



İstanbul Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi

Tuğsem Sönmez¹, Bilal Çetin^{1*}

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliđi Bölümü, Düzce

MAKALE KÜNYESİ

Received: 08/08/2024

Accepted : 25/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1530115>

*Corresponding author:

bilalçetin@duzce.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Amaçlar Ormanlar, iklim değişikliğinin birçok olumsuz etkisinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ormanların sunduğu en önemli katkıların başında bitki örtüsünde ve toprakta karbonu depolamaları ve atmosferdeki karbon dengesini düzenlemeleri gelmektedir. Kentler, insan faaliyetlerinin en fazla olduğu yerlerden biri olarak kabul edilmekte ve kentlerde, iklim değişikliği etkileri de daha fazla

hissedilmektedir. Bu nedenle kentlerdeki bitkilendirme çalışmalarında, bitkilerden beklenen ekolojik, estetik vb. işlevleri yanında iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini iyileştiren özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gerekir.

Yöntemler Bu çalışmada İstanbul Özgürlük Parkı'nda bulunan 202 adet ağacın gövde boyu, gövde dip çapı, gövde uç çapı, ağaç ta genişliği, gövde göğüs çapı ölçümleri yapılmıştır. Bu bireylerden yaprak, dal, gövde ve kabuk örnekleri alınarak gerekli ölçüm ve tartım işlemlerinden elde edilen verileri ile toprak üstü biyokütle ve karbon depolama kapasitesi KARBİYOSİS programı ile hesaplanmıştır.

Bulgular Özgürlük Parkı'ndaki bu ağaçların toplam biyokütle miktarı 35,50 ton ve toplam karbon tutma miktarı ise 16,71 ton olarak hesaplanmıştır. Gövde 22,05 ton biyokütle ve 10,47 karbon tutma ile ilk sırayı alırken, daha sonra dal, yaprak ve gövde kabuğu sıralanmıştır. Parkta 56 adet ile en fazla bulunan *Pinus pinea* 11,46 ton biyokütle ve 5,57 ton karbon tutmuştur.

Sonuçlar Park ve bahçelerdeki bitkilendirme çalışmalarındaki tür seçiminde türün ekolojik, estetik, vb. fonksiyonları yanında karbon tutma gibi hususların da dikkate alınması gerekir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, İstanbul, karbon tutma, kent ağaçları, park

Araştırma Makalesi

Determining the biomass and carbon storage capacity of trees in Istanbul Freedom Park

ABSTRACT

Background and aims Forests play an important role in mitigating many of the negative impacts of climate change. One of the most important contributions of forests is that they store carbon in vegetation and soil and regulate the carbon balance in the atmosphere. Cities are considered to be one of the places with the highest number of human activities and the impacts of climate change are felt more in cities. For this reason, it is necessary to take into account the ecological, aesthetic, etc. functions expected from plants as well as their properties that improve the negative effects of climate change in planting studies in cities.

Methods In this study, trunk height, trunk base diameter, trunk tip diameter, tree crown width and trunk breast diameter of 202 trees in Istanbul Freedom Park were measured. Leaf, branch, trunk and bark samples were taken from these individuals and the above-ground biomass and carbon storage capacity were calculated with the CARBIOSYS program with the data obtained from the necessary measurement and weighing processes.

Results The total biomass of these trees in Liberty Park was calculated as 35.50 tons and the total carbon sequestration was calculated as 16.71 tons. The trunk ranked first with 22.05 tons of biomass and 10.47 tons of carbon sequestration, followed by branches, leaves and bark. *Pinus pinea*, which was the most abundant plant in the park with 56 units, sequestered 11.46 tons of biomass and 5.57 tons of carbon.

Conclusions In the selection of species for planting in parks and gardens, ecological, aesthetic, etc. functions of the species as well as carbon sequestration should be taken into consideration.

Key Words: Climate change, Istanbul, carbon storage, urban trees, parks

Citing this article:

Sönmez, T., Çetin, B., 2024. İstanbul Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 49-56.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Dünya nüfusu giderek artmakta ve bunun sonucu olarak da tüketim talepleri, fosil yakıt kullanımları, sanayileşme, kentleşme ve küreselleşme yaşadığımız çevreyi ve tüm dünyayı olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların en çok hissedildiği yerler de nüfusun büyük çoğunluğunun bulunduğu kentlerdir. Nüfusun bu alanlarda toplanma nedenleri ise pek çok farklı gereksinimler, talep ve kişisel istekler ya da daha az çaba ile ulaşılabilir imkânlarla sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmalar, kentlerde bu yoğunluğun artmaya devam edeceğini göstermekte ve bu yoğunluklar da genellikle doğal çevreye zararlı olmaktadır. Bu olumsuzlukların başında kentlerdeki ormanların ve yeşil alanların yok edilmesi ve azalması gelmektedir. Oysaki bu yeşil alanlar ve ağaçlar kente ve insanına pek çok yönden olumlu katkılar yapmakta, aynı zamanda kentin doğaya açılan pencereleri görevini almaktadırlar (Gül ve ark., 2012). Yeşil alanlar insanların en çok tercih ettiği ve ihtiyaç duyduğu yerlerin başında gelmektedir. Çünkü bu alanlar ve ağaçlar doğal hayatın destek sistemini oluşturmada (Kuchelmeister, 2000), kentsel yaşamın sürdürülebilir olmasında da oldukça etkin roller üstlenmektedirler. Yeşil alanlar; insanlara sosyo-kültürel, estetik ve süsleyici, psikolojik, ekolojik, hijyenik ve işlevsel çok yönlü yararlar sağlarlar (Dirik, 2014). Bunun yanı sıra, günümüzde artan kirlilik, ısı adası etkisi, gürültü, iklim değişikliği vb. gibi pek çok sorunun olumsuz etkilerini azaltmak ve mücadele etmede etkin rol oynamaktadırlar (Gezer ve Gül, 2009; Tuğluer ve Çakır, 2019).

İnsanın aşırı ve bilinçsiz faaliyetleri sonucunda doğa birçok yönden olumsuz etkilenmektedir. Bunlardan biri de atmosfere salınan sera gazları nedeniyle yeryüzü sıcaklığının artması ve küresel ısınmaya neden olmasıdır (Görçelioğlu, 2000). İnsanların neden olduğu bu küresel ısınmanın, tüm canlılar ve cansız çevre için potansiyel tehlikeler içerdiği düşünülmektedir (Hertsgaard, 2001; Kadioğlu, 2001). Kentleşme faaliyetleri ile birlikte yapılaşmanın artması ve yeşil alanların azalması, yetersizliği veya olumsuz etkilenmesi sonucu kent merkezlerinin atmosfere artan CO₂ salınımı kentsel ısı adası etkisine yol açmaktadır. Özellikle CO₂ salınımının giderek normal seviyelerin üstüne çıkması, sera etkisinin kritik seviyelere gelmesine neden olmaktadır (Özdemir ve ark., 2020). Kent ağaçları karbon depolama özelliği ile salınan karbonun azaltılmasında önemli bir rol üstlenmektedirler (Gezer ve Gül, 2009; Gül ve ark., 2018). Ağaçlar, fotosentez yaparlar ve fotosentez yoluyla karbonu depolarlar. Depolamış oldukları karbon ile biyokütle oluştururlar. Bu sayede hava kalitesini artırma, mikroiklim oluşturma, ısı adası etkisini azaltma, karbon yutağı görevi yapma vb. çok yönlü ekolojik hizmetleri vardır. Yapılan araştırmalara göre, kent ağaçlarının karbon depolama yeteneklerinin kırsal alandakilere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla ağaç başına daha fazla CO₂ tutarlar (Jo and McPherson, 1995; Dearborn and Kark, 2009). Yapılan bir araştırmada; 6 milyon ağacın yaklaşık olarak 304.000 ton atmosferik karbondioksit, 12.000 ton ozon ve 9.000 ton partikül madde tuttuğu ortaya konulmuştur (McPherson, 2003). Başka bir araştırmaya göre ise; New York kentindeki ağaçların depoladığı her 1,2 milyon ton karbonun, yaklaşık 10 gün içinde New York popülasyonunun ürettiği karbon emisyonuna eşit olduğu tahmin edilmektedir (Nowak and Crane, 2002).

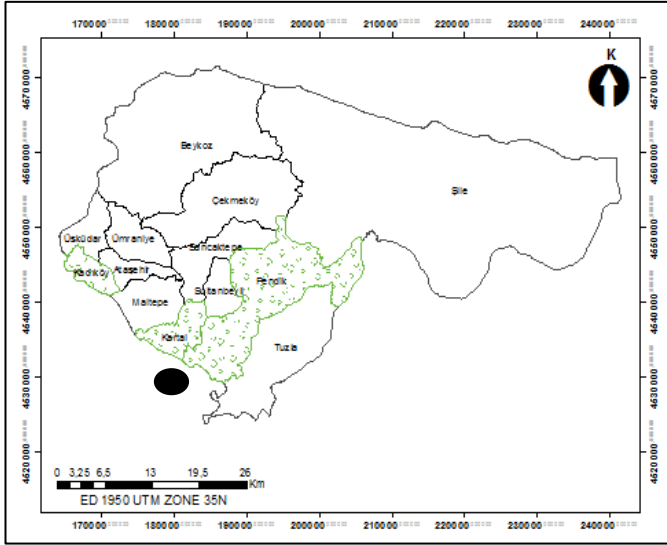
İklim değişikliğinin nedenlerinden biri de plansızca büyüyen kentlerdir. Bu değişimi en çok hissedecek alanlardan biri de bu yerlerdir. Kentlerdeki ağaçlar bu olumsuzlukları gidermede önemli roller üstlenebilmektedir. Bu alanlarda kullanılan ağaçların ekolojik işlevlerinin (karbon depolama, yutak oluşturma vb.) bilinmesi ve belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle envanter çalışmaları ile bu alanların potansiyelleri belirlenmelidir. Bu sayede çeşitli yöntemler ile karbon depolama tahminleri yapılabilecek ve sayısal olarak ortaya konabilecektir (Dash et al., 2022). Uluslararası çapta kentlerdeki ağaçların (park) biyokütle ve karbon tutma hesaplamaları ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Strohbach and Haase, 2012; Pregitzer., 2022; Steenberg et al., 2023; Vonderach and Akontz, 2023). Ancak Türkiye’de kent ve parklardaki ağaçlarla biyokütle ve karbon depolama ile ilgili çalışmalar halen sınırlıdır. (Tuğluer, 2019; Gül ve ark., 2021). Bu amaçla çalışmada kent ağaçlarının toprak üstü bileşenlerinin biyokütle ve karbon tutma miktarlarının hesaplanabilmesi için KARBİYOSİS (Karbon Depolama ve Biyokütle Hesaplama Sistemi) (Tuğluer, 2019) programı kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul Özgürlük Parkı’ndaki ağaç türleri, yaş sınıfı ve yaprak tipine (ibrelili ve yapraklı) göre tüm değerlendirmeler yapılmış olup; biyokütle ve karbon depolama kapasiteleri ortaya konulmuştur. Laboratuvar ortamı gerekmeden, yalnızca saha çalışmasından elde edilen verilerin, şu an için program geliştiricisi tarafından sisteme girişi ile birlikte parktaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Bunun yanında karbon depolama kapasitesi yüksek ve kentin ekolojisine uygun ve iklim değişikliğine ayak uydurabilecek ağaç türlerinin bakımı, varlığının sürdürülmesi ve kentlerdeki yeni bitkilendirmelerde nelere dikkat edilmesi ve hangi türlere öncelik verilmesi konusunda bilgiler sunması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışma alanı olarak İstanbul’un Anadolu Yakası’nda bulunan Kartal ilçesi ve Kartal Bölge Şefliği içerisindeki Özgürlük Parkı belirlenmiştir. Özgürlük Parkı konum itibarı ile kentsel hareketliliğin yüksek, trafik ve yaya akışının yoğun olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Park alanı 58.484,5 m² olup, içerisinde bisiklet yolu, çocuk oyun alanı, futbol sahası, basketbol sahası, ticari bir işletme, yürüyüş ve oturma alanları da bulunmaktadır (Şekil 1).

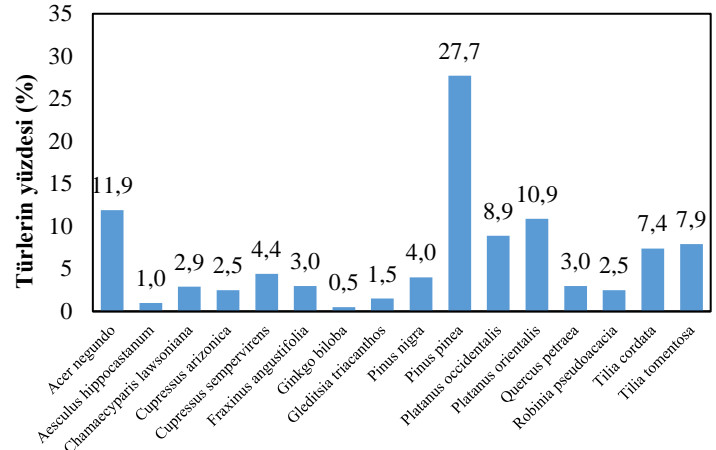
Parktaki ağaçların biyokütle ve karbon depolama miktarını belirlemek için gerekli tüm ölçüm ve çalışma süreci için İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Müdürlüğü ile resmi yazışmalar yapılarak, çalışma izni alınmış ve arazi çalışması başlamıştır. Çalışma kapsamındaki her bir ağacın konumu, parka ait pafta üzerinde işaretlenmiş, numaralandırılmış ve tür adları yazılmıştır. Gövde göğüs çapı 8 cm’den küçük olan ağaç, ağaççık, çalı ve meyve ağaçlarının hiçbirisi çalışmaya dahil edilmemiştir. Ağaçların gövde boyu, gövde göğüs çapı, taç genişliği vb. ölçülebilir tüm bileşenler belirlenmiş ve değerlendirmeler bu yönde yapılmıştır.



Şekil 1. İstanbul ili Anadolu Yakası, Kartal Bölge Şefliği, Özgürlük Parkı (Mypacer, 2024)

Özgürlük Parkı'ndaki envanter çalışmasına göre 202 adet ağaç araştırmaya dahil edilmiştir. Bu ağaçlar, 5 adet iğne yapraklı ve 11 adet geniş yapraklı olmak üzere toplam 16 türden oluşmaktadır. Bu türler *Acer negundo* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl., *Cupressus arizonica*, Greene, *Cupressus sempervirens* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl., *Ginkgo biloba* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Pinus nigra* J. F. Arnold, *Pinus pinea* L., *Platanus occidentalis* L., *Platanus orientalis* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia cordata*

Mill., *Tilia tomentosa* (Moench.) bireylerinden oluşmaktadır. Türlerin % dağılımı Şekil 2'de grafik halinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç türlerinin yüzde (%) dağılımı

2.2 Yöntem

2.2.1 Kent ağaçlarında biyokütle ve karbon depolamanın hesaplanması (KARBİYOSİS)

Biyokütle, ağaçların toprak altı ve toprak üstü olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Toprak üstü biyokütle, gövde, dallar, yapraklar ve kabuktan oluşurken, toprak altı biyokütle ise ağacın köklerini içermektedir (Alemdağ, 1981; Ashton et al., 2010). Saha çalışması ile parktaki ağaçların toprak üstü ölçümleri yapılmış, bileşenlerinden (yaprak, dal, gövde ve kabuk) numuneler alınarak elde edilen veriler, ağaç envanter bilgi formuna kaydedilmiştir.

KARBİYOSİS programının bireysel envanter yapılması koşuluyla, tüm alandaki ağaçlar için uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Programa girilmek üzere kullanılan ağaç envanter bilgi formunda ise aşağıdaki şu başlıklar bulunmaktadır:

Latince tür adı: Envanter çalışması yapılan ağaçlara ait Latince isimlerin bulunduğu bölümdür. Latince tür adı çalışmanın ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere gereklidir.

Yaprak tipi: Geniş yapraklı türler için "1" kodu, iğne yapraklı türler için ise "2" kodu envanter formuna girilmektedir.

Tepe taç genişliği: Ağaçların taç genişliğini ifade eden bölümdür. Bu bölümde ağaçların taçlanma durumuna göre bir ya da birden fazla noktadan taç genişliği ölçülmüştür.

Gövde boyu (cm): Geniş yapraklı türlerde dallanma gövdeden ayrılarak başlıyor ise gövde boyu taban ile dallanmanın yani ağaç tacının başladığı nokta arası olarak belirlenmiştir. Dallanmanın gövde üzerinde olduğu özellikle iğne yapraklı türlerde ise gövde boyu tabanla gövdenin en uç kısmı olan nokta arası olarak belirlenmiştir. Ancak gövde boyu eğik ya da kıvrımlı yapıda olan ağaçlar için gövdenin yerden yüksekliği değil, gövde yüzeyinden eğrilik durumuna göre ölçülerek gövde yüksekliği belirlenmiştir.

Gövde dip çapı (cm): Gövdenin en alt kısmından ölçülen çap genişliğini ifade etmektedir. Bazı ağaçlarda gövdenin toprakla bulunduğu alt tabanında yüzeyde köklenme, şişkinlikler olabilmektedir. Bu durumda ölçüm, köklenmenin ve

şişkinliklerin bittiği toprağa en yakın ağaç gövdesinin başladığı yerden yapılmıştır.

Gövde uç çapı (cm): Gövdenin en üst kısmının çapını belirtmektedir. Ağaç gövde tiplerine göre gövdenin en uç kısmından ölçüm yapılmak suretiyle gövde üst çapı belirlenmektedir.

Kabuk kalınlığı (cm): Ağaç kabuk kalınlığı belirlenirken ağacın çeşitli noktalarından ve her bir ağaçtan en az 3 farklı yerden olacak şekilde bir kabuk ölçer yardımıyla tespit edilmiştir. Bu aşamada kalınlıkları ölçüldükten sonra ortalaması alınarak o ağaca ait kabuk kalınlığı belirlenmiştir.

Örnek alınan dal yüzdesi (%): Ağaçların dallanma yapısına örnek teşkil edecek şekilde en az 3 noktadan dal sayma yöntemi ile ağaç dalı örneği alınmıştır. Alınan örneklerin ağaçtaki dallanma sayısına göre yüzde oranı tahmin edilmiş, daha sonra yapraklarından sıyrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Örnek alınan dal ağırlığı (g): Bu bölüm alınan dal örneklerinin yaprakları sıyrılarak tartılmasıyla elde edilen yaş ağırlığını belirten bölümdür.

Örnek alınan yaprak yüzdesi (%): Bu bölümde ağaçların yapraklı dallarından ağaç üzerinde örnek teşkil edecek en az 3 noktadan yapraklı ağaç dalı örneği alınmıştır. Alınan örneklerin ağaçtaki dallanma sayısına göre dal üzerindeki yaprak yüzde oranı tahmin edilmiş daha bu yapraklar dallardan sıyrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Örnek alınan yaprak ağırlığı (g): Alınan yapraklı dal örneğinin yaprakların daldan sıyrılarak tartılmasıyla elde edilen yaş ağırlığını belirten bölümdür.

Ağaç taç genişliği (m): Ağaçların toprak yüzeyini kaplayan taç genişliğinin ölçülmesini ifade etmektedir.

Gövde göğüs çapı (cm): Ağaçların 1,30 m yüksekliğinden ölçülen gövde göğüs çap genişliğini ifade etmektedir.

Formdaki veriler, programın geliştiricisi (Tuğluer, 2019) tarafından karbon depolama ve biyokütle verileri sistemine (KARBİYOSİS) girilmiş ve hesaplanmıştır.

3. Bulgular

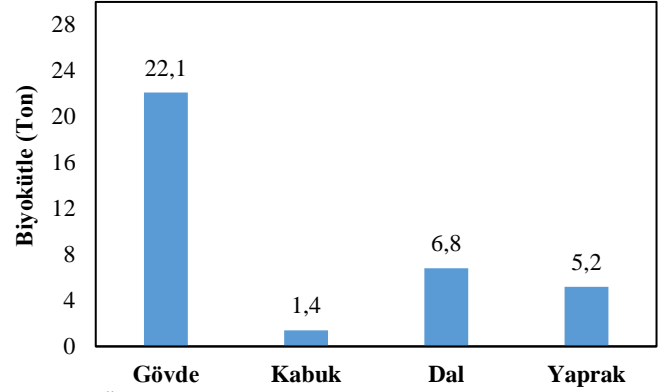
3.1 Ağaç envanter verileri

Çalışma alanı Özgürlük Parkı'nda 119 adet geniş yapraklı ve 83 iğne yapraklı ağaçta ölçüm yapılmıştır. Bu ağaçların tepe tacı genişliği en az 1,5 m ve en fazla 8 m olarak ölçülmüştür. Parktaki ağaçların gövde boyu 1,5 m ile 12 m, gövde göğüs çapı 11 cm ile 67 cm arasında, ağaçların gövde uç çapı 4 cm ile 35 cm arasında ve ağaçların kabuk kalınlığı ise 0,15 cm ile 2,1 cm arasında dağılım göstermiştir. Özgürlük Parkı'ndaki ağaçlardan alınan dal ve yaprak örneklerinin yüzdesinin %0,5 ile %7, dal ağırlığının 212 g ile 5695 g, yaprak ağırlığının ise 200 g ile 4700 g arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

3.2 Ağaçların toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı

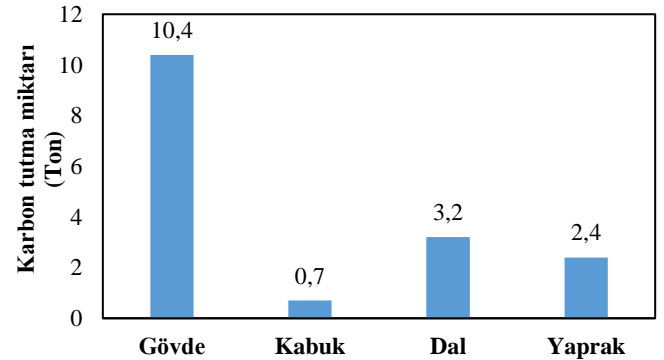
Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların hem toplam hem de ayrı ayrı bileşenlerine (gövde, gövde kabuğu, dal ve yaprak) ait biyokütle ve karbon tutma miktarları KARBİYOSİS programı ile

hesaplanmıştır. Elde edilen sonuç raporunda veriler gram cinsinden olup daha sonra tona çevrilmiştir. Buna göre; ağaçların gövde biyokütlesi 22,1 ton, gövde kabuğu biyokütlesi 1,4 ton, dal biyokütlesi 6,8 ton ve yaprak biyokütlesi 5,2 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç bileşenlerinin biyokütle dağılımı

Karbon tutma miktarlarına bakıldığında; ağaçların gövde biyokütlesinde 10,4 ton karbon, gövde kabuğunda 0,7 ton, dalda 3,2 ton ve yapraklarda 2,4 ton karbon tutabileceği hesaplanmıştır (Şekil 4).



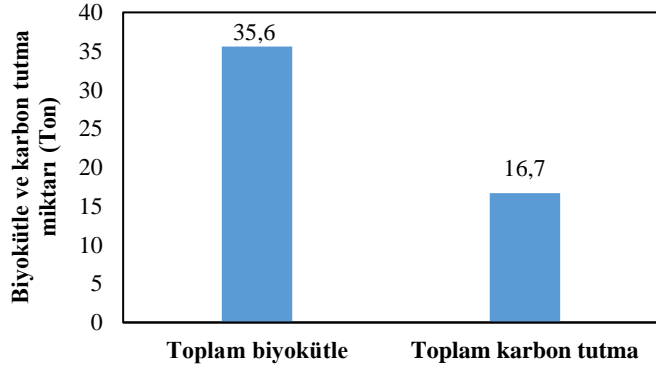
Şekil 4. Özgürlük Parkı'ndaki ağaç bileşenlerinin karbon tutma miktarı dağılımı

Tür bazında ele alındığında parkta 56 adet ile en fazla bulunan *Pinus pinea* 11,46 ton, *Acer negundo* 24 adet ile 4,39 ton ve 22 adet *Platanus orientalis* ise 6,16 ton biyokütleyle sahiptir ve bu üç tür, toplam biyokütle miktarının %56,9'unu oluşturmaktadır. Karbon tutma kapasiteleri değerlendirildiğinde ise *Pinus pinea* 5,57 ton, *Acer negundo* 2,02 ton ve *Platanus orientalis*'in 2,84 ton karbon tutabileceği hesaplanmıştır. Bu miktar da toplam miktarın %50,5'ine karşılık gelmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Özgürlük Parkı'nda en fazla bulunan 3 türe ait toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı (KTM)

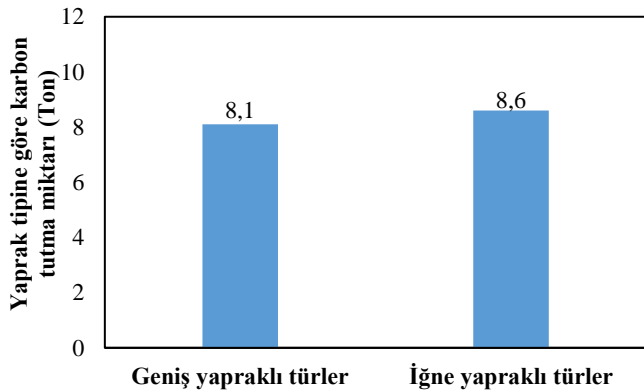
Tür Adı	Adet	Yüzde (%)	Gövde Biyokütlesi (Ton)	Gövde Kabuğu Biyokütlesi (Ton)	Dal Biyokütlesi (Ton)	Yaprak Biyokütlesi (Ton)	Toplam Biyokütle (Ton)	Gövde KTM (Ton)	Gövde Kabuğu KTM (Ton)	Dal KTM (Ton)	Yaprak KTM (Ton)	Toplam KTM (Ton)
<i>Pinus pinea</i>	56	27,7	4,51	0,57	3,24	3,14	11,46	2,28	0,29	1,54	1,46	5,57
<i>Acer negundo</i>	24	11,9	3,48	0,23	0,45	0,23	4,39	1,63	0,1	0,2	0,09	2,02
<i>Platanus orientalis</i>	22	10,9	4,75	0,15	0,85	0,41	6,16	2,2	0,07	0,39	0,18	2,84

Özgürlük Parkı'ndaki 202 adet ağacın toplam biyokütle miktarı 35,6 ton ve toplam karbon tutma miktarı ise 16,7 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 5).

**Şekil 5.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların toplam biyokütle ve karbon tutma miktarı

3.3 Ağaçların yaprak tipine göre toplam karbon tutma miktarı

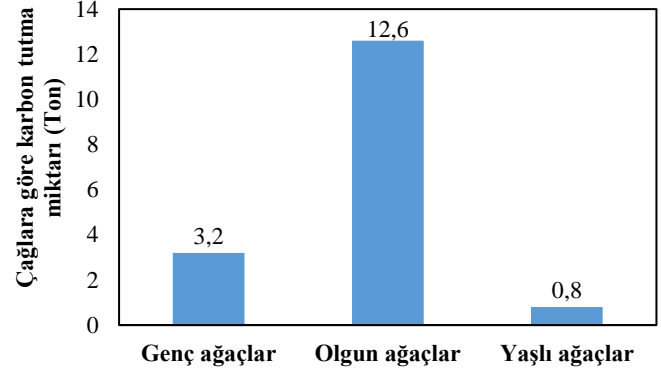
Ağaçların yaprak tipinin geniş yapraklı ve iğne yapraklı oluşuna göre toplam karbon tutma miktarları hesaplanmıştır. Özgürlük Parkı'nda geniş yapraklı ağaç sayısı 119 adet, iğne yapraklı ağaç sayısı ise 89 adettir. Geniş yapraklı ağaçların toplam karbon tutma miktarı 8,1 ton, iğne yapraklı ağaçların toplam karbon tutma miktarı ise 8,6 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).

**Şekil 6.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların yaprak tipine göre toplam karbon tutma miktarı

3.4 Ağaçların yaş sınıfına göre karbon tutma miktarı

Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların, artım burgusu yardımı ile yaş tespiti yapılmış olup, bir sınıflandırma oluşturulmuştur. Ağaçların genç, olgun ve yaşlı olarak sınıflandırılması artım burgusu yardımıyla belirlenen yaş tespitlerine göre yapılmıştır. Buna göre, parkta çalışmaya dahil olan; 89 adet genç ağaç, 110

adet olgun ağaç ve 3 adet yaşlı ağaç bulunmaktadır. Bu sınıflandırmanın %44,1'ini oluşturan genç ağaçlar 3,2 ton, %54,4'ünü oluşturan olgun ağaçlar 12,6 ton ve %1,5'ini oluşturan yaşlı ağaçlar 0,8 ton karbon tutmaktadır (Şekil 7).

**Şekil 7.** Özgürlük Parkı'ndaki ağaçların yaş sınıfına göre toplam karbon tutma miktarı

4. Tartışma

Bu çalışmada ağaçların biyokütle ve karbon tutma miktarları yeni geliştirilen bir program olan KARBİYOSİS ile hesaplanmıştır. Program sayesinde ağaçların yaşamsal süreçlerine herhangi bir zarar verilmeden ve hasar bırakılmadan, tüm verilerin temini sağlanmış ve program geliştiricisi tarafından sunulan envanter bilgi formuna işlenmiştir. Saarinen et al., (2014) tarafından yapılan araştırmalar ağaç envanter çalışmasının, ağaçların kente sunduğu katkılar açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle öncelikli olarak yapılan bir envanter çalışması; ağaçların tür çeşitliliği, yaş grupları dağılımı ve genel sağlık durumlarının değerlendirilmesi açısından durumu ortaya koyabilmek adına gereklidir. Ancak bu aşamanın alanında uzman kişiler tarafından özenle yapılması önemlidir. Böylece diğer aşamalara geçildiğinde olası bir hata payı da en aza düşecektir. Nowak and Crane (2000) tarafından geliştirilen bir model olan UFORE (Kent Ormanı Etkileri Modeli) ile benzer bir hesaplama yapılabilmektedir. Ancak bu hesaplamalar ABD (Amerika Birleşik Devletleri) Orman Birimi tarafından araştırmacılara iletilmekte ve bu da bir süreç gerektirmektedir. Ayrıca UFORE modeli birtakım parametreler yardımıyla ağaçların yalnızca yaprak biyokütlesi ve karbon depolama miktarı tahminlerine ulaşmaktadır. Kırteke ve Oğuz (2022) ise ArcGIS online ile web tabanlı olarak oluşturdukları bir ağaç bilgi sistemi sayesinde, bir bulvardaki tüm bitkilerin toplam 8020 kg yıllık karbon tuttuğunu hesaplamıştır. Çalışma kapsamındaki karbon tutma formülü sadece yol kenarlarında, bahçelerde ve parklarda dikilen bireysel ağaçlardaki karbon tutma oranının hesaplanması için geliştirilmiştir. Tuğluer (2019) tarafından geliştirilen KARBİYOSİS programı ise envanter bilgi formuna işlenmiş verilerin sisteme girilmesi ile birlikte

ağacın toprak üstü tüm bileşenlerine ait hesaplamaları bir rapor halinde kullanıcılara sunmaktadır.

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki biyokütle ve karbon depolama tahminlerine yönelik, laboratuvar ortamı gerekmezsin yalnızca araziden alınan verilerin doğrudan bilgisayar ortamına aktarılarak hesaplamaların yapılabilirdiği bir sistem yetersizliği vardır. Bu program, laboratuvar imkanı kısıtlı olan ya da hiç olmayan kullanıcılar için işleyişi kolaylaştırmakta, zaman kazandırmaktadır. Tuğluer (2019) tarafından KARBİYOSİS programının toprak üstü biyokütle ve karbon depolama hesaplamaları yapabilen tek program olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle program, bu çalışmanın amacına uygunluk sağlamıştır.

Özgürlük Parkı'ndaki 202 adet ağacın biyokütle miktarı 35,5 ton, toplam karbon tutma miktarı ise 16,7 ton olarak hesaplanmıştır. Parkta en fazla bulunan 3 türe ait ağaçların toplam biyokütle miktarının 22,01 ton, toplam karbon tutma miktarının ise 10,43 tondur. Ancak parktaki tür dağılımı incelendiğinde, türlerin sayıca dağılımı düzensizdir. Örneğin; *Ginkgo biloba* türüne ait 1 adet ağaç var iken, *Pinus pinea* türüne ait 56 adet ağaç bulunmaktadır. Bu nedenle farklı türler tarafından depolanan karbon miktarları arasında bir ilişki olup olmadığı incelenememiştir.

Bulgular, ağaç bileşenleri arasında en fazla karbonun sırasıyla gövde, dal, yaprak ve gövde kabuğunda tutulduğunu göstermektedir. Özellikle büyük boyutlu ağaçların, budama kusurları nedeniyle olması gerekenden daha küçük taç yapısı oluşturması, o ağacın karbon tutma kapasitesini azaltmakta ve işlevini olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizdeki park ve bahçelerde sıklıkla görülen ve kabak budama olarak da bilinen ağaç gövdesinin tüm dal ve sürgünlerinin kesilerek yok edilmesi ağaçların sağlıklarını tehlikeye sokmaktadır (Ata, 2015). Ayrıca park içi yaya yolu ve oturma alanlarının yakınındaki ağaçların alt dallarının kesilmesi ya da tek katlı yapı, duvar, vb. yerlere temas eden dalların zarar görmesi gibi faktörler de biyokütle miktarını azaltmakta ve karbon depolama miktarını yine olumsuz yönde etkilemektedir. Buradaki ve diğer kentlerimizdeki gözlemler, bilgi eksikliği ile yapılan ve doğru olmayan budama uygulamalarının, bir ağacın tutabildiği karbon miktarını önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmalar göstermiştir ki, bir ağacın biyokütle miktarındaki artış, o ağacın tutabildiği karbon miktarını da arttırmaktadır. Bu da bir ağacın ilerleyen yaşına bağlı olarak artan gövde, dal, yaprak ve taç yapısının iyi bir gelişim göstermesi ile mümkün olmaktadır. Bu nitelikteki ağaçlar arttıkça ve mevcut ağaçlar korundukça çalışma amacına bağlı olarak fayda miktarının da artacağı söylenebilmektedir. Parkta bulunan ağaçların karbon tutma miktarını etkileyen önemli faktörlerden birisi de türlerin biyolojisidir. *Ginkgo biloba* ve *Pinus pinea* gibi türlerde sağlık sorunu bulunmuyorsa form budaması gibi işlemler yapılmaz. Dolayısıyla toprak üstü kısımlarında daha büyük biyokütle oluşturabilir. Ancak yine çalışma alanında bulunan *Platanus orientalis*, *Platanus occidentalis*, *Fraxinus angustifolia*, *Acer negundo* vb. türlerin hızlı büyümesi ve ilerleyen zamanlarda bulunduğu alanın yeterli olmaması, etraftaki yapılara zarar vermesi durumunda uzman olmayan kişiler tarafından budama yapılabilmektedir. Bu da direkt ağaçların biyokütlesini, dolayısıyla karbon tutma miktarını etkilemektedir. Nowak and McPherson (1993) kentsel alanlardaki ağaçların, doğrudan karbon absorpsiyonu ve fosil

yakıtlar tarafından üretilen karbondioksit miktarının azaltılarak, hava kalitesinin yükseltilmesine katkı sağladığını ortaya koymuştur. Nowak and Crane (2002) ABD'nin 10 kentinde yapılan arazi çalışmaları ve ulusal kent ormanları verilerinin değerlendirmesini yayınlamıştır. ABD'nde yer alan kent ormanlarının 14,3 milyon dolar değerinde 700 milyon ton karbonu depoladığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmada, ABD'nin kent ormanlarının ulusal karbon depolama ortalaması (25,1 ton C/ha) ile orman alanlarının ulusal karbon depolama ortalaması (53.5 tC/ha) karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kent ormanlarının en baskın sera gazı olan CO₂'nin azaltılmasında ciddi bir rol üstlendiği vurgulanmıştır. Pregitzer et al., (2022) New York kent ormanlarında karbon depolama ile ilgili yaptığı çalışmada New York'taki doğal ormanların ortalama 263 ton C ha⁻¹ depoladığını ve kentin ormanlık alanlarında 1860000 ton C depolandığını hesaplamışlardır. Bu ormanların yılda ortalama 7,4 ton C ha⁻¹ y⁻¹ toplam 44000 ton karbon tuttuğunu tespit etmişlerdir. Sonuçların kentsel ormanlık doğal alanların, doğal iklim çözümlerinde önemli bir rol oynadığını ve kentlerin iklim ayak izini azaltmayı amaçlayan kentsel yeşillendirme politikalarının merkezinde yer alması gerektiğini belirtmişlerdir.

Özgürlük Parkı'nda yaş gruplarına göre yapılan sınıflandırmaya göre; 89 adet genç ağaç, 110 adet olgun ağaç ve 3 adet yaşlı ağaç bulunmaktadır. Bu sınıflandırmanın %44,1'ini oluşturan genç ağaçlar 3,2 ton, %54,4'ünü oluşturan olgun ağaçlar 12,6 ton ve %1,5'ini oluşturan yaşlı ağaçlar 0,8 ton karbon tutmaktadırlar. Çepel (1999) tarafından yapılan bir çalışmaya göre; 100 yaşında, iyi bir gelişim gösteren Kayın ağacının, fotosentez için 40 milyon m³ havayı yaprakları ile emerek, bu hava içinde yer alan 1200 m³ karbondioksit miktarını, 6 ton karbon olarak bağladığı belirtilmektedir. Ayrıca kentsel alanlarda atmosferdeki kirletici gazların, kırsal alanlara göre 5-25 kat, toz yoğunluğunun ise 10 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Harris et al., 2004). Jo and McPherson (1995); Nowak (1994) Chicago'da radyal gövde büyüme sürecinde yıllık karbon tutma kapasitesine yönelik yaptıkları bir araştırmada, genç yaşlarda gövdede yılda 16 kg karbon tutulurken, ilerleyen yaşlarda yılda 360 kg'a kadar çıkabildiğini belirtmişlerdir. Parktaki ağaçların yaş sınıfları göstermektedir ki; en fazla ağaç sayısının bulunduğu yaş sınıfını temsil eden olgun ağaçlar, aynı zamanda en fazla miktarda karbon tutma kapasitesine sahiptir. 110 adet olgun ağaç yaş sınıflandırmasının %54,4'ünü oluşturmaktadır ve bu ağaçlar 12,6 ton karbon tutma kapasitesine sahiptir. 89 adet genç ağaç ise yaş sınıflandırmasının %44,1'ini oluşturmaktadır ve yalnızca 3,2 ton karbon tutma kapasitesine ulaşabilmektedir. Bulgular, olgun ağaçların karbon tutma miktarının, genç ağaçlardan daha yüksek olduğunu sayısal verilerle ifade etmektedir. Durkaya ve Durkaya (2008) yapmış oldukları çalışmada bazı ağaç türlerine ait biyokütle tahminlerine ulaşmışlardır. Yapılan hesaplamalar sonucu ortalama 20 cm gövde göğüs çapı olan ağaç türlerinin gövde biyokütlesinin 50-100 kg arasında olduğu, taç biyokütlesinin ise 10-50 kg olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçlar itibarıyla bu çalışmadaki ortalama 20 cm gövde göğüs çapına sahip türlerin gövde biyokütlesinin (kabuk ve gövde) yaklaşık 50-70 kg aralığında, taç biyokütlesinin (dal-yaprak) ise 20-60 kg aralığında olduğu belirlenmiştir. Parktaki genç ağaçların sık aralıklarla dikildiği, yaşları ilerledikçe ulaşması beklenen taç genişliklerinin dikkate alınmadığı görülmüştür. Taç gelişimi için yeterli aralık ve alanın

birakılmamış olması, taç biyokütlesinin (dal-yaprak) az ve dolayısıyla potansiyel karbon tutma miktarının da olması gerekenden daha az olacağını göstermektedir.

Yaprak tipi ile ilgili yapılan değerlendirmelere göre; iğne yapraklı türlerin, her dem yeşil olması sebebiyle, karbon tutma miktarı açısından geniş yapraklı türlere göre daha fazla fayda sağlayabileceği söylenebilmektedir. Bu parkta bulunan 119 adet geniş yapraklı ağaç 8 ton karbon tutarken, 89 adet iğne yapraklı ağaç ise 8,6 ton karbon tutmaktadır. Ancak bu, tüm ağaçlandırma çalışmaları sırasında iğne yapraklı türlerin kullanılması gerektiği yaklaşımını desteklememektedir. Bir ağaçlandırma çalışması yapılırken, her zaman için tüm koşullar ve diğer unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, başarılı ve anlamlı sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır. Genel olarak iyi bir gövde göğüs çapına ulaşmış ağaçlara ihtiyaç duyulduğu söylenebilmektedir. Çünkü bir ağacın tüm toprak üstü bileşenleri arasında en fazla karbon tutma kabiliyeti gövde kısmında görülmektedir. Gövde göğüs çapı ne kadar artarsa, karbon tutma miktarı da o derece artış göstermektedir. Ayrıca yeterli taç yapısı (dal-yaprak) oluşturabilmiş ve bu özellikleri ile biyokütle miktarı fazla olan ağaçların, karbon tutma miktarını arttırdığı da çalışma sonuçlarına yansımaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

İklim değişikliğinin hissedilir derecede artan olumsuz etkileri ile mücadele edebilmek için kentsel alanların fayda kapasitesi ortaya çıkarılmalı ve mücadeleye dahil edilmelidir. Kent ağaçları, insanlara yalnızca psikolojik ya da estetik açıdan keyif veren, hoş kokuları, farklı formları ve renkleri ile mutlu hissettiren özelliklerden ibaret değildir. Elbette ki bunlar da önemlidir ancak hesaplanabilir tüm işlev ve değerleri ile bir bütün olarak değerlendirilmeleri bir gerekliliktir. Bilimsel araştırmalar, olgun ve yaşlı ağaçların kentsel alanlarda karbon depolama, yağışı yavaşlatma, gürültü önleme, kirliliği azaltma, gölgeleme ve serinletme gibi birçok katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma sonuçları da kent ağaçlarının karbon depolama kapasitelerini sayısal verilerle ortaya koymaktadır. Yürütülecek park yapım çalışmalarında, kent içi ağaçlandırma vb. çalışmalar için bu verilerin bir altlık oluşturması hedeflenmektedir. Sonuçlar, ağaçların karbon depolama kapasitesine etki eden en önemli faktörler arasında kent ağaçlarının yaşam süreleri olduğunu göstermektedir. Parktaki yaşlı ağaçlar en az ağaç sayısının bulunduğu yaş sınıfını temsil etmelerine rağmen, çok sayıda genç ağaçlardan daha fazla karbon tutma kapasitesine sahiptirler. Özellikle olgun ve yaşlı ağaç sınıfına dahil olan tüm ağaçların, yüksek karbon tutma miktarının korunması ve maksimum faydanın sağlanması için bakım-koruma çalışmalarının aksatılmaması önerilmektedir. Genç ağaç sınıfında bulunan tüm ağaçların ise olası küçük kusurlarına yapılan iyileştirici müdahaleler, potansiyel faydaları açısından önemlidir.

Envanter sürecinde sahadaki gözlemler, budama uygulamalarında bilgi yetersizliği olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, genel ağaç hacmini ve sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yetersiz dallanma yapısı oluşan ağaçların, dal ve yaprak biyokütlesi azalmakta, toplam karbon depolama miktarı ve fayda kapasitesi düşmektedir. Budama çalışmalarının bu konuda eğitimini almış, uzman kişilerce ve

teknikine uygun olarak yapılması önerilmektedir. Yeni dikimlerin yapılması elbette önemsenmelidir ancak yeni dikim yapılırken, mevcut olgun ve yaşlı ağaçlara zarar verilmemeli ve bakım çalışmaları ihmal edilmemelidir.

Kentsel alanlardaki parklar, iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına ve kentin savunmasız, kırılğan durumuna karşı güçlü niteliklere sahiptir. Ancak parkların, bu niteliklerinin gücünü yansıtabileceği şekilde kurgulanmış olması, sağlayacağı hizmetlerden alınan verimi de yükseltir. Bu yaklaşımla, kentsel alanlardaki ağaç varlığının korunması, en yüksek verimin sağlanacağı şekilde park sayısının artırılması önerilmektedir. Ancak burada da açıklandığı üzere, kentsel alanlardaki parklara yalnızca sayı ve büyüklük olarak bakmak doğru değildir. Kentlere amaçlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda tasarlanmış, en yüksek faydanın sağlanabileceği, iklim değişikliğine karşı dayanıklı, kent kimliğine, yetişme ortamı koşullarına uygun ve doğru ağaç türlerinin olduğu parklar ve yeşil alanlar kazandırılması önerilmektedir. Yalnızca bilimsel verilerin sunulması ve teknik yaklaşımlar tek başına yeterli olmamaktadır. Kent ağaçları yönetimi için stratejik çalışmalar yapmak, bunları eyleme dönüştürmek gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi'nin Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında 2021.02.02.1239 proje numarası ile desteklenmiştir. Teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kaynaklar

- Alemdağ, İ., 1980. Aboveground-mas equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Canada. Environmental Science. No. PI-X-6. 1981.
- Ashton, S., L. McDonell, L., Barnes, K., 2010. Wood biomass desk guide ve toolkit. United State of America. U.S. Department of Interior and the USDA Forest Service.
- Ata, C., 2015. Kent Ağaçlarında Bakım ve Koruma Sorunları. I. Ulusal Ankara Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Kongresi, Ankara, pp. 182-195.
- Çepel, N., 1999. Orman ve Biz. *Tema Yayını*, s. 118, İstanbul.
- Dearborn, D.C., Kark, A.S., 2009. Kentsel biyoçeşitliliğin korunması için motivasyon. *Conservation Biology*, 24(2), 432-440.
- Dash, S.A., Pradhan, A., Behera, N., 2022. Estimation of above-ground biomass and carbon stock of tree species in public parks of Bhubaneswar, Odisha. *Arboricultural Journal*, 44(2), 72-83.
- Dirik, H., 2014. Arborikültür (Kentsel Ağaç Kültürü), İ.Ü. Yayın No: 5200, Orman Fakültesi Yayın No: 509., s. 566, İstanbul.
- Durkaya, B., Durkaya A., 2008. Türkiye Toprak Üstü Tek Ağaç ve Meşcere Biyokütle Tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 1-10.
- Gezer, A., Gül, A., 2009. Kent Ormanlığı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No: 86, Isparta.
- Görcelioğlu, E., 2000. Sera gazları emisyonlarının azaltılmasında ve bu gazların atmosferden alınıp depolanmasında ormancılık sektörüne düşen görevler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50 (2), 35-50.

- Gül, A., Tuğluer, M., Akkuş, F.G., 2018. Kentsel Yol Ağaçları Envanteri ve Karbon Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 516-535.
- Gül, A., Topay, M., Örucü, Ö.K., 2012. CBS Yardımıyla Ağaç Envanteri Modelinin Oluşturulması. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak, pp. 1-9.
- Harris, R.W., Clark, J.R., Matheny, N.P., 2004. *Arboriculture. Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*. Pearson Education Inc., Upper Saddle River; New Jersey 07458 USA 578 p.
- Hertsgaard, M., 2001. Yeryüzü Gezini, Çevresel Geleceğimizin Peşinde Dünya Turu. TEMA Yayın No: 34, İstanbul.
- Jo, H.K., McPherson, E.G., 1995. Carbon Storage and Flux in Urban Residential Greenspace. *Journal of Environmental Management*, 45, 109-133.
- Kırteke, M., Oğuz, H., 2022. ArcGIS online ile web-tabanlı ağaç bilgi sisteminin geliştirilmesi: Turgut Özal Bulvarı-Malatya Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 286-309.
- Kuchelmeister, G., 2000. Trees for the urban millennium: urban forestry update. *UNASYLVA-FAO*, 49-55.
- Kadioğlu, M., 2001. Bildiğimiz Havaların Sonu. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Güncel Yayıncılık, No: 110, İstanbul.
- McPherson, E.G., 2003. Benefits of urban forest. *The Journal of The Society of Municipal Arborists*, 39, 12-23.
- Mypacer, 2024. Mypacer-parks. <https://www.mypacer.com/parks/139011/kartal-ozguruluk-parki-istanbul> (Erişim tarihi: 07.07.2024).
- Nowak, D.J., 1994. Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Chicago's Urban Forest, Chapter. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R. A., eds. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Forest Service, United States. Department of Agriculture, Chapter 6, 83-94.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., 2002. Carbon Storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116(3), 381-389.
- Nowak, D.J., McPherson, E.G., 1993. Quantifying the impact of trees: The Chicago Urban Forest Climate Project. *An International Journal of The Forestry and Food Endustries*, 44 (2), Unasylyva.
- Özdemir S., Özkan K., Mert A., 2020. Ekolojik Bakış Açısı ile İklim Değişimi Senaryoları, *Biological Diversity and Conservation*, December, 3(3), 361-371.
- Pregitzer, C.C., Hanna, C., Charlop-Powers, S., Bradford, M.A., 2022. Estimating carbon storage in urban forests of New York City. *Urban Ecosystems*, 25(2), 617-631.
- Saarinen, N., Vastaranta, M., Kankare, V., Tanhuanpaa, T., Holopainen, M., Hyppä, J., Hyypää, H., 2014. Urban Tree Attribute Update Using Multisource Single-Tree Inventory. *Forests*, 5 (5), 1032-1052.
- Steenberg, J.W., Ristow, M., Duinker, P.N., Lapointe-Elmrabti, L., MacDonald, J.D., Nowak, D.J., Samson, C., 2023. A national assessment of urban forest carbon storage and sequestration in Canada. *Carbon Balance and Management*, 18(1), 11.
- Strohbach, M.W., Haase, D., 2012. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and Urban Planning*, 104(1), 95-104.
- Tuğluer, M., 2019. Bazı Kent Ağaçlarının Biyokütle ve Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tuğluer, M., Çakır, M., 2019. UFORE Modelinin Kent Ekosistemine Hizmet Eden Bileşenlerinin İrdelenmesi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 4(2), 193-200.
- Vonderach, C., Akontz, A., 2023. Learning from forest trees: improving urban tree biomass functions. *Forests*, 14(7), 1473.