

Küresel iklim değişikliği bağlamında çim alanlarının karbon döngüsüne etkisi: İstanbul ili örneği

The effect of grass areas on the carbon cycle in the context of global climate change: the example of Istanbul province

İpek Müge ÖZGÜÇ SAKAR¹ , Nilüfer KART AKTAŞ^{1*} , Beyza Ece EMEKSİZ² , Simge ÖZKIRIM² 

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Sarıyer, İstanbul

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Avcılar, İstanbul

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1536425

Sorumlu yazar / Corresponding author

Nilüfer KART AKTAŞ

e-mail: niluferk@iuc.edu.tr

Geliş tarihi / Received

09.09.2024

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

16.09.2024

Kabul tarihi / Accepted

19.10.2024

Elektronik erişim / Online available

15.10.2024

Anahtar kelimeler:

Küresel iklim değişimi

Çim alan

Karbon döngüsü

Keywords:

Global climate change

Grass area

Carbon cycle

Özet

İklim değişikliği, küresel çapta en önemli çevresel sorunlardan biridir. Karbon dioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılması, bu sorunun çözümünde kilit rol oynamaktadır. Bitkiler, fotosentez yoluyla atmosferden karbon dioksit çekerek karbonu biyokütlelerinde ve toprakta depolarlar. Bu bağlamda, kentsel yeşil alanlar içerisinde büyük bir alana sahip çim alanlar da önemli bir karbon yutağı olarak değerlendirilebilir. Çim alanlar şehir sakinlerine huzur ve rahatlatma sağlamanın yanı sıra, çocukların güvenle oynayabileceği, insanların spor ve rekreasyon faaliyetlerinde bulunabileceği ve sosyal etkileşimlerin gerçekleşebileceği mekânlar olarak da önem taşır. Ancak bu alanlar kendilerinden beklenen estetik ve fonksiyonel faydaları en doğru şekilde verebilmesi için önemli bir bakım prosedürüne ihtiyacı vardır. Bu bakım sürecinde en yaygın uygulamalardan biri de biçme işlemidir. Bu makalede, çimlerin biçilmesi ile karbon açığa çıkması arasındaki ilişki incelenerek, İstanbul ili örneğinde değerlendirilmiştir. Çalışmada, öncelikle İstanbul'daki aktif ve pasif yeşil alanlardaki çim alanlarının miktarı ve bu alanların için mevcuttaki karbon depolama miktarları hesaplanarak, ideal koşulların sağlanması durumunda karbon depolama kapasitesi bulunmuştur. En son olarak çim biçilmesi sonucu sisteme karışan karbon miktarı elde edilmiştir. Bu sayede İstanbul ilindeki tüm çim alanlar için; ideal yıllık karbon tutma miktarı (9.306.66 kg/yıl), mevcut yıllık karbon tutma miktarı (5.640.40 kg/yıl) ve biçilen çimlerin sahadan uzaklaştırılması durumunda 1 ha alan için atmosfere karışan kayıp karbon miktarı (710 g/ha) olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, çim alanlarının doğru yönetildiğinde, karbon depolama ve mikro iklim düzenleme gibi önemli ekosistem hizmetleri sağlayabilir. Ancak, geleneksel bakım uygulamaları çevresel zararlara neden olabilir. Bu nedenle, çim alanlarının sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynar.

Abstract

Climate change is one of the most important environmental challenges globally. Reducing carbon dioxide (CO₂) emissions is key to solving this problem. Plants absorb carbon dioxide from the atmosphere through photosynthesis and store it in their biomass and soil. In this context, grass areas, which have a large area within urban green spaces, can also be considered as an important carbon sink. In addition to providing peace and relaxation to city dwellers, lawns are also important as places where children can play safely, people can engage in sports and recreational activities and social interactions can take place. However, these areas need an important maintenance procedure in order to provide the aesthetic and functional benefits expected from them in the most accurate way. One of the most common practices in this maintenance process is mowing. In this article, the relationship between grass mowing and carbon release is examined and evaluated in the case of Istanbul. In the study, firstly, the amount of grass areas in active and passive green areas in Istanbul and the amount of carbon storage for these areas were calculated and the carbon storage capacity was found in case of ideal conditions. Finally, the amount of carbon emitted into the system as a result of grass mowing was obtained. In this way, the ideal annual carbon sequestration amount (9.306.66 kg/year), the current annual carbon sequestration amount (5.640.40 kg/year) and the amount of carbon lost to the atmosphere for 1 ha area (710 g/ha) were found for all grass areas in Istanbul Province. In conclusion, when managed properly, grasslands can provide important ecosystem services such as carbon storage and microclimate regulation. However, conventional maintenance practices can cause environmental damage. Therefore, sustainable management of grasslands plays a critical role in combating climate change.

GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, çağımızın en büyük çevresel sorunlarından biridir ve pek çok faktörün sonucu olarak

ortaya çıkmaktadır. Türkeş (2008) iklim değişimini, "iklimin ortalama halinde uzun yıllar devam eden ve istatistiki olarak saptanması mümkün olan değişiklikler olarak" tanımlamıştır (Türkeş 2008a, 2008b). İklim

değişimine neden olan faktörler ise bilindiği üzere çok çeşitlidir. Özellikle kentsel alanlarda etkisi daha şiddetli olan iklim değişikliği ile mücadelede yeşil alanların artırılması ile hem kentteki hava kalitesi olumlu yönde değişmekte hem ısı adası etkisi azalmakta hem de canlılar için bir yaşam alanı oluşmaktadır. Murphy ve ark. (2011) ve Kuşçu Şimşek ve Şengezer (2012), çalışmalarında kentlerde bitki ile kaplı alanların kent iklimini 4 °C civarında düşürdüğünü belirtmişlerdir (Bayramoğlu ve Seyhan 2022). Küresel ısınmayı azaltma amacıyla yapılan olan sözleşmelerin temelini atmosferik sera gazlarının azaltımına yönelik faaliyetler oluşturmaktadır. Sera gazlarının azaltılması düşük karbon ekonomisine geçişi gerektirmektedir. WWF Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporunda; bir ürünün tüm üretim süreci boyunca (hammadden son aşamaya kadar) açığa çıkan CO² miktarının belirlenmesi karbon ayak izi olarak ifade edilmektedir (WWF 2012). Olaya karbon döngüsü açısından yaklaşıldığında; bitkiler atmosferdeki karbon dioksiti (CO²) fotosentez yoluyla alarak biyokütlelerinde ve topraklarında depolarlar. Toprak organik maddesi, bitkilerin köklerinden ve yüzeyden düşen bitki materyallerinin ayrışmasıyla oluşur. Bitkiler, CO²'yi organik bileşiklere dönüştürerek büyüme ve gelişme süreçlerinde kullanır. Bu organik maddeler, bitkilerin köklerinde, yapraklarında ve gövdelerinde depolanır. Öldüklerinde ve parçalandıklarında, bu organik maddeler toprağa karışır ve uzun süreli karbon depoları oluşturur. Bu çalışmanın ana materyalini oluşturan çim alanlarının en önemli karbon depolarından biri topraklarıdır. Çim alanlarının derin kök sistemleri, toprağın alt katmanlarına kadar karbon depolanmasını sağlar. Bu, toprağın karbon içeriğini artırarak karbon döngüsüne önemli katkılarda bulunur. Bandaranayake ve ark. (2003)' a göre çim alanlarının iklim değişikliği üzerindeki etkisi, karbon emilimi ve depolanması yoluyla olumlu yönde olabilir. Bu sadece çimin yapraklarında değil aynı zamanda kökün bulunduğu toprak kısmında gerçekleşmektedir. Yaptıkları çalışmada çim sahanın kurulmasından sonraki ilk 0 ila 25 yıl içinde, 0.9 ila 1.0 Mg C'ye (ha/yıl) yaklaşan ortalama oranlarda hızlı karbon tutulumunun meydana geldiğini bulmuşlardır. Model tahminleri, yaklaşık 30 yıl sonra 23 ila 32 Mg ha toprak organik karbonunun toprak yüzeyinin 0 ila 20 cm altında tutulduğu yönündedir (Bandaranayake ve ark. 2003).

Bitkilerin büyümesi, toprağa karbon depolamayı da teşvik eder. Fotosentez sürecinde, çimler atmosferden karbondioksit alarak karbonu biyokütlelerine dahil eder ve oksijen üretirler. Bu süreç, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Ek olarak, çimler, karbonu organik madde olarak toprağa bağlayarak karbon depolama kapasitesine katkı sağlamaktadırlar. Bu sayede çim alanlar, iklim değişikliğine karşı mücadelede önemli bir roledir. Özellikle kentsel alanlarda, çimler ısı adası etkisini azaltarak, çevresel sıcaklık dengesine katkıda bulunur. Bu, şehirlerdeki sıcaklık artışını yavaşlatır ve enerji kullanımını azaltmaktadırlar. Ancak, çim alanlar her ne kadar karbon döngüsüne olumlu katkı yaparlarsa yapsınlar, bilinçsiz ve kontrolsüz bakım tam tersine iklim değişikliği üzerinde olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Çim alanların bakımı gibi doğaya yapılan müdahalelerin sadece yerel değil, bölgesel ve hatta küresel ölçekte de çevreyi olumsuz etkilediği yapılan pek çok çalışmayla saptandığı bilinen bir konudur. Örneğin Meksika Körfezi'nde her yaz oluşan hipoksik (Az oksijenli-ölü) bir bölge vardır. Bu bölgenin suçlularından biri, Körfez'e giren aşırı besin maddeleridir; tarımdan, golf sahalarından ve kentsel çimlerden gelen gübreler, Körfez'e akan aşırı besin maddelerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (URL-1).

Çim alanlar, ağaç ve çalı ile örtülü alanlardan çok daha fazla bakım gerektirmektedirler. İster tohum yolu ile isterse hazır rulo çim döşenerek yapılsın tesis sonrası iyi bakılmazlarsa kolaylıkla sağlıklı, yeşil görünümünü kaybedeceklerdir. Bu alanlar mutlaka belirli aralıklarla havalandırılmalı, zararlılara karşı ilaçlanmalı, gübrelenmeli ve biçilmelidir. Bu uygulamalar ise, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve sera gazı emisyonlarının artmasına neden olabilir. Bu noktadan yola çıkılan bu çalışma ile çim alanlarının karbon döngüsü açısından küresel iklim değişikliği üzerindeki etkileri, bu etkilerin mekanizmaları ve bu alanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ele alınmıştır.

Çim Biçilmesinin Karbon Döngüsü Üzerindeki Etkisi

Çimlerin biçilmesi, bitkilerin üst kısımlarının kesilerek sahadan uzaklaştırılması veya toprak üzerinde bırakılması işlemidir. Bununla birlikte, bitkilerin biçilmesi veya hasat edilmesi ve sonrasındaki ortaya çıkan atık maddelerin doğru değerlendirilmemesi karbon döngüsünde çeşitli değişikliklere neden olabilir. Biçme işlemleri, doğru yönetildiğinde karbon depolama kapasitesini artırabilir ve ekosistem sağlığını destekleyebilir.

Zere Taşkın ve Bilgili (2020) çalışmalarında çim bitkilerinin atmosferik kirleticilerin en kötü grubu olan karbon dioksit, peroksiasetil nitratı ve hidrojen florür'ü de absorbe ettiğini, böylelikle kirletici düzeyini önemli ölçüde düşürdüğünden bahsetmişlerdir (Anonim 2020, Zere Taşkın ve Bilgili 2020). Ancak tam tersi biçme işlemi, bitkilerin biyokütlesini ve toprak karbon depolama kapasitesini azaltabilir. Bu uygulama, birkaç nedenden dolayı karbon döngüsünü etkileyebilir:

- **Biyokütlenin Azalması:** Biçme işlemi, bitkilerin büyüme ve karbon depolama potansiyelini azaltabilir. Kesilen kısımlar fotosentez yapamadıkları için, bitkinin karbon alım kapasitesi azalır.
- **Toprak Karbonunun Serbest Kalması:** Çayır ve çimlerin biçilmesi, topraktaki organik maddelerin bozulma sürecini hızlandırabilir. Mikrobiyal aktivite arttığı için, biçilen bitki parçaları, hızla mikroorganizmalar tarafından parçalanırken, karbondioksit açığa çıkar. Bu durum, özellikle sık sık biçilen alanlarda belirgin hale gelir.
- **Karbon Depolama Kapasitesinin Azalması:** Biçme işlemi, bitkilerin kök gelişimini de etkileyebilir. Kök sistemleri zayıflayan bitkiler, toprağa karbon depolamada daha az etkili olabilirler. Ayrıca, sık biçme işlemi bitkilerin stres seviyesini artırarak, genel sağlıklarını ve büyüme kapasitelerini düşürebilir.
- **Karbon Emisyonu:** Çimlerin biçilmesi ve taşınması için kullanılan ekipmanların fosil yakıt tüketimi, doğrudan karbon emisyonlarına yol açabilir. Özellikle, çim biçme işlemleri sırasında kullanılan benzinli aletler, önemli miktarda karbondioksiti atmosfere salmaktadır.

Ancak düzenli budama, çimlerin daha yoğun ve hızlı büyümesini teşvik edebilir. Bu, bitkilerin daha fazla CO₂ absorbe etmesine ve biyokütlede yeniden karbon depolamasına neden olabilir.

Çim Alanlarda Sulama ve Gübrelemenin Karbon Döngüsüne Etkisi

Çim alanın kendisinden beklenen etkiyi ortaya çıkarabilmesi için, belli periyotlarla biçilmesinin yanı sıra, düzenli olarak sulama, gübreleme ve bazı durumlarda da ilaçlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bir metrekare çim alanın yaz ayları ve bununla birlikte Mayıs ve Eylül aylarında da yani 5 ay boyunca her gün sulandığı ve geri kalan 7 ay boyunca da haftada 3 gün sulandığı varsayıldığında; 1 m² çim alan yılda ortalama 8.500 litre suya ihtiyaç duyar. İklim değişikliği bağlamında kuraklıkla mücadele kapsamında sulama ayrı bir yere sahipken aynı zamanda karbon döngüsü üzerinde de büyük rol oynar.

Çimin uzun yıllar sağlıklı bir şekilde kalması için yapılan bakım çalışmaları karbon açısından ele alındığında, eğer yüksek gübreleme ve sulama oranları kullanılırsa, çim aslında tuttuğundan daha fazla karbondioksit yayar. Çimlerin gübrenlenmesi aynı zamanda iklim değişikliğini etkileyen başka bir sera gazı olan nitroz oksitin de salınmasına neden olur. Çim zararlılarıyla mücadele amaçlı kullanılan pestisitler ve herbisitler çoğu durumda yalnızca zararlı türlerini hedef almaz ve bizim için ekosistem hizmeti sağlayan hedef olmayan diğer canlıları da öldürür (Hostetler 2012).

Çim alana yapılan bakım çalışmaları (biçme, gübreleme vb.) tutulan ve atmosfere salınan karbon miktarını doğrudan etkilemektedir. Townsend-Small ve Czimczik (2010) Kaliforniya'da yaptıkları bir araştırmada, çim alanda senede 2 defa gübre uygulandığında m² 'de yıllık 108 g karbon tutulduğunu, ancak gübreleme miktarının senede 15'e çıkarılması durumunda ise durumun terse döndüğünü ve yıllık 258 g karbonun atmosfere salındığını saptamışlardır (Townsend-Small ve Czimczik 2010).

Çimlerin karbon depolama kapasitesini etkileyen önemli bir konu da biçilen çimlerin nasıl değerlendirildiğidir. Biçilen çim kompost olarak değerlendirildiğinde karbon

döngüsüne katkı sağlarken, çöp olarak atıldığında çürüme sonrası atmosfere karışan gazlar sistemin dengesini bozmaktadır. Milesi ve ark. (2005)'nin ABD için yaptığı simulasyon çalışmasına göre, çimler biçildikten sonra çim kırpıntıları çimlerin üzerinde çürümeye bırakılırsa, çim alanları her yıl araştırma alanının tamamı için 16.7 teragram'a (1 Teragram=1.000.000 Ton) kadar karbon depolayabilir. Çimlerdeki kırpıntıların yerinde geri dönüştürüldüğünde, sentetik nitrojen gübre miktarı kullanım miktarının neredeyse yarı yarıya azaltılabileceği ve bunun da daha yüksek miktarlarda gübre kullanıldığında ortaya çıkabilecek karbon miktarını azaltıp, depolanan karbon miktarının artacağı sonucu olduğu çalışmada belirtilmektedir. Ancak yine aynı çalışmaya göre bu çimler sahadan toplanıp başka bir yerde kompost haline getirilirse depolanabilen karbon miktarı 5.9 teragrama kadar düşmektedir. Milesi ve ark. (2005) toplanan çimlerin çöplükte ayrışması düşünüldüğünde ise güçlü bir sera gazı olan karbon içeren metan üretimini artıracakını belirtmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, iyi sulanan ve gübrelenen çimler aynı zamanda bir karbon havuzu görevi de görmektedir (Milesi ve ark. 2005).

Çimlerin biçilmesinden ortaya çıkan karbonun yanısıra çim biçme için kullanılan materyallerin de karbon döngüsüne etkisi büyüktür. Bu konuda yapılan bir çalışma ile benzinle çalışan bir çim biçme makinesinin 1 saatte 11 otomobilin çıkardığı kadar atmosfere kirlilik yaydığı saptanmıştır (URL-2).

Çim Alanların Depoladığı Karbon Miktarının Ölçülmesi

Serengil (2018) küresel anlamda karbon döngüsünü "atmosfer, biyosfer, hidrosfer, pedosfer ve litosferde karbonun dolaşımı" olarak tanımlamıştır. Küresel olarak bakıldığında en büyük karbon havuzu okyanuslardır. Ekosistemler ise en çok insan etkisi altında ve kontrolünde olan karbon havuzlarıdır (Serengil 2018). Bunlar değişik koşullar altında karbon depolama ya da karbon salınımı durumunda bulunabilirler. Ekosistemlerin karbon miktarları hesaplanırken toprak üstü ve altı biyokütle, ölü ve diri odundan oluşmuş organik madde ve toprak organik maddesi üzerinden çalışma yürütülür ve bunların üzerinden çeşitli yöntemlerle hesaplamalar yapılır.

Ekosistemin küçük bir parçası olan çim ile kaplı alanlar da, kökler ve gövdeler aracılığıyla karbonu depolayabilirler. Çimlerin depoladığı karbon miktarının hesaplanması biraz karmaşık olmakla birlikte ağaç ve çalı gibi çok yıllık bitkilerden farklı olarak ele alınması gerekmektedir. Çünkü çim alanlar ormanlık, makilik gibi çok yıllık bitkilerin bulunduğu alanlardan çok daha fazla insan etkisi altında olan ve çok daha fazla bakım sürecine dahil olan alanlardır. Zaid vd. (2018)'e göre yer örtücüler ağaçlara kıyasla daha az karbon tutmaktadırlar (metrekarede yaklaşık 0.05-0.94 kg). Bunun en büyük sebeplerinden biri toprak altı ve toprak üstü biyokütle farklılığıdır. Diğer bir sebep ise çim alanlar için gerekli bakım prosedürünün ağaç ve çalılara oranla çok daha farklı işleyişidir. Bu nedenle çim alanların tuttuğu karbon miktarını hesaplanmasında da;

1. Biyokütle Hesaplaması: Çimlerin üzerinde ve altındaki biyokütlenin ölçülmesi,
2. Toprak Organik Karbon (SOC): Topraktaki organik karbon miktarının belirlenmesi,
3. Kök ve Yaprak Oranı (Organik Madde): Çimlerin kök ve yaprak biyokütle oranlarının belirlenmesi gibi yöntemlerle karbon miktarları hesaplamak mümkündür.

Ancak bu yöntemler çim alanların karbon döngüsüne katkısının hesaplanmasında tek başına bir gösterge değildir. Karbon depolama kapasitesi çimin türüne, çimin yaşına, yetiştirme koşullarına ve bakım uygulamalarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Zere Taşkın ve Bilgili (2020) çalışmalarında Brooks'a atfen "Bir çim alanının en yüksek karbon tutma kapasitesinin tesisinin ilk 25-30 yılında" olduğunu söylemişlerdir (Brooks 2008, Zere Taşkın ve Bilgili 2020). Qian ve Follett'in (2002) golf sahalarındaki çim alanlar üzerine yaptıkları çalışmalarında; çim alanların iyi bakım altında daha yoğun bir toprak üstü ve kök yapısı oluşturduklarını ve bunun sonucu olarak da 1 yılda, 1 dekar alanda yaklaşık 110-115 gr atmosferik karbon tutulabildiğini söylemişlerdir (Qian ve Follett 2002).

Tüm bu anlatılanlardan yola çıkılarak, konu çok kapsamlı olduğundan karbon döngüsüne dolayısı ile iklim değişimine İstanbul ilindeki çim alanlarda gerçekleştirilen

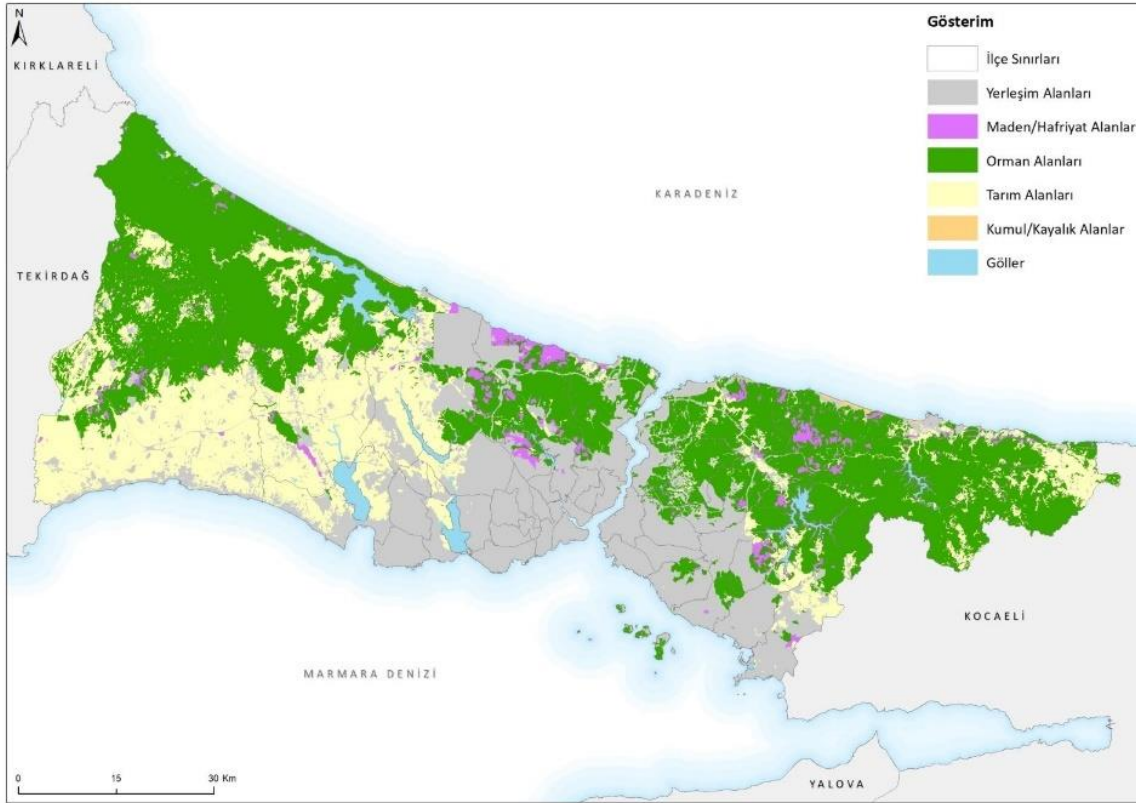
bakım faaliyetlerinden sadece “çim alanların biçilmesi” üzerinden yaklaşılarak öneriler getirilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmanın örnek alanını 546.242.30 hektarlık toplam alanının 17.370.10 hektarı açık ve yeşil alan olan İstanbul

ili oluşturmaktadır. 41 derece 01 dakika Kuzey, 28 derece 58 dakika Doğu koordinatlarında yer alan ve kuzeyinde Karadeniz, güneyinde ise Marmara denizi ile çevrili, Avrupa ve Asya kıtaları arasında bir köprü görevi gören İstanbul’un yerleşimsel olarak kuzeyinde ormanlık alan, batısında tarım alanları ve güneyinde ise yerleşme alanları hâkimdir. Su yüzeyleri (göller) hariç yüzölçümü 534.534.67 hektardır (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul Geneli arazi kullanım fonksiyonlarının mekansal dağılımı (2022) (URL-3)

Yöntem

Çalışmada, öncelikle çim alanların karbon döngüsü üzerine etkisini incelemek amacıyla öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin aktif ve pasif yeşil alan verileri kullanılarak yaklaşık çim alan miktarı hesaplanmıştır (URL-3, URL-4, URL-5). Çim alanların miktarı hesaplandıktan sonra ilçelere göre aktif ve pasif yeşil alan sınıflarına göre dağılımları çizelge halinde sunulmuştur. Karbon depolama kapasitelerinin belirlenebilmesi için 1 m² çim alana uygun katsayı literatür taramaları sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca, karbon depolama potansiyelleri de ilçeler bazında incelenmiş ve sonuçlar

yine çizelge halinde sunulmuştur. Bu analizler, İstanbul’un farklı bölgelerindeki çim alanlarının karbon döngüsü bağlamında çevresel etkilerini değerlendirmeye imkân tanımaktadır.

BULGULAR

İstanbul’da Bulunan Aktif ve Pasif Yeşil Alanlardaki Çim Alanlar

İstanbul ilindeki açık yeşil alanlar incelendiğinde bu alanların il yüzölçümüne oranı %3.25 olup toplamda 17.370.10 hektardır (Çizelge 1).

Çizelge 1. İstanbul geneli ikinci kullanım düzeyine göre açık ve yeşil alan büyüklükleri (URL-4)

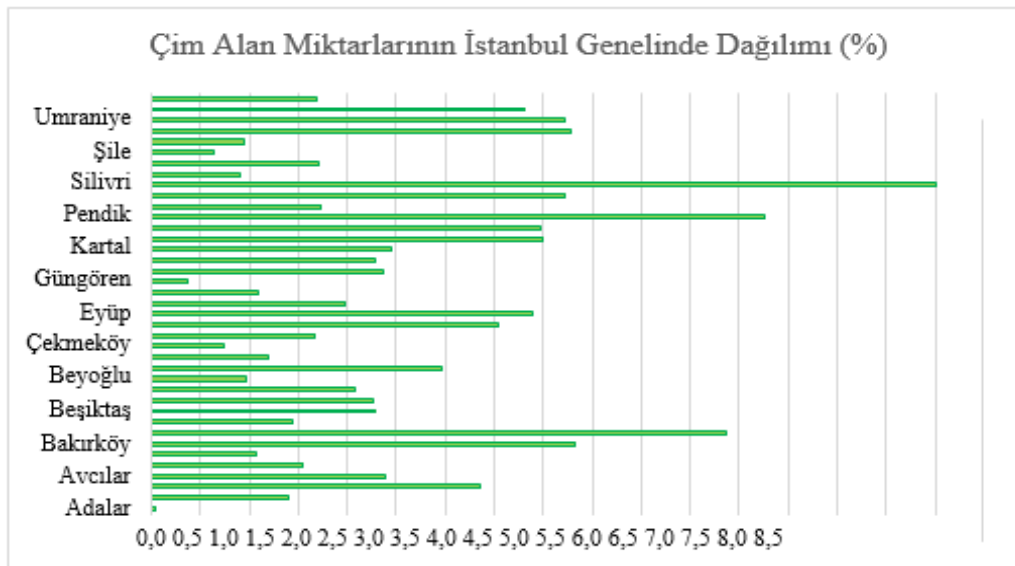
	Alan (ha)	Oran (%)	İl geneline oranı (%)
Aktif yeşil alanlar	3.335.12	19.20	0.62
Kentsel açık alanlar	232.89	1.34	0.04
Kumul/kayalık alanlar	301.95	1.74	0.06
Pasif yeşil alanlar	4.538.91	26.13	0.85
Rekreatif orman alanları	8.072.45	46.47	1.51
Spor alanları	888.78	5.12	0.17
Genel toplam	17.370.10	100.00	3.25
İstanbul'un yüzölçümü	534.534.67		

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin açık ve yeşil alan sınıflandırmasında yeşil alanlar kullanım düzeylerine göre genel sınıflamanın altında aktif yeşil alan ve pasif yeşil alan olarak gruplandırılmıştır. Aktif yeşil alanlar kent parkları, parklar, korular, panayır - festival alanları, botanik bahçeleri ve çocuk bahçeleri iken; pasif yeşil alanlar yapılaşmamış kentsel açık alanlar, ağaçlık alanlar, refüjler, şev-yamaçlar, çimen/çayırılık alanlar, kent içi tarım alanları ve mezarlıklar olarak tanımlanmıştır (URL-4). Bu bağlamda düzenli bakımı yapılan çim alanları, aktif yeşil alan sınıflandırılmasındaki parklar, kent parkları ve panayır-festival alanları ile pasif yeşil alanlar sınıflandırılmasındaki refüjler ve çimen/çayırılık alanlar çalışmaya dâhil edilmiştir. Rekreatif alanlarında ağaç ve çalılar altında da yoğun olarak çim kullanımı bulunduğu diğer bitki örtüsü hesaba katılmadan alan büyüklükleri ele alınarak çim alan miktarları hesaplanmıştır. Buna göre toplam çim alan miktarı 5.127.64 ha olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İstanbul'da bulunan çim alan miktarları

Aktif yeşil alanlar	Alan	Birim
Park	2.012.11	ha
Kent parkı	940.16	ha
Panayır-festival alanı	18.32	ha
Toplam	2.970.59	ha
Pasif yeşil alanlar	Alan	Birim
Refüj	2.077.79	ha
Çimen/Çayırılık alanları	79.26	ha
Toplam	2.157.05	ha
Genel Toplam	5.127.64	ha

Çizelge 2'de de görüldüğü üzere; aktif yeşil alanların büyük çoğunluğunu parklar, pasif yeşil alanların büyük çoğunluğunu ise refüjler oluşturmaktadır. YAYSIS sorgu paneli kullanılarak İstanbul'un 39 ilçesindeki aktif ve pasif yeşil alanlar düzeyinde çizelgede yer alan aynı 5 kullanım düzeyi girilerek yapılan sorgulama ile de alan büyüklüklerinin sağlanması yapılmıştır (URL-5). Buna göre İstanbul ili düzenli bakımı yapılan toplam çim alan miktarı 5.127.64 ha olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Çim alan miktarlarının İstanbul genelinde dağılımı (%)

Çim alanların İstanbul genelinde yüzdelik dağılımlarına bakıldığında; en fazla çim alan %8 oranı ile Silivri İlçesi'nde, daha sonra %6.2 oranı ile Pendik ilçesinde ve bunu takiben ise %5.9 oranı ile de Başakşehir İlçesi'nde bulunmaktadır (Şekil 2).

İstanbul'da Bulunan Aktif ve Pasif Yeşil Alanlardaki Çim Alanların Karbon Depolama Potansiyellerinin Belirlenmesi

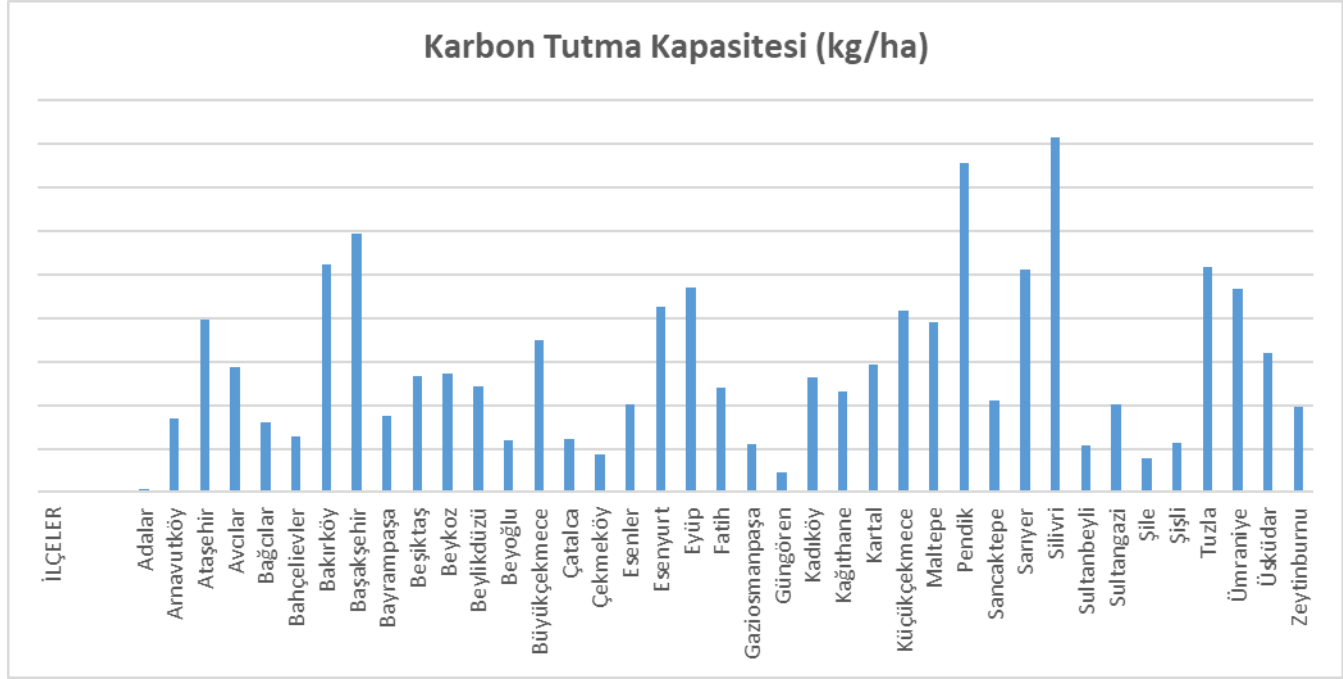
Günümüzde nüfusun ve tüketimin artmasıyla birlikte karbon salınımı da önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum, iklim değişikliği üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Yeşil alanlar, karbon döngüsünü etkileyerek iklim değişikliğinin yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bitkiler, fotosentez ve solunum süreçleri aracılığıyla atmosferdeki karbon miktarını değiştirerek karbon depolamaktadırlar. Bu nedenle, küresel ısınmaya karşı alınacak önlemler belirlenirken, karbon depolama kapasitelerinin hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada her ne kadar Townsend-Small ve Czimczik (2010) çim alanda senede 2 defa gübre uygulandığında m²'de yıllık 108 g karbon tutulduğunu bulmuş olsalar da İstanbul'daki çim alanların karbon tutma potansiyellerinin belirlenmesinde Qian ve Follett (2002) çalışmasından faydalanılmıştır. Bunun sebebi yapılan görüşme, inceleme ve raporların incelenmesi sonucu İstanbul ili için böyle bir gübrelemenin kamusal yeşil alanlarda gerçekleştirilmediğidir. Ayrıca mevcut çim alanlardaki çim biçildikten sonra sahadan uzaklaştırılmakta böylece karbon döngüsüne bir katkı sağlayamamaktadır. Bu nedenle 1 yılda, 1 dekar alanda (0.1 ha) yaklaşık 110 g karbon depoladığı varsayımı üzerinden çalışma yürütülmüştür.

Bu durumda; YKM (1 ha alan için depolanan yıllık karbon miktarı)=110 (gr)(1 dekar alandaki tutulan karbon miktarı) x 10 (dekar)(1ha=10 dekar)=1100 (gram)=1.1 (kg) karbon olarak bulunmuştur. Bu oran ilçelerdeki yaklaşık çim alan büyüklükleri ile hesaplandığında Çizelge 3'de ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3. İstanbul ilçelerindeki çim alanların karbon tutma miktarları

İlçeler	Çim alan miktarları (ha)	Karbon tutma kapasitesi (kg/yıl)
	Alan büyüklüğü x YKM	
Adalar	2.76	3.04
Arnavutköy	76.47	84.12
Ataşehir	180.6	198.66
Avcılar	130.82	143.90
Bağcılar	73.47	80.82
Bahçelievler	58.42	64.26
Bakırköy	237.9	261.69
Başakşehir	270.13	297.14
Bayrampaşa	79.74	87.71
Beşiktaş	120.75	132.83
Beykoz	124.37	136.81
Beylikdüzü	110.72	121.79
Beyoğlu	53.65	59.02
Büyükkçekmece	159.39	175.33
Çatalca	56	61.60
Çekmeköy	38.89	42.78
Esenler	91.84	101.02
Esenyurt	194.25	213.68
Eyüp	213.16	234.48
Fatih	108.93	119.82
Gaziosmanpaşa	49.84	54.82
Güngören	20.72	22.79
Kadıköy	119.76	131.74
Kağıthane	105.63	116.19
Kartal	133.13	146.44
Küçükçekmece	189.74	208.71
Maltepe	177.86	195.65
Pendik	343.72	378.09
Sancaktepe	95.09	104.60
Sarıyer	232.44	255.68
Silivri	370.26	407.29
Sultanbeyli	48.51	53.36
Sultangazi	91.68	100.85
Şile	34.78	38.26
Şişli	51.71	56.88
Tuzla	234.64	258.10
Ümraniye	212.06	233.27
Üsküdar	145.34	159.87
Zeytinburnu	88.47	97.32
Toplam	5.127.64	5.640.40

Çim alanların yıllık karbon depolama miktarları ilçeler ölçeğinde de incelendiğinde en çok çim alanın bulunduğu Silivri ilçesindeki miktarı 407.29 kg/yıl, Pendik ilçesinin 378.09 kg/yıl, çim alan yüzeylerinin az olduğu Adalar'ın 3.04 kg/yıl ve Güngören'in 22.79 kg/yıl olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İstanbul'da bulunan çim alanların karbon depolama kapasitelerinin ilçelere göre dağılımı

Buna göre; İstanbul'da toplam 5.127.64 ha çim alanda yaklaşık 5.640.40 kg/yıl karbon depolanmaktadır. Ancak bu alanlarda sulama ve gübreleme inceleme dışında kalmak koşulu ile sadece biçilen çimlerin sahadan uzaklaştırılmadan karbon döngüsüne katkısı açısından; Milesi ve ark. (2005)'nin çalışmasında, çimler biçildikten sonra çim kırpıntıları çimlerin üzerinde çürümeye bırakılırsa, her yıl ABD'nin tamamı için depolanan karbon miktarı 16.7 teragram, bu çimler sahadan toplanıp başka bir yerde kompost haline getirilirse depolanabilen karbon miktarı 5.9 teragram olarak saptanmasından yola çıkılmıştır. Bu durumda karbon kaybı yani çim biçimi ile atmosfere karışan karbon oranı;

$$\% \text{ azalma} = \frac{16.7 - 5.9}{16.7} \times 100$$

% azalma=%65 olarak saptanmıştır.

Aynı yaklaşım İstanbul örneğinde düşünüldüğünde tam tersi olarak, "eğer biçilen çimler sahadan uzaklaştırılmayıp yerinde çürümeye terkedilirse bu %65'lik bir kazanç olarak düşünülebilir" hipotezinden yola çıkılarak çim biçimi ile atmosfere karışan karbon miktarının hesaplamasına gidilmiştir. Bunu sayısal olarak ifade etmek gerekirse;

İstanbul ili için çim alanlardan beklenen ideal yıllık karbon tutma miktarı;

İdeal Yıllık Karbon Tutma Miktarı=Mevcut Yıllık Karbon Tutma Miktarı + (Mevcut Yıllık Karbon Tutma Miktarı X Biçilen Çimlerin Sahadan Uzaklaştırılması Durumunda Yaşanan Karbon Kayıp Oranı)

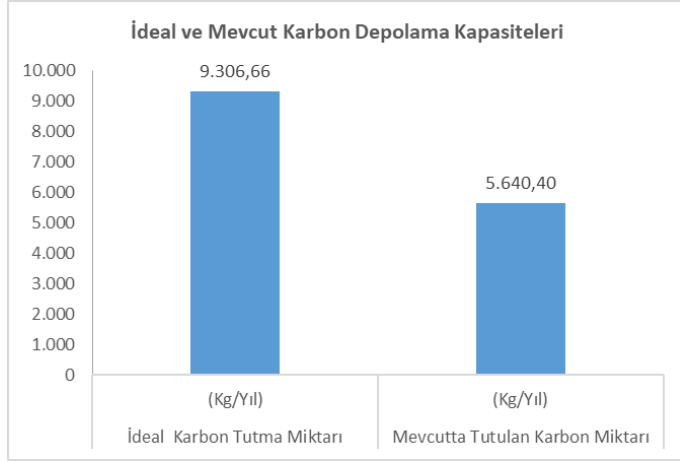
$$\text{İYKM} = \text{MYKM} + (\text{MYKM} \times \%65)$$

$$\text{İYKM} = 5.640.40 + (5.640.40 \times \%65) = 9.306.66 \text{ kg/yıl olarak saptanmıştır.}$$

Saptanan bu %65 lik kayıp (3.666.26 kg/yıl) aynı zamanda İstanbul için sisteme karışan karbon miktarıdır (Çizelge 4, Şekil 4).

Çizelge 4. İstanbul'da bulunan çim alanların karbon depolama kapasiteleri ve atmosfere karışan karbon miktarı

Toplam çim alan miktarı (ha)	İdeal karbon tutma miktarı (kg/yıl)	Mevcutta tutulan karbon miktarı (kg/yıl)	Biçme ile atmosfere karışan toplam karbon miktarı (kg/yıl)	Biçme ile atmosfere karışan birim karbon miktarı (gr/yıl/ha)	Biçme ile atmosfere karışan karbon miktarı (%)
5.127.64	9.306.66	5.640.40	3.666.26	710	65



Şekil 4. İstanbul'da bulunan çim alanların mevcut ve ideal karbon depolama kapasiteleri

Çizelge 4'te görüldüğü üzere İstanbul ili için çim alanların biçilmesinden hektarda yıllık 710 g karbon atmosfere karışmaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Karbon döngüsündeki bozulma küresel iklim değişikliğine sebep olan faktörlerden en önemlisidir. Ekosistemlerin ve iklim değişikliğinin yönetiminde, çim alanlarının karbon döngüsündeki rolü göz ardı edilmemelidir.

Genel olarak bakıldığında çim alanlar estetik bir görünüm yaratmalarının yanısıra; diğer tüm ekosistemler gibi karbon döngüsünde büyük bir role sahiptir. Atmosferdeki karbon miktarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynarlar. Bu alanlar, karbon emisyonlarını dengeleyerek sera gazı etkisini azaltırlar. Böylece, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletirler. Ancak, uzun ömürlü ve sağlıklı bir çim alan elde etmek için yapılan çalışmaların doğrudan ve dolaylı yoldan çevreye zararlı olduğu kanıtlanmıştır. Olaya karbon döngüsü açısından bakıldığında; çim alanların biçilmesi sırasında bünyelerindeki karbon açığa çıkar. İlkbahar aylarında sıcaklığın artışı ve yağmurlarla hızlı bir büyüme sürecine giren çimler hem biokütlelerinde hem de köklerinin geliştiği toprak kısmında hızla karbon depolamaya başlarlar. Ancak çimlerin toprak üstü kısımlarının biçilmesi bu karbonun tekrar atmosfere karışımıyla sonuçlanır. Bu sadece biokütlelerinin azalması değil aynı zamanda topraktaki organik maddenin çözülme sürecinin hızlanarak toprak karbonunun da serbest kalmasına yol

açar. Özellikle ilkbaharın başından yaz ortalarına kadar hızla büyüyen çimlerin sık biçimi kök sistemlerinin de zayıflamasına yol açacağından, toprağa daha az karbon depolanmasına yol açar. Bunlara ilave olarak çim biçme için kullanılan benzinli aletlerden atmosfere karışan kirletici gazın da karbon döngüsüne etkisi büyüktür (URL-2).

Sağlıklı çimin yetişmesi için sulama, gübreleme ve ilaçlamanın da küresel iklim değişikliğinde çok büyük bir rol oynamasına karşın çalışmada bu başlıklara detaylı olarak değinilmemiştir. Ancak tüm bunların hep birlikte ele alınarak detaylı bir çalışma yapılması daha etkili ve doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

İstanbul ilinin yüzölçümünün %3.25 ini oluşturan açık ve yeşil alanların yaklaşık 5.127.64 ha'ı çim alandır. Bu çalışma ile İstanbul'daki çim alanların tamamında toplamda yıllık yaklaşık 5.640.40 kg/yıl karbon tutulduğu saptanmıştır. Bu alanlarda biçilen çimler torbalara konarak çöp olarak sahadan uzaklaştırılmaktadırlar. Bu da olması beklenen, ideal karbon depolamasında %65 lik (3.666.26 kg/yıl) bir kayba yol açmaktadır. Salınan karbon miktarı çevre için ciddi bir rakamdır. Bu da hektarda yıllık 710 g karbonun atmosfere karışması demektir.

Bu analizler, çim alanların karbon depolama kapasitelerini değerlendirerek, kentlerdeki karbon salınımını azaltmak için stratejik planlamalar yapılmasına olanak tanımaktadır. Ancak çim alanların doğru yönetilmesi, iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, karbon depolama kapasitesinin artırılması için ağaçlandırma çalışmalarının önemi büyüktür. Ağaçlar, çim alanlarına göre çok daha yüksek miktarda karbon depolama kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, kentsel yeşil alanların planlanmasında ağaçlandırma faaliyetlerine öncelik verilmesi hem karbon emisyonlarının azaltılmasına hem de şehir ekosisteminin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. İleride yapılacak çalışmalarla gübreleme ve sulama açısından ve bunların karşılıklı etkileşimi açısından değerlendirilerek daha net sonuçlar elde edilmesi mümkün olabilecektir.

Çim alanları, karbon tutma kapasiteleri ile iklim değişikliğiyle mücadelede ve ekosistem sağlığının korunmasında önemli rol oynar. Bu alanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi hem ekolojik dengeyi hem de iklimsel istikrarı sağlamak için kritiktir. Bu durum, çim alanlarının sürdürülebilir yönetiminin önemini ortaya koyar. Çevresel etkiyi azaltmak için, daha az su ve kimyasal gerektiren, yerel iklim ve toprak koşullarına uygun çim türlerinin seçilmesi önemlidir. Çim alanlarının karbon döngüsünü optimize etmek için bazı stratejiler şunlardır:

- *Çimlerin Daha Az Biçilmesi (Çimlerin daha uzun süre büyümesine izin vererek biyokütlede daha fazla karbon depolamak):* Daha fazla toprak altı ve toprak üstü biokütleyle sahip çim alanlar doğal olarak daha fazla karbon depolayacaktır. Wohlfahrt ve ark. (2008) yaptıkları bir çalışmada çim/çayır biçim sıklığının toprak üstü ve toprak altı karbon dağılımını etkilediğini bulmuşlardır.
- *Atık Çimlerin Değerlendirilmesi (Budanan çimlerin öncelikli olarak sahada bırakılarak ya da kompostlanarak toprak verimliliğini artırmak ve karbonun uzun vadeli depolanmasını sağlamak):* Sahada bırakılacak çimler aynı zamanda gübre etkisi de yaparak çimlerin biokütlesinde artışa yol açacağından karbon depolama miktarına katkısının olumlu yönde olacaktır. Sever Mutlu (2024) yaptığı bir çalışmada biçim sonrası bitkisel artıkların alana geri verilmesi durumunda fosfor, potasyum ve azot açısından yıllık gübre ihtiyacının önemli ölçüde azalacağından bahsetmiştir. Yine Bakker ve ark. (2021) yaptıkları bir çalışmada; iki yıllık bir süre boyunca, çim biçme işleminden sonra çim kırpıntılarının kaldırılması veya tutulması veya azotlu gübre eklenmesi gibi farklı çim yönetimi seçenekleri toprakta tutulan karbon oranını araştırmışlardır. İki yıl sonra, özellikle üre ilavesinden sonra ve çim kırpıntılarının tutulmasıyla, biyokütlede %112'lik artışlar elde edilirken toprak organik karbonunda %0.2 oranında artış tespit etmişlerdir.
- *Düşük Emisyonlu Ekipman Kullanımı (Fosil yakıt tüketimini azaltmak için elektrikli veya insan gücüyle çalışan budama ekipmanları kullanmak):* Çim alanların bakımının karbon ayak izini azaltmak da mümkündür. Elektrikli veya manuel çim biçme makineleri, geleneksel

benzinli makinelerin neden olduğu emisyonları önemli ölçüde azaltabilir (URL-2).

- *Projelerde Yer Verilen Çim Alan Miktarının Azaltılması:* İstanbul özelinde çim alanların m²'sini azaltılarak biçilme ve bakım süreci sonucu atmosfere salınacak karbon miktarı azaltılabilir. Amoatey ve Sulaiman (2020), Umman'da yaptıkları bir çalışmada boylu ağaç türlerinin çalı ve küçük ağaçlara oranla yaklaşık 90 kat daha fazla atmosferik karbonu tutabildiklerini saptamışlardır. Aynı çalışmada bakım çalışmaları ile çevreye yoğun miktarda CO² salınacağından bu faaliyetlerin en aza indirilmesi ve bu şekilde kentsel alanlarda iklim değişikliğinin azaltılmasının mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Zhang ve ark. (2022) Çin'de yaptıkları 50 yıllık bir zamanı kapsayan simülasyon çalışmasının sonuçlarına göre; ağaçlar ve çalılar 11.972.08 ve 5758.07 MgCO₂e ha⁻¹ ile karbon yutaklarıyken, çimler 149.15 MgCO₂e ha⁻¹ ile yaşam döngüsünde karbon kaynakları olarak tespit edilmiştir. Çalışmaya göre çalışma süreci boyunca ağaçların net karbon tutum miktarı sürekli olarak artarken, çalılarda önce azalıp sonra dengede kalmış ve sonrasında çim alanlarda ise sürekli azalmıştır.
- *Çim Bitkisi Yerine Doğal Tür ve Çeşitli Yer Örtücülerin Tercih Edilmesi:* Çim alanlarının tasarımında, çeşitliliği artıran ve ekosistem hizmetlerini geliştiren yerel bitkilerin kullanılabilir. Çim bitkisi yerine çayır gibi daha doğal ve yabani türlerden oluşan ve daha az bakım gerektiren doğal bitki örtüsü tercih edilmelidir. Poeplau (2021) daha önceki yaptığı çalışmalarında çim yerine çayır vb. bitkilerin kullanılması durumunda toprakta depolanan karbon oranının daha yüksek olduğundan bahsetmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları incelendiğinde; Kavuran ve Yılmaz (2022) ve Çakar (2021) yaptıkları araştırmalarında çim alanların ekolojik ve ekonomik zararlarının faydalarından çok daha fazla olduğunu öne sürmüş ve çime alternatif olabilecek yer örtücü bitkilerden detaylı olarak bahsetmişlerdir. Çimin zorunlu olmadığı alanlarda çim yerine daha az bakım (sulama, ilaçlama, gübreleme) gerektiren çayır bitkileri veya yer örtücü bitkilerin kullanılması karbon döngüsünde olumlu rol oynayacaktır. Örneğin *Dichondra repens* (Fare kulağı), *Cerastium tomentosum* (Yazkari), *Trifolium repens* (Ak üçgül), *Vinca major* (Cezayir menekşesi), *Pachysandra*

terminalis (Japon süpürgesi), *Thymus vulgaris* L. (Adi kekik), *Ruschia lineolata* (Yıldız halısı), *Arenira verna* (İrlanda yosunu) ve *Ajuga reptans* (Mayasıl otu) gibi bitkiler az su istemeleri ve biçim gerektirmemeleri nedeniyle çim yerine kullanılabilecek bazı yer örtücü bitkiler olarak önerilebilir. Bu da karbon salınımına olumsuz yönde katkısı olan elektrikli çim biçme makinasına daha az ihtiyaç duyulacağı anlamına gelmektedir. Tercih edilen doğal bitki örtüsü aynı zamanda, çevreye ve çevrede yaşayan diğer canlılara da sağlıklı bir yaşam alanı sağlayacaktır. Böylece doğal peyzaj bozulmayarak günden güne artan iklim değişikliği azaltılmış olacaktır.

Sonuç olarak, çim alanlarının küresel iklim değişikliği üzerindeki etkisi karmaşıktır. Bu alanlar, doğru yönetildiğinde, karbon depolama ve mikro iklim düzenleme gibi önemli ekosistem hizmetleri sağlayabilir. Ancak, geleneksel bakım uygulamaları çevresel zararlara neden olabilir. Bu nedenle, çim alanlarının sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynar. Toplumlar, çim ve çayır alanlarını daha çevre dostu yöntemlerle yöneterek hem yerel ekosistemlerin sağlığını koruyabilir hem de küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunabilirler. İstanbul'daki çim alanlarının karbon depolama kapasitesi üzerine yapılan bu değerlendirme, şehir planlaması ve çevre yönetimi açısından da önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecekte, çim alanlarının daha verimli yönetilmesi, ağaçlandırma çalışmalarının artırılması ve çevresel etkilerinin minimize edilmesi için ileriye dönük araştırmalar ve yenilikçi çözümler gerekmektedir.

Bu makalede uygulanan yöntemin, çim alanlarının karbon depolama kapasitesi ve çimlerin biçilmesinden atmosfere karışabilecek karbon miktarının belirlenmesinde temel bir rehber olması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- Amoatey P, Sulaiman H (2020) Quantifying carbon storage potential of urban plantations and landscapes in Muscat, Oman. *Environ Dev Sustain* 22: 7969–7984.
- Anonim (2020) Benefits of Lawns: Temperature Modification. <https://www.thelawninstitute.org/pages/environment/benefits-of-lawn/temperature-modification/> (Erişim tarihi:16.02.2020).

- Bakker DM, Javed H, Ashfaq Z (2022) Implementation and modelling of turf grass management options to improve soil carbon sequestration in a semi-arid environment. *Environmental Sustainability* 5: 185–195.
- Bandaranayake W, Qian YL, Parton WJ, Ojima DS ve Follett RF (2003) Estimation of Soil Organic Carbon Changes in Turfgrass Systems Using the CENTURY Model W.
- Bayramoğlu E, Seyhan S (2022) Peyzaj mimarlığı öğrenci projelerinde iklim değişimi kavramı. *D.Ü Ormanlık Dergisi*, 18 (2): 391-404.
- Brooks RD (2008) Cardiovascular effects of air pollution. *Clinical Science*, 115: 175-87.
- Çakar H (2021) Peyzaj tasarım çalışmalarında çime alternatif olarak bazı yer örtücü bitki türlerinin kullanılabilirliği. *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*, Gece Kitaplığı, Ankara: ISBN 978-625-8002-19-5.
- Hostetler M (2012) Are lawns bad? Department of Wildlife Ecology & Conservation, University of Florida, Erişim tarihi: 18.07.2024.
- Kavuran D, Yılmaz R (2022) Kurakçıl peyzaj çalışmalarında uygun bitki türü seçimi: Süleymanpaşa, Tekirdağ örneği. *PEMDER Peyzaj, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 4 (2): 69-91.
- Kuşçu Şimşek Ç, Şengezer B (2012) İstanbul metropoliten alanında kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi. *Megaron*, 7(2): 116-128.
- Milesi C, Running SW, Elvidge CD, Dietz JB, Tuttle BT (2005) Mapping and modeling the biogeochemical cycling of turf grasses in the US. *Environmental Management*, 36 (3): 426-38.
- Murphy DJ, Hall MH, Hall CAS, Heisler GM, Stehman SV, Molina CA (2011) The relationship between land cover and the urban heat island in Northeastern Puerto Rico. *International Journal of Climatology*, 31: 1222-39.
- Poeplau C (2021) Grassland soil organic carbon stocks along management intensity and warming gradients. *Grass and Forage Science*, 76 (4): 1-10.
- Qian Y, Follett RF (2002) Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal*, 94: 930-935.
- Serengil Y (2018) İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi. *Tarım/Orman ve Diğer Arazi Kullanımları*, İstanbul.
- Townsend-Small A, Czimczik CI (2010) Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf. *Geophys. Res. Lett.*, 37: L02707.
- Türkeş M (2008a) Küresel iklim değişikliği nedir? temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1: 45-64.
- Türkeş M (2008b) İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme. İçinde: E. Karakaya (Ed.), *Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi*, 21-57, Bağlam Yayınları No. 308: İstanbul.
- Wohlfahrt G, Anderson-Dunn M, Bahn M, Balzarolo M, Berninger F, Campbell C, Carrara A, Cescatti A, Christensen T, Dore S, Eugster W, Friberg T, Furger M, Gianelle D, Gimeno C, Hargreaves K, Hari, P Haslwanter, A Johansson T, Cernusca A (2008) Biotic, abiotic, and management controls on the net ecosystem CO₂ exchange of European Mountain Grassland Ecosystems. *Ecosystems*, 11(8): 1338–1351.
- WWF (2012) Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. https://www.Footprintnetwork.Org/Content/Images/Article_Uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Re Port_Turkish.Pdf
- Zere Taşkın S, Bilgili U (2020) Çevre ve insan sağlığı açısından çim bitkilerinin faydaları. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, e-ISSN: 2651-4044.
- URL-1 https://www.huffpost.com/entry/are-lawns-bad_b_1362571 (Erişim tarihi 18.07.2024).

URL-2 <https://theweek.com/articles/483762/blades-glory-americas-love-affair-lawns> (Erişim tarihi 07.07.2024).

URL3 https://yaysis.istanbul/storage/files/raporlar/2_MEVCUT%20DURUM%20ANAL%C4%B0Z%C4%B0%20RAPORU2_.pdf (Erişim tarihi 10.07.2024).

URL-4 İstanbul Yeşil Alan Yönetim Sistemi Strateji Belgesi. <https://yesil.istanbul/storage/public/2023/406/19/6490522994c07-istanbul-yesil-alan-yonetim-sistemi-strateji-belgesi.pdf> (Erişim tarihi 10.07.2024).

URL-5 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. <https://yaysis.ibb.gov.tr/portal/apps/MapSeries/index.html?appid=e73e1b46060b45d0bf654c787673d3b5> (Erişim tarihi 10.07.2024)

Zaid SM, Perisamy E, Hussein H, Myeda, NE, Zainn, N (2018) Vertical greenery system in urban tropical climate and its carbon sequestration potential: a review. *Ecological Indicators*, 91: 57- 70.

Zhang Y, Meng W, Yun H, Xu W, Hu B, He M, Mo X, Zhang L (2022) Is urban green space a carbon sink or source?—a case study of China based on LCA method. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 94: 106766.