama aracıdır. Küresel olarak yaygın bir şekilde kullanılmakta ve kent ağaçlarının ekosistem hizmetlerini ve parasal değerlerinin değerlendirilmek için pratik ve etkili bir yol sunmaktadır (Eyileten & Selim, 2023; Ghorbankhani vd., 2023).

I-Tree Canopy modeli bir alandaki arazi örtüsü tiplerinin dağılımına yönelik hızlı ve kolay bir şekilde doğruluk oranı yüksek istatistiksel tahminler geliştiren bir araçtır. I-Tree yazılımının bir modülü olan bu model aynı zamanda, taç örtüsüne ilişkin değerleri dikkate alarak, hava kirliliğine neden olan gazların (CO, NO₂, O₃, SO₂, PM2.5, PM10) bitkilerce atmosferden uzaklaştırılması, atmosferik karbonun yakalanması ve depolanmasına yönelik değerler ile bu hizmetlerin ekonomik değerlerine yönelik tahminler hesaplar (Hepcan & Hepcan, 2017). Bu araç, çalışma alanının Google Maps görüntülerini kullanarak farklı arazi örtüsü türlerinin istatistiksel tahminlerini üretir. Çalışma alanı için belirlenen örnek noktaları sayesinde, arazi örtüsü sınıfları tanımlanır ve her bir arazi örtüsünün istatistiksel tahminleri hesaplanır. Çalışma alanı için örnek noktalar genellikle 500-1000 arası nokta tanımlanması tavsiye edilmektedir ve nokta sayısı ne kadar çok ise yapılacak tahminin doğruluğunun o kadar iyi olacağı belirtilmektedir (USDA, 2021). Çalışma kapsamında, Acıçeşme (1500), Buçuktepe (1800), Bademlik (1300) ve Karaağaç (800) mezarlıklarında farklı sayılarda örnek noktaları belirlenmiştir. Bu noktaların alan büyüklüklerine göre seçilmesi, tahminlerin doğruluğunu artırmayı amaçlamıştır. Bu yöntem, mezarlıkların ekosistem hizmetlerini etkin bir şekilde değerlendirmek için kullanılmıştır.

I-Tree Canopy aracı alanın istatistiksel tahminleri aşağıdaki formüle göre yüzde olarak hesaplamaktadır (USDA, 2021)

$$\% = \frac{n}{N}$$

Formülde: *n*; arazi örtü sınıfına isabet eden nokta sayısı, *N*; tüm örtüsü sınıfları arasında analiz edilen toplam nokta sayısıdır. Tahminin standart hatası ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$SE = \sqrt{pq / N}$$

Burada *p*:*n*/*N* ve *q*=1-*p*'dir (Lindgren vd., 1966).

Çalışma kapsamında seçilen mezarlıkların sınırları Edirne imar planlarından elde edilerek ve ArcGIS 10.5.1 programında sayısallaştırılmıştır. Bu aşama, mezarlık sınırlarının belirlenmesi, yeterli sayıda örneklem noktasının atanması ve analiz raporlarının oluşturulması olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamada Eyileten ve Selim (2023) ve Hepcan ve Hepcan (2017)'in çalışmalarında kullanılan metodolojiden faydalanılmıştır. Mezarlıkların imar planları sınırları i-Tree Canopy arayüzüne aktarıldıktan sonra arazi örtüsü sınıfları belirlenmiştir. Geçirimsiz yapılar, diğer geçirimsiz yüzeyler, toprak/çıplak zemin, ağaç örtüsü/çalı, çim/yer örtücü bitki olarak beş sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar:

- Geçirimsiz yapılar: "binalar tarafından işgal edilen geçirimsiz örtüye sahip alanları",
- Diğer geçirimsiz yüzeyler: "kaldırımlar, yollar, otoparklar veya kaplamalı yüzey alanları"
- Toprak/çıplak zemin: "toprak yüzeyi veya bitki örtüsü olmayan çıplak alanları"
- Ağaç örtüsü/çalı: "ağaçlar ve uzun çalılı bitki örtüsü ile kaplı alanları"
- Yüzey örtücü bitki: "otsu bitki vejetasyonu ile kaplı alanları" tanımlamaktadır.

Analiz sonucunda arazi örtüsü dağılımları belirlenmiş ve sınıflandırma sonrasında hava kirliliğine sebep olan kirlleticilerin (CO, NO₂, O₃, SO₂, PM2.5 ve PM10 değerleri) atmosferden uzaklaştırılması ve karbon tutma/depolamaya ilişkin tahminler elde edilmiştir. Çalışmada verilerinin görselleştirilmesinde ve haritalandırılmasında ArcGIS, Google Earth ve Excel programları, verilerin analizinde ise I-Tree Canopy modeli ve ArcGIS 10.5.1 programı kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Mezarlıkların, kent içindeki yeşil alan sistemlerinin önemli bir parçası olarak hava kirliliğini azaltma ve karbon depolama katkısı I-Tree Canopy uygulamasıyla belirlenmiştir. Edirne kent merkezinde bulunan dört büyük mezarlığın kentsel ekosistem hizmetlerine sağladığı katkılar incelenmiştir. Mezarlıkların, hava kirliliğini düzenlemedeki rolü ve karbon depolama kapasitesi genel olarak araziyi temsil eden beş sınıfta değerlendirilmiştir.

Acıçeşme mezarlığında rastgele belirlenen 1500 noktanın 954'ü ağaç/çalı (4.21 ha), 302'si toprak/çıplak zemin (1.32 ha), 171'i diğer geçirimsiz yüzeyler (0.75 ha), 63'ü çim/otsu bitkiler (0.28 ha) ve 10'u geçirimsiz yapılardan (0.01 ha) oluşmaktadır. Mezarlığın arazi sınıfı dağılımı içerisinde en yoğun ağaç/çalı (%64.20), toprak/çıplak zemin (%20), diğer geçirimsiz yüzeylerden (%11), çim/otsu bitkiler (%4.20) ve geçirimsiz yapılardan (%0.01) oluşmaktadır. Çalışma alanında her bir sınıfı oluşturan noktalara ilişkin standart sapma değeri hesaplanmıştır. Standart sapma değerinin birin altında olması, belirlenen noktalarının tüm sınıflar içerisinde dengeli bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Ancak yapılan çalışmalar genellikle kent parkları, yeşil alanlar kent ormanı gibi heterojen bir arazi örtüsüne sahip alanlarda yapılmıştır. Bu alanlara göre mezarlıklar daha homojen bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, mezarlıklar içerisinde bulunan geçirimsiz yapılar ve diğer geçirimsiz yüzeylerin dağılımı, arazi temsil eden diğer sınıfların dağılımıyla karşılaştırıldığında farklılık gösterebilir. Bu durum araziyi temsil eden sınıfların nokta sayılarının birbirine yakın sayıda seçilememesine neden olmuştur. Acıçeşme mezarlığına ilişkin I-Tree canopy uygulaması arazi örtüsü analiz sonuçları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Acıçeşme mezarlığı I-Tree canopy sonucu arazi örtüsü analiz sonuçları

Arazi sınıfları	Nokta sayısı	Kapladığı alan (ha) ± SS	Kapladığı alan (%) ± SS
Geçirimsiz yapılar	10	0.01 ±0.00	0.07 ± 0.07
Diğer geçirimsiz yüzeyler	171	0.75 ±0.05	11.40 ±0.82
Çim/otsu bitkiler	63	0.28 ±0.03	4.20 ±0.52
Toprak/çıplak zemin	302	1.32 ±0.07	20.13±1.04
Ağaç/çalı	954	4.21 ±0.08	64.20 ±1.24
Toplam	1500	6.56	100

SS: Standart sapma

I-Tree Canopy uygulaması analiz sonuçlarından bir diğeri, mezarlık alanının atmosfere salınan yıllık toplam kirletici gaz ve partikül miktarını içermektedir. Acıçeşme mezarlığı, yıllık olarak toplam 365.44 kg kirletici gaz (CO, NO₂, O₃, SO₂) ve partikül maddeyi (PM2.5, PM10) havadan uzaklaştırmaktadır. Bu kirletici gaz ve partikül maddenin ekonomik değeri ise 266 \$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Acıçeşme mezarlığındaki ağaçların örtüsü yılda toplam 12.89 ton karbonu tutmakta ve 323.66 ton karbonu depolamaktadır. I-Tree canopy ile Acıçeşme mezarlığının atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ve karbon tutma/depolama miktarları Tablo 2’de gösterilmiştir. Özellikle mezarlık O₃ ve NO₂’yi havadan uzaklaştırdığı belirlenmiştir. Bu gazlardan O₃’ün iklim değişikliğine sera gazı oluşturan kirletici ve NO₂’nin egzoz gazları, ısınma ve araç trafiği sonucunda oluşan fosil yakıtlar kaynaklandığı bilinmektedir (Şahin Körmeçli, 2023). Bu nedenle, mezarlıklar kentlerde hava kalitesini temizleme ve iklim değişikliği etkilerini hafifletme konusunda önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 2. I-Tree canopy uygulaması Acıçeşme mezarlığı ağaçların sağladığı fayda tahminleri

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	± SS	Değer (USD/\$)	± SS
Karbon monoksit- CO (yıllık)	4.26 kg	±0.08	2	±0
Nitrojen dioksit- NO ₂ (yıllık)	21.33 kg	±0.41	1	±0
Ozon- O ₃ (yıllık)	226.76 kg	±4.37	29	±1
Kükürt dioksit- SO ₂ (yıllık)	21.30 kg	±0.41	0	±0
Partikül madde-PM2.5 (yıllık)	11.2. kg	±0.22	61	±1
Partikül madde- PM10 (yıllık)	80.58 kg	±1.55	174	±3
Toplam	365.44 kg	±7.05	266	±5
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit- CO ₂ seq (yıllık)	12.89 ton	±0.25	2.423	±47
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit- CO ₂ stor	323.66 ton	±6.24	60.848	±1.173

Buçuktepe mezarlığında rastgele belirlenen 1800 noktanın 1272’si ağaç/çalı (4.80 ha), 265’i diğer geçirimsiz yüzeyler (0.11 ha), 119’u toprak/çıplak zemin (0.45 ha), 114’i çim/otsu bitkiler (0.43 ha) ve 30’u geçirimsiz yapılardan (0.11 ha) oluşmaktadır. Mezarlığın arazi sınıfları dağılımı içerisinde en yoğun ağaç/çalı %70.67 ve %14.72’si diğer geçirimsiz yüzeylerden oluşmaktadır. Buçuktepe mezarlığı Edirne kent merkezindeki en büyük mezarlıklardan biridir ve genel olarak yoğun ağaç örtüsüyle kaplıdır. Dolayısıyla, kentsel yeşil alanlar içinde önemli bir potansiyele sahiptir. Buçuktepe mezarlığına ilişkin I-Tree canopy uygulaması arazi örtüsü analiz sonuçları Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo 3. Buçuktepe mezarlığı I-Tree canopy sonucu arazi örtüsü analiz sonuçları

Arazi sınıfları	Nokta sayısı	Kapladığı alan (ha) ± SS	Kapladığı alan (%) ± SS
Geçirimsiz yapılar	30	0.11 ±0.02	1.67 ±0.30
Diğer geçirimsiz yüzeyler	265	1.00 ±0.06	14.72 ±0.84
Çim/otsu bitkiler	114	0.43 ±0.04	6.33 ±0.57
Toprak/çıplak zemin	119	0.45 ±0.04	6.61 ±0.59
Ağaçlar/çalılar	1272	4.80 ±0.07	70.67 ±1.07
Toplam	1800	6.80	100

Buçuktepe mezarlığı, yıllık toplam 454.14 kg kirletici gazı (CO, NO₂, O₃, SO₂) ve partikül maddeyi (PM2.5, PM10) havadan uzaklaştırmaktadır. Bu uzaklaştırılan kirletici gaz ve partikül maddenin ekonomik değeri ise 331 \$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mezarlıkta bulunan ağaç örtüsü ise yılda toplam 16.02 ton karbonu tutmakta ve 402.21 ton karbonu depolamaktadır. Buçuktepe mezarlığının atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ve karbon tutma/depolama miktarları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. I-Tree canopy uygulaması Buçuktepe mezarlığı ağaçların sağladığı fayda tahminleri

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	± SS	Değer (USD/\$)	± SS
Karbon monoksit- CO (yıllık)	5.30 kg	±0.07	2	±0
Nitrojen dioksit- NO ₂ (yıllık)	26.50 kg	±0.34	1	±0
Ozon- O ₃ (yıllık)	281.80 kg	±3.63	36	±0
Kükürt dioksit- SO ₂ (yıllık)	26.47 kg	±0.34	0	±0
Partikül madde-PM2.5 (yıllık)	13.93 kg	±0.18	75	±1
Partikül madde- PM10 (yıllık)	100.14 kg	±1.29	216	±3
Toplam	454.14 kg	±5.85	331	±4
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit- CO ₂ seq (yıllık)	16.02 ton	±0.21	3.011	±39
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit- CO ₂ stor	402.21 ton	±5.18	75.616	±974

Bademlik mezarlığında rastgele belirlenen 1300 noktanın 584'ü toprak/çıplak zemin (2.89 ha), 386'sı ağaç/çalı (1.91 ha), 185'i çim/otsu bitkiler (0.92 ha), 145'i diğer geçirimsiz yüzeylerden (0.72 ha) oluşmaktadır. Alanda geçirimsiz yapı bulunmaktadır. Mezarlık, diğer Acıçeşme ve Buçuktepe mezarlıklarına kıyasla daha kırsal bölgede yer aldığı için toprak/çıplak zemin yoğunluğu daha fazladır. Bademlik mezarlığına ilişkin arazi örtüsü analiz sonuçları Tablo 5'de gösterilmektedir.

Tablo 5. Bademlik mezarlığı I-Tree canopy sonucu arazi örtüsü analiz sonuçları

Arazi sınıfları	Nokta sayısı	Kapladığı alan (ha) ± SS	Kapladığı alan (%) ± SS
Geçirimsiz yapılar	0	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
Diğer geçirimsiz yüzeyler	145	0.72 ±0.06	11.15±0.87
Çim/otsu bitkiler	185	0.92 ±0.06	14.23 ±0.97
Toprak/çıplak zemin	584	2.89 ±0.09	44.92 ±1.38
Ağaç/çalı	386	1.91 ± 0.08	29.69 ±1.27
Toplam	1300	6.43	100

Bademlik mezarlığı, yıllık toplam 165.75 kg kirletici gazı (CO, NO₂, O₃, SO₂) ve partikül maddeyi (PM2.5, PM10) havadan uzaklaştırmaktadır. Uzaklaştırılan bu kirletici gaz ve partikül maddenin ekonomik değeri ise 121 \$ olarak hesaplanmıştır. Mezarlıkta bulunan ağaç örtüsü yılda toplam 5.85 ton karbonu tutmakta ve 146.80 ton karbonu depolamaktadır. Bademlik mezarlığının atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ve karbon tutma/depolama miktarları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. I-Tree canopy uygulaması Bademlik mezarlığı ağaçların sağladığı fayda tahminleri

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	± SS	Değer (USD/\$)	± SS
Karbon monoksit- CO (yıllık)	1.93 kg	±0.08	1	±0
Nitrojen dioksit- NO ₂ (yıllık)	9.67 kg	±0.41	0	±0
Ozon- O ₃ (yıllık)	102.85 kg	±4.39	13	±1
Kükürt dioksit- SO ₂ (yıllık)	9.66 kg	±0.41	0	±0
Partikül madde-PM2.5 (yıllık)	5.08 kg	±0.22	28	±1
Partikül madde- PM10 (yıllık)	36.55 kg	±1.56	79	±3
Toplam	165.75 kg	±7.07	121	±5
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit- CO ₂ seq (yıllık)	5.85 ton	±0.25	1.099	±47
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit- CO ₂ stor	146.80 ton	±6.27	27.598	±1.178

Karaağaç mezarlığında, rastgele belirlenen 800 noktanın 392'si ağaç/çalı (0.84 ha), 248'i toprak/çıplak zemin (0.54 ha) ve 135'i geçirimsiz diğer yüzeylerden (0.29 ha) oluşmaktadır. Alanda geçirimsiz yapılar çok az bulunmaktadır. Benzer şekilde, Bademlik mezarlığı gibi Karaağaç mezarlığı da Edirne kent merkezinde yer almasına rağmen kırsal bölgede ybulunmasından dolayı ağaç/çalılar ve toprak/çıplak zemin yoğunluğu daha fazladır. Karaağaç mezarlığına ilişkin arazi örtüsü analiz sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Karaağaç mezarlığı I-Tree canopy sonucu arazi örtüsü analiz sonuçları

Arazi sınıfları	Nokta sayısı	Kapladığı alan (ha)± SS	Kapladığı alan (%) ± SS
Geçirimsiz yapılar	3	0.006 ±0.03	0.38 ±0.22
Diğer geçirimsiz yüzeyler	135	0.29 ±0.02	16.88 ±1.32
Çim/otsu bitkiler	22	0.04 ±0.01	2.75 ±0.58
Toprak/çıplak zemin	248	0.54 ±0.02	31.00 ±1.64
Ağaçlar/çalılar	392	0.84 ±0.03	49.00 ±1.77
Toplam	800	1.73	100

Karaağaç mezarlığı, yıllık toplam 73.73 kg kirletici gaz ve partikül maddeyi havadan uzaklaştırmaktadır. Uzaklaştırılan bu kirletici gaz ve partikül maddenin ekonomik değeri ise 54 \$ olarak hesaplanmıştır. Mezarlıkta bulunan ağaç örtüsü yılda toplam 2.60 ton karbonu tutmakta ve 65.30 ton karbonu depolamaktadır. Karaağaç mezarlığının atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ve karbon tutma/depolama miktarları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. I-Tree canopy uygulaması Bademlik mezarlığı ağaçların sağladığı fayda tahminleri

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	± SS	Değer (USD/\$)	± SS
Karbon monoksit- CO (yıllık)	0.86 kg	±0.03	0	±0
Nitrojen dioksit- NO ₂ (yıllık)	4.30 kg	±0.16	0	±0
Ozon- O ₃ (yıllık)	45.75 kg	±1.65	6	±0
Kükürt dioksit- SO ₂ (yıllık)	4.29 kg	±0.16	0	±0
Partikül madde-PM2.5 (yıllık)	2.26 kg	±0.08	12	±0
Partikül madde- PM10 (yıllık)	16.25 kg	±0.58	35	±1
Toplam	73.73 kg	±2.65	54	±2
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit- CO ₂ seq (yıllık)	2.60 ton	±0.09	489	±18
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit- CO ₂ stor	65.30 ton	±2.36	12.277	±443

Kentsel alanlarda karbon tutma ve depolama konusundaki literatür, genellikle kent ağaçları, kentsel yeşil alanlar, kent parkları ve kent ormanlarının rolüne odaklanmıştır. Şahin Körmeçli (2023) çalışmasında Ankara Altınpark’taki ağaçların taç örtüsünün (%39.89) atmosferden uzaklaştırdığı gaz ve partikül madde miktarının 2094.52 kg olarak belirlemiştir. Aynı zamanda ağaçlar tarafından tutulan ve depolanan karbon miktarı sırasıyla 74.58 ton 1873.10 ton olarak tespit edilmiş ve parkın hava kalitesini iyileştirmeye yönelik ekolojik faydasının yanında ekonomik fayda değerinin de önemi vurgulanmıştır. Üstün Topal and Demirel (2023), İstanbul’un Kuzguncuk mahallesindeki yeşil alanların hava kalitesi ve karbon tutma/depolamaya ekolojik ve ekonomik önemli katkılar sağladığını belirtmiştir. Ancak, mezarlıklar kentsel yeşil alan sınıflandırması içerisinde yeterince önemsenmemekte ve bu alanda yapılan çalışmalar oldukça azdır. Bu bağlamda, Eyileten and Selim (2023) Antalya’nın üç önemli mezarlığının kente sağladığı düzenleyici ekosistem hizmetlerini değerlendirmiştir. Çalışma, mezarlıkların diğer kentsel yeşil alanlar gibi hava kalitesini temizleme ve karbon tutma/depolama açısından önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Eyileten and Selim (2023) çalışmasıyla benzerlik göstermiştir.

Bu çalışmanın bulguları, alan büyüklükleri ve ağaç örtüsünün oranı dikkate alındığında, dört mezarlık arasında kentin düzenleyici ekosistem hizmetine en yüksek katkısı Buçuktepe mezarlığının sağladığını göstermektedir. Buçuktepe mezarlığı, kentin merkezinde yapılaşmanın yoğun olduğu ve hala defin işlemlerinin gerçekleştirildiği bir mezarlık olarak öne çıkmaktadır. Kentin merkezinde önemli bir yeşil alan potansiyeli sunan mezarlık, aynı zamanda 454.07 kg CO, NO₂, O₃, SO₂, PM2.5 ve PM10 kirletici gazı tutma ve 402.15 ton karbon depolama değerine sahiptir. Bunu sırasıyla Acıçeşme, Bademlik ve Karaağaç mezarlıkları takip etmektedir. Kentte aktif ve aktif kullanılmayan 23 mezarlık bulunmaktadır. Diğer mezarlıkların kente sunduğu katkılar göz önüne alındığında, mezarlıkların diğer kentsel yeşil alanlar gibi önemli ekosistem hizmeti sağladığı açıktır. Ekosistem hizmetinin artmasını sağlayan en önemli etkenlerden biri mezarlıklardaki ağaç örtüsüdür. Ağaç örtüsü arttıkça mezarlıkların sağladığı katkılarda önemli ölçüde artmaktadır. Bu nedenle, kent mezarlıklarının planlama ve tasarım süreçleri, ekolojik katkıları göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır.

Kent mezarlıklarının birincil amacı defin alanı ihtiyacı karşılamak olsa da, kültürel, tarihi ve biyolojik çeşitlilik gibi çeşitli işlevlere de sahiptir (Nordh & Swensen, 2018). Örneğin, Hollanda’daki birçok mezarlık, kent parklarına benzer şekilde geniş alanlar kaplamakta ve habitatı destekleyen önemli yeşil alanlar olarak kabul edilmektedir (Kok, 2021). Dolayısıyla, mezarlıklar kentsel kamusal yeşil alanlar olarak değerlendirilmeli ve ekosisteme katkıları göz önünde bulundurulmalıdır (Kjøller, 2012). Yeşil altyapı, kentin açık alan sisteminin işleyişini bütünsel olarak değerlendirmek ve iyileştirmek için sıklıkla kullanılan önemli bir kavramdır ve özellikle habitatları birbirine bağlama rolünü vurgulamaktadır (Ahern, 2007). Mezarlıklar, kentlerde geniş alanlara yayılabilen kentsel yeşil altyapının önemli bileşenlerinden biridir (Nordh & Swensen, 2018). Kendilerine has özellikleri göz önüne alındığında, tüm kent mezarlıkları ekolojik performanslarını artırabilir ve kentsel yeşil altyapıya entegre edilebilir. Ekosistem hizmetleri açısından, mezarlıklar düzenleyici hizmetler (iklim düzenlemesi, hava kalitesi vb.), destekleyici hizmetler (habitat sağlama, bitki ve hayvan çeşitliliğini sürdürme) ve kültürel hizmetler (rekreasyon, refah ve sağlık) sunarak çok yönlü katkılar sağlar (Haase vd., 2014; Kowarik vd., 2016). Bu hizmetler, artan kentleşme bağlamında kent mezarlıklarının daha fazla işlev üstlenme potansiyeline sahiptir ve kent planlamacıları tarafından daha çok önemsenmelidir. Mezarlıklar, kentsel biyolojik çeşitlilik sorunlarına ve kentsel mikro iklim değişikliklerine önemli katkılar sağlayabilir. Bunun yanında biyoçeşitlilik açısından da kentin sıcak noktaları olarak değerlendirilmektedir (Nielsen vd., 2014). Mezarlıkların büyüklüğü ve habitat çeşitliliği, kentsel biyolojik çeşitliliğe olumlu katkılar sunmaktadır (Kok, 2021). Bu çalışmada da kent mezarlıklarının büyüklükleri ile sağladığı katkı arasında pozitif bir ilişki gözlenmiştir.

Kentlerde özellikle parklara göre daha uzun yıllar varlıklarını sürdürebilmeleri, mezarlıkların düzenleyici ekosistem hizmetleri sunma kapasitesini artırmaktadır. Mezarlıklardaki ağaçlar, büyüklükleri ve taç örtüsü bakımından en önemli unsurlardır. Kent ağaçları, çevresel koşulların iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayabilirler. Bu bağlamda, mezarlıklardaki ağaçlar, özellikle karbon tutma/depolama, havadan kirleticilerin uzaklaştırılması, yerel sıcaklığın düşürülmesi ve kentsel ısı adasının hafifletilmesinde önemli katkı sağlamaktadır (Tyrväinen vd., 2005). Bu çalışma, ağaçların özellikle hava kalitesinin iyileştirilmesi ve karbon depolama açısından mezarlıkların ekosisteme katkısını vurgulamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışma, Edirne'de bulunan dört önemli kent mezarlığının (Acıçeşme, Buçuktepe, Bademlik ve Karaağaç) düzenleyici ekosistem hizmetlerine (hava kalitesi ve karbon tutma/depolama) önemli katkı sağladığını göstermektedir. Buçuktepe mezarlığı, kapladığı geniş alanı ve zengin ağaç örtüsü bakımından öne çıkmıştır. Analizler, Buçuktepe mezarlığının hava kalitesini temizlemede özellikle sırasıyla O₃, PM10, NO₂, SO₂, PM2.5 ve CO kirleticilerinin giderilmesine önemli katkı sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, mezarlık yılda 16.02 ton karbonu tutmakta ve 402.21 ton karbonu depolayarak ekolojik fayda sağlamaktadır. Kentsel ekosistemlerin düzenleyici, tedarik, destekleyici ve kültürel hizmetleri, şehirlerin sağlığı, sürdürülebilirliği ve dayanıklılığı için hayati önem taşımaktadır. Hızla büyüyen kentler, geçirimsiz yüzeylerin artışı, kentsel ısının yükselmesi, hava kirliliği ve iklim değişikliği gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunlara çözüm olarak, kent içindeki yeşil alanların ve yeşil altyapı sistemlerinin önemi giderek daha da belirgin hale gelmektedir. Bu nedenle, mezarlıkların kentsel ekosisteme katkısı göz ardı edilmemeli; izole ekosistemler olarak değil, kente önemli katkılar sağlayan yeşil altyapı bileşenleri olarak değerlendirilmelidir.

Kent mezarlıklarının yeşil altyapı bağlamında önemli bir görevi vardır. Mezarlıkların kentsel yeşil alanlarla ve yeşil kuşaklarla bağlantılı hale getirilmesi, kent ekosistemine sağladığı katkıyı önemli ölçüde artıracaktır. Mezarlıkların yalnızca defin alanları olarak değil, aynı zamanda ekolojik koridorlar olarak da değerlendirilmesi gereklidir. Kent içindeki parklar, bahçeler ve diğer yeşil alanlarla bağlantılı bir yeşil ağ oluşturulması, biyoçeşitliliği desteklerken hava ve su kalitesini iyileştirir ve şehir içindeki ısı adası etkisini azaltır. Ayrıca, bu alanların estetik ve manevi değerleri, şehir sakinlerine huzur ve dinlenme fırsatları sunarak toplumsal refaha katkı sağlar.

Bu kapsamda, kent mezarlıklarının sunduğu ekosistem hizmetini artıracak öneriler şunlardır:

- Mezarlıkların yeşil koridorlar oluşturmak amacıyla diğer yeşil alanlarla bağlantısının artırılması ve yaban hayatı ile biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi.
- Mezarlıklarda bitki seçiminde yerel bitki türlerinin kullanılması ve yerel flora ile fauna için uygun habitatlar sağlanması.
- Mezarlıkların geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu alanlar olması sebebiyle etkin su yönetimine katkı sağlaması.
- Mezarlıkların kent planlamaya dahil edilmesi, bu alanların sürdürülebilirliğinin artırılmasını ve korunmasını teşvik edebilir.

Sonuç olarak, kent mezarlıklarının kentsel yeşil alanlarla entegrasyonu, düzenleyici ekosistem hizmetlerine katkıda bulunarak hava ve su kalitesini iyileştirir, biyolojik çeşitliliği artırır ve şehir içindeki ısı adası etkisini azaltır. Bu nedenle, mezarlıklar kent ekosisteminin vazgeçilmez bir parçası olarak değerlendirilmelidir; bu yaklaşım, şehirlerin sürdürülebilirliğine ve yaşanabilirliğine önemli katkılar sunacaktır. Ayrıca ekosistem hizmetleri ve mezarlıklar arasındaki bağlantının bütüncül bir bakış açısıyla ele alınması, gelecekteki araştırmalarda daha fazla dikkat edilmesi gereken bir konudur.

Teşekkürler

Bu çalışma, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen "2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 1919B012333618). Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olduğunu beyan etmemektedir.

Kaynaklar

- Ahern, J. (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management*, 13, 267-283.
- Afara, A., Amen, M. A., Ayoubi, M. El, Ramadhan, D., & Alani, J. (2024). Arguing Faux Biophilia Concepts in F&B Interior Design: A Case Study Applied in Duhok City. *Civil Engineering and Architecture*, 12(2), 1091–1103. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120231>

- Amen, M. A., Afara, A., & Muhy-Al-din, S. S. (2024). The Persuasibility of Globe Thermometer in Predicting Indoor Thermal Comfort Using Non-standard Globe Diameter: Row Houses of Semi-Arid Climates as Case Studies. *Civil Engineering and Architecture*, 12(1), 425–435. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120132>
- Amen, M. A. (2021). The assessment of cities physical complexity through urban energy consumption. *Civil Engineering and Architecture*, 9(7). <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090735>
- Amen, M. A., Afara, A., & Nia, H. A. (2023). Exploring the Link between Street Layout Centrality and Walkability for Sustainable Tourism in Historical Urban Areas. *Urban Science*, 7(2), 67. <https://doi.org/10.3390/urbansci7020067>
- Barone, C. (2023). Beneath the City: Unearthing Naples' Archaeological Underground for New Urban Continuity. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), 189–207. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-133>
- Amen, M. A., & Nia, H. A. (2020). The effect of centrality values in urban gentrification development: A case study of erbil city. *Civil Engineering and Architecture*, 8(5), 916–928. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080519>
- Aziz Amen, M. (2022). The effects of buildings' physical characteristics on urban network centrality. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 101765. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101765>
- Auwalu, F. K., & Bello, M. (2023). Exploring the Contemporary Challenges of Urbanization and the Role of Sustainable Urban Development: A Study of Lagos City, Nigeria. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), 175–188. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-12>
- Gaha, I. S. (2023). Parametric Architectural Design for a New City Identity: Materials, Environments and New Applications. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 7(1), 122–138. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2023.v7n1-9>
- Babazadeh-Asbagh, N. (2018). The Adaptive Reuse of Cibali Tobacco Factory, Kadir Has University. *Tourism Graduate Students Research Congress*, 9, 203-210. Famagusta, North Cyprus. https://www.researchgate.net/publication/361417069_The_Adaptive_Reuse_of_Cibali_Tobacco_Factory_Kadir_Has_University
- Barrett, G. W., & Barrett, T. L. (2001). Cemeteries as repositories of natural and cultural diversity. *Conservation Biology*, 15(6), 1820-1824. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/3061286>
- Birkhofer, K., Diehl, E., Andersson, J., Ekroos, J., Früh-Müller, A., Machnikowski, F., Mader, V. L., Nilsson, L., Sasaki, K., & Rundlöf, M. (2015). Ecosystem services—current challenges and opportunities for ecological research. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2, 87. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fevo.2014.00087>
- Buchholz, S., Blick, T., Hannig, K., Kowarik, I., Lemke, A., Otte, V., Scharon, J., Schönhofer, A., Teige, T., & von der Lippe, M. (2016). Biological richness of a large urban cemetery in Berlin. Results of a multi-taxon approach. *Biodiversity Data Journal*(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3897%2FBDJ.4.e7057>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Eyileten, B., & Selim, S. (2023). Contribution of Urban Cemeteries to Ecosystem Services: Evidence from Touristic Antalya City of Turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 101-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-101-2023>
- Frascaroli, F., Bhagwat, S., Guarino, R., Chiarucci, A., & Schmid, B. (2016). Shrines in Central Italy conserve plant diversity and large trees. *Ambio*, 45, 468-479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13280-015-0738-5>
- Frélichová, J., Vačkář, D., Pártl, A., Loučková, B., Harmáčková, Z. V., & Lorencová, E. (2014). Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic. *Ecosystem Services*, 8, 110-117. [https://doi.org/Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic](https://doi.org/Integrated%20assessment%20of%20ecosystem%20services%20in%20the%20Czech%20Republic)
- Gao, H., Ouyang, Z., Chen, S., & Van Koppen, C. (2013). Role of culturally protected forests in biodiversity conservation in Southeast China. *Biodiversity and Conservation*, 22, 531-544. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-012-0427-7>
- Ghorbankhani, Z., Zarrabi, M. M., & Ghorbankhani, M. (2023). The significance and benefits of green infrastructures using I-Tree canopy software with a sustainable approach. *Environment, Development and Sustainability*, 1-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10668-023-03226-9>
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological economics*, 86, 235-245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Gomez-Baggethun, E., Gren, Å., Hamstead, Z., & Hansen, R. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43, 413-433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>

- Hepcan, Ç. C., & Hepcan, Ş. (2017). Ege Üniversitesi lojmanlar yerleşkesinin hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem servislerinin hesaplanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1), 113-120.
- Kjøller, C. P. (2012). Managing green spaces of the deceased: Characteristics and dynamics of Danish cemetery administrations. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(3), 339-348. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.02.002>
- Klingemann, H. (2022). Cemeteries in transformation—A Swiss community conflict study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 76, 127729. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127729>
- Kok, D. (2021). Tongerseweg memorial park unlocking the potentials of green urban cemeteries. Wageningen University. August, Landscape Architecture Group.
- Kowarik, I., Buchholz, S., von der Lippe, M., & Seitz, B. (2016). Biodiversity functions of urban cemeteries: Evidence from one of the largest Jewish cemeteries in Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 19, 68-78. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.023>
- Lindgren, B. W., McElrath, G., & Berry, D. A. (1966). *Introduction to probability and statistics*. Macmillan New York.
- Löki, V., Deák, B., Lukács, A. B., & Molnár, A. (2019). Biodiversity potential of burial places—a review on the flora and fauna of cemeteries and churchyards. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00614. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00614>
- Löki, V., Tökölyi, J., Süveges, K., Lovas-Kiss, A., Hürkan, K., Sramkó, G., & Molnar, A. (2015). The orchid flora of Turkish graveyards: a comprehensive field survey. *Willdenowia*, 45(2), 231-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.3372/wi.45.45209>
- Mathey, J., Rößler, S., Lehmann, I., & Bräuer, A. (2011). Urban green spaces: Potentials and constraints for urban adaptation to climate change. Resilient Cities: Cities and Adaptation to Climate Change—Proceedings of the Global Forum 2010,
- MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being Biodiversity Synthesis, Millennium Ecosystem Assessment* (Vol. 5). Island press Washington, DC.
- Nielsen, A. B., Van Den Bosch, M., Maruthaveeran, S., & van den Bosch, C. K. (2014). Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban ecosystems*, 17, 305-327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11252-013-0316-1>
- Nordh, H., & Swensen, G. (2018). Introduction to the special feature “The role of cemeteries as green urban spaces”. *Urban For. Urban Green*. 33, 56–57. In.
- Okumus, D. E., & Terzi, F. (2023). Ice floes in urban furnace: Cooling services of cemeteries in regulating the thermal environment of Istanbul's urban landscape. *Urban Climate*, 49, 101549. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101549>
- Pinto, L. V., Inacio, M., Ferreira, C. S. S., Ferreira, A. D., & Pereira, P. (2022). Ecosystem services and well-being dimensions related to urban green spaces—A systematic review. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104072. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104072>
- Poli, G., Zizzania, P., Vannelli, G., & D'Agostino, A. (2023). Exploring Transformative Potentials of Urban Cemeteries Through an Evolutionary Evaluation Approach: The Case Study of “Poggioreale” in Naples (Italy). International Conference on Computational Science and Its Applications,
- Quinton, J. M., & Duinker, P. N. (2019). Beyond burial: Researching and managing cemeteries as urban green spaces, with examples from Canada. *Environmental reviews*, 27(2), 252-262. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/er-2018-0060>
- Saeumel, I., Butenschoen, S., & Kreibitz, N. (2023). Gardens of life: Multifunctional and ecosystem services of urban cemeteries in Central Europe and beyond—Historical, structural, planning, nature and heritage conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1077565. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1077565>
- Sallay, Á., Mikházi, Z., Geceşné Tar, I., & Takács, K. (2022). Cemeteries as a part of green infrastructure and tourism. *Sustainability*, 14(5), 2918. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14052918>
- Sallay, Á., Tar, I. G., Mikházi, Z., Takács, K., Furlan, C., & Krippner, U. (2023). The Role of Urban Cemeteries in Ecosystem Services and Habitat Protection. *Plants*, 12(6), 1269. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12061269>
- Şahin Körmeçli, P. (2023). Kent parklarının hava kalitesini iyileştirme üzerine etkisinin değerlendirilmesi: Ankara Altınpark Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2), 23-30. <https://doi.org/https://doi.org/10.17474/artvinofd.1295845>
- Şahin Körmeçli, P., & Seçkin Gündoğan, G. (2024). Assessment of vegetation change using NDVI, LST, and carbon analyses in Çankırı Karatekin University, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10661-024-12465-w>
- Tinz, S. (2021). *Der Friedhof lebt!: Orte für Artenvielfalt, Naturschutz und Begegnung*. pala Verlag.

- Tülek, B. (2022). Measuring regulating ecosystem services for the impacts of global climate change and air quality service in Wageningen case area. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7(1), 79-83. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22161/ijeab>
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., & De Vries, S. (2005). Benefits and uses of urban forests and trees. *Urban forests and trees: A reference book*, 81-114.
- USDA. (2021). *Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.
- Üstün Topal, T., & Demirel, Ö. (2023). Measuring Air Quality Impacts Of Green Areas And Ecosystem Services (Ess) Using Web-Based I-Tree Canopy Tool: A Case Study In Istanbul. *Turkish Journal of Forest Science*, 7(2), 253-266. <https://doi.org/https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1341656>
- Vargas-Hernández, J. G., Pallagst, K., & Zdunek-Wielgońska, J. (2023). Urban green spaces as a component of an ecosystem. In *Sustainable Development and Environmental Stewardship: Global Initiatives Towards Engaged Sustainability* (pp. 165-198). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-28885-2_8