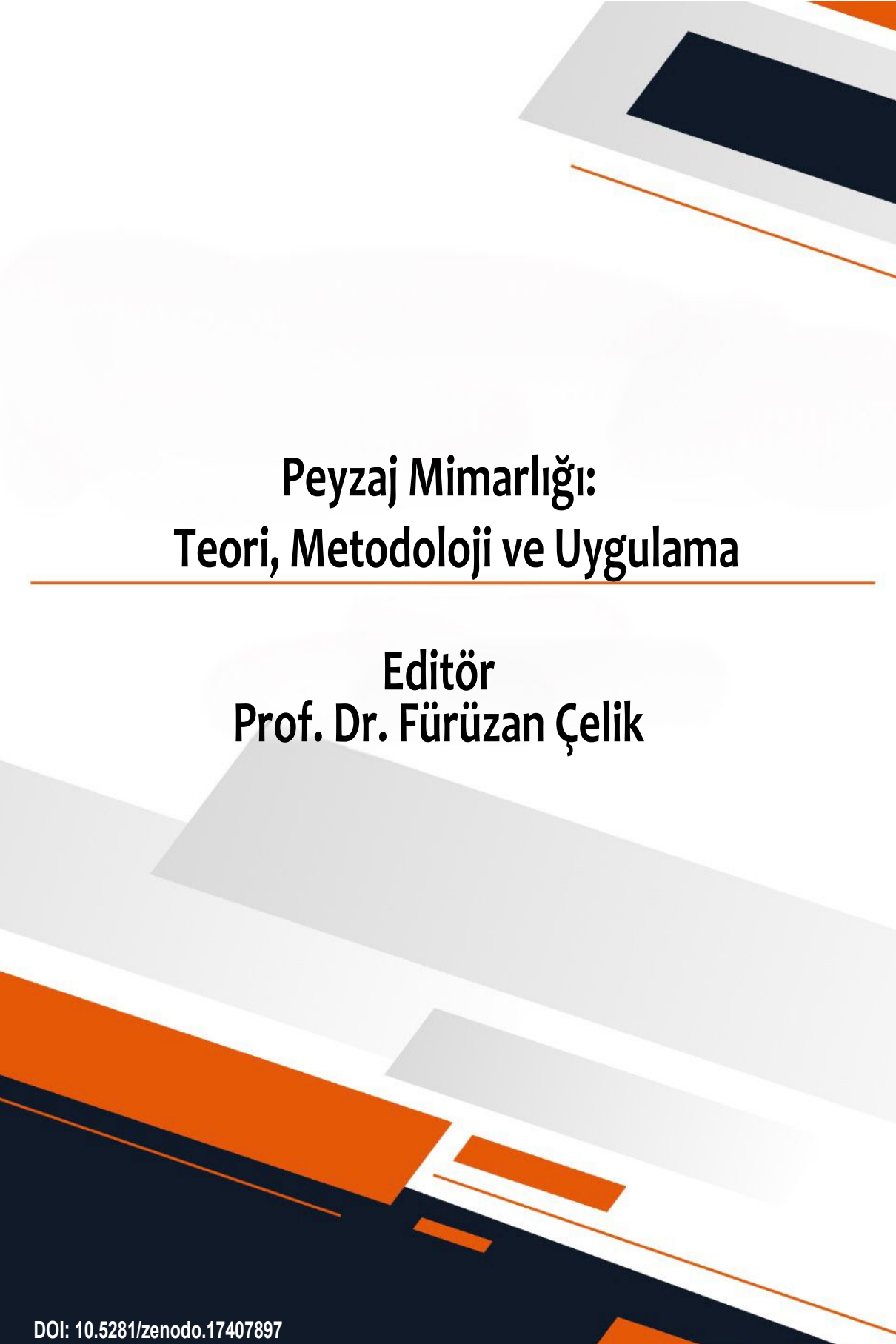




Peyzaj Mimarlığı: Teori, Metodoloji ve Uygulama

**Editör
Prof. Dr. F r zan  elik**

Peyzaj Mimarlığı: Teori, Metodoloji ve Uygulama

Editör

Prof. Dr. Fűrüzan Çelik

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Prof. Dr. F r zan  elik

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Ekim, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-6517-46-2

 opyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak
gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla
 o altılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Burak Kaya & Banu Çiçek Kurdoğlu	
BÖLÜM 2.....	15
Kent Ekosistemlerinde Yapay Sulak Alanların Kullanımı	
Emine Kahraman & Latif Gürkan Kaya	
BÖLÜM 3.....	33
Kentsel Biyoçeşitlilikte Kuş Çeşitliliği: Ekosistem Hizmetlerinden Tasarım Stratejilerine	
Sedat İnak	
BÖLÜM 4.....	71
Kuş Biyoçeşitliliği İzleme Yöntemleri: Eski Yöntemlerden Dijital Çözümlere	
Sedat İnak	



BÖLÜM 1

Kent İçi Yaya Mekanlarında Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı: Mikro Ölçekli Uygulamalar ve Tasarım Stratejileri

Burak Kaya¹ & Banu Çiçek Kurdoğlu²

1. GİRİŞ

Döngüsel ekonomi; doğal kaynakların sürdürülebilirlik ilkesiyle kullanıldığı, malzeme üretiminde atık ve kaynak kaybının en aza indirildiği, kullanılan kaynakların geri dönüştürülerek tekrar ekonomiye kazandırıldığı ve kaynakların ekonomik sistem içinde mümkün olduğunca uzun süre tutulmasının hedeflendiği bir ekonomik modeldir. (Veral, 2018). Döngüsel ekonomi, doğadan ilham alan ve ekosistemlerin kendi içinde oluşturduğu döngüleri referans alan bir sistemdir. Bu bağlamda, geri dönüşüm, yeniden kullanım, onarım, kiralama ve paylaşım gibi stratejiler ön plandadır (Bocken vd., 2016).

Sanayi Devrimi'nden itibaren yaygın olarak Doğrusal (lineer) ekonomi ve al-yap-kullan-at modeli benimsenmiş ve küresel ekonomi bu model etrafında şekillenmiştir. Fakat artan dünya nüfusu, demografik değişimler, iklim değişiklikleri, gelişen teknoloji, doğal kaynakların tükenme riski ve küresel krizler gibi etkenler doğrusal ekonominin sürdürülemez olduğunu göstermektedir (Steffen vd. 2015). Döngüsel ekonomi, bu krizlere karşı sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi amaçlarken bu süreçte ekolojik sınırları aşmadan ekonomik büyüme sağlamayı hedefler. Modern toplumun uzun vadeli ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalacağı öngörülen mevcut ekonomik sistem karşısında, döngüsel ekonomi, kaynakların daha verimli yönetildiği ve atıkların minimal seviyelere indirildiği yeni ve sürdürülebilir bir ekonomik sistem olarak önem kazanmaktadır.

Döngüsel ekonomiye yönelik çalışmalar farklı alanlarda ve disiplinlerde varlığını günden güne daha çok hissettirmektedir. Bu doğrultuda döngüsel ekonomi modelinin kentsel alanlara entegre edilmesi mümkündür. Kentsel alanlarda döngüsel ekonomi uygulamaları ile doğa ile uyumlu, sürdürülebilir ve kaliteli yaşam alanları minimum atık üretimi ve yeniden kullanılabilir materyaller ile oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu alanlarda atık yönetimi, su

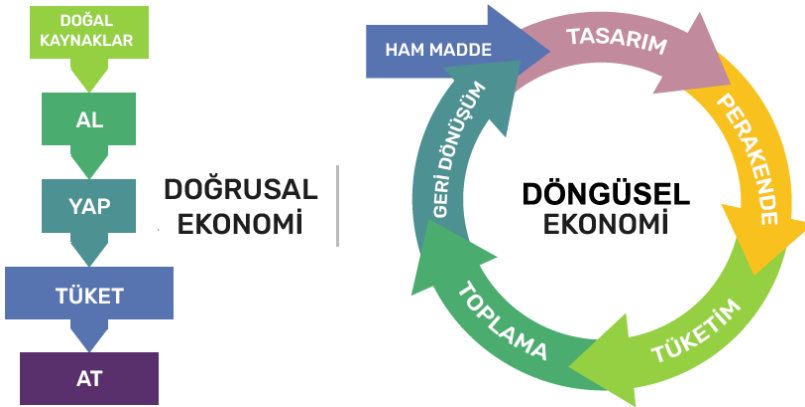
¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, ORCID: 0009-0000-4929-8125

² Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü ORCID: 0000-0003-4683-8581

yönetimi ve yeşil altyapı gibi kavramlar ön planda olacağı için geri dönüşüme de katkıda bulunacak yaşam alanları topluma kazandırılacaktır.

2. DÖNGÜSEL EKONOMİ VE KENTSEL TASARIM İLİŞKİSİ

Döngüsel ekonomi modeli, doğrusal ekonomi modeline alternatif olarak sunulan ve istekler yerine ihtiyaçlar doğrultusunda gelişen bir ekonomik modeldir. Geçmişten günümüze kadar yaygın olarak kullanılan doğrusal ekonomi modeli, sanayi devrimi sürecinde başlamış ve al-yap-kullan-at fonksiyonunu benimseyen bir tüketim modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1) (Steffen vd., 2015; Veral, 2018). Bilimsel literatür ve profesyonel yayınlarda döngüsel ekonomi için pek çok farklı tanım kullanılmaktadır. Döngüsel ekonomi birçok farklı alanda karşımıza çıktığı ve farklı disiplinler içerisinde yer alan bir kavram olduğu için çok sayıda araştırmacı ve uzman tarafından farklı şekillerde yorumlanmaktadır. Bu sebeple döngüsel ekonomi için çok fazla tanım bulunmaktadır. Döngüsel ekonomi için yaygın olarak kabul gören tanımlardan biri Ellen MacArthur Vakfı (2016) tarafından yapılmıştır: "Döngüsel ekonomi, tasarımı itibarıyla onarıcı ve yenileyici olan ürünleri, bileşenleri ve malzemeleri en yüksek fayda ve değerde tutmayı amaçlayan bir ekonomidir". Genel anlamda fazla atık üretmeyen ve atığın kaynağa dönüştürüldüğü bu model, aşırı atık üretimini önleyerek atıkların tekrar birer kaynağa dönüştürülmesini sağlar" Döngüsel ekonomi için yapılan önemli bir diğer tanım ise Avrupa Komisyonu tarafından yapılmıştır (European Commission, 2015).

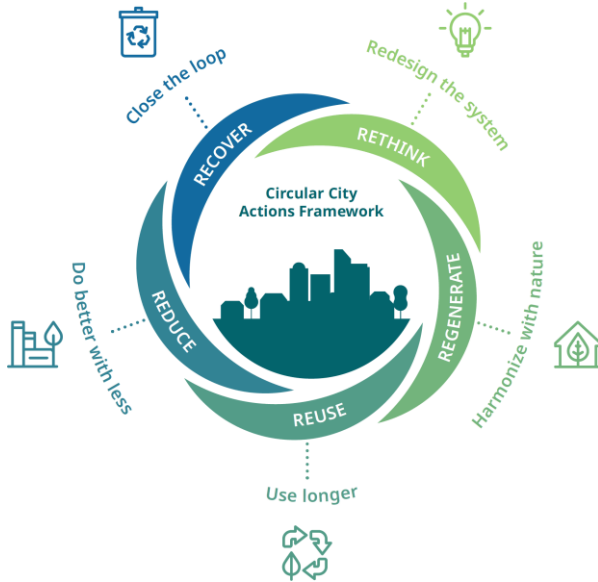


Şekil 1. Doğrusal ekonomi ve Döngüsel ekonomi işleyiş şablonu (URL-1, 2025)

"Döngüsel bir ekonomide, ürünlerin ve malzemelerin değeri mümkün olduğu kadar uzun süre korunur. Atık ve kaynak kullanımı en aza indirilir ve bir ürün ömrünün sonuna ulaştığında kaynaklar, daha fazla değer yaratmak için tekrar kullanılmak üzere ekonomi içinde tutulur". Bu tanımlar doğrultusunda döngüsel ekonomi; ürünlerin ve hammaddelerin kullanımını yenilenebilir kılan, atıkların geri dönüşüm yoluyla üretim süreçlerine dahil edildiği, enerji ve kaynakların verimli bir şekilde kullanıldığı ve neredeyse sıfır atık oluşturan, sürdürülebilir ve temiz bir üretim modelini tanımlamaktadır (Wysokinska, 2016; Kirchherr, Reike ve Hekkert 2017; Veral, 2021).

Döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu stratejiler geliştiren kentler döngüsel kentlerdir. Bu kentlerde yaşan toplum döngüsel ekonominin kent ölçeğinde somut örneklerini bizzat deneyimlerken, döngüsellik süreçlerine katılımcı olarak dahil olabilirler. Döngüsel kentlerde 5R prensiplerini benimserler (Şekil 2) (URL-2, 2025) 5R Prensipleri:

- Recover (Geri Dönüşüm)
- Rethink (Yeniden Düşünmek)
- Regenerate (Yeniden oluşturmak)
- Reduce (Azaltmak)
- Reuse (Yeniden Kullanmak)



Şekil 2. Döngüsel kentlerde 5R prensipleri (URL-2, 2025)

2.1. Kentsel Açık Alanlarda Döngüsel Ekonomi Modeli

Toplumun sosyal yaşamının büyük bir bölümü oluşturan kentsel açık alanlar, sürdürülebilirlik amaçlarının yerel ölçekte uygulanmasını ve toplum yaşamına entegre edilmesi açısından kritik fırsatlar sunmaktadır. Bu kapsamda döngüsel ekonomi modeli, doğal kaynakların daha verimli kullanılması, atık oluşumunun minimuma indirilmesi ve kentsel sistemlerin yeniden değerlendirilmesi için inovatif bir çerçeve sunar. Geleneksel doğrusal ekonomi modelinin aksine, döngüsel ekonomi, ürünlerin ve malzemelerin sistem içerisinde daha uzun ömürlü kullanılmasını amaçlayan bir yaklaşım sunar (Kirchherr, Reike & Hekkert, 2017).

Kentsel açık alanlarda bu yaklaşım geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı, modüler kent mobilyaları, yağmur suyu hasadı, biyolojik çeşitliliği destekleyen peyzaj unsurları ve atıkların geri dönüş sistemine dahil edilerek yeniden değerlendirilmesi gibi uygulamalar ile hayata geçirilebilmektedir (Ghisellini, Cialani & Ulgiati, 2016). Avrupa'nın gündeminde yoğun bir şekilde olan döngüsel ekonomi modeli Avrupa kentlerinde somut bir şekilde varlığını göstermeye başlamıştır ve Amsterdam, Kopenhag, Hamburg gibi kentlerde açık alanlarda döngüsel ekonomi ilkelerinin entegre edildiği projeler geliştirilmektedir (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Bu gelişmeler, döngüsel ekonomi ilkelerinin kent ölçeğinde sadece çevresel boyutta değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından da fayda sağlayabileceğini göstermektedir.

2.2. Yaya Mekanlarında Malzeme Döngüsü ve Yeniden Kullanım

Yaya mekanlarında malzeme döngüsünü ve yeniden kullanımının sağlanması döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu çevreci ve uzun ömürlü bir yaklaşımdır. Kentlerde geleneksel yapılaşma ve kent mobilyası üretim aşamalarında genellikle doğrusal ekonomi modeli benimsenmekte ve bu sebeple ciddi kaynak tüketimi meydana gelmektedir (Ghisellini, Cialani & Ulgiati, 2016). Fakat döngüsel ekonomi modeli, malzemelerin yeniden kullanımı, dönüştürülmesi ve uzun vadeli olarak sistem içerisinde kalması esasına dayanmaktadır (Kirchherr, Reike & Hekkert, 2017). Yaya alanlarında bu model, modüler ve demonte kent mobilyalarının kullanımı, geri dönüştürülmüş veya biyolojik olarak çözünebilen malzemelerin kullanımı ve yerel atıkların dönüştürülerek tasarım sürecine dahil edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Örnek olarak Hollanda'nın Rotterdam şehrinde 'Recyled Park' projesinde, nehirlerden toplanan plastik atıklar geri dönüştürülerek yüzey kent ekipmanlarına dönüştürülmüş ve bu sayede geri dönüşüm sağlanırken aynı

zamanda çevre temizliği sağlanarak malzeme döngüsü sürecine doğrudan katkıda bulunulmuştur (Recycled Island Foundation, 2025) (Şekil 3). Bu kapsamda, yaya mekanları da çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında ve kaynak verimliliğinin artırılmasında fırsat sunabilen kamusal alanlar olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3. Hollanda, Rotterdam Recycled Park (URL-3, 2025)

3. ATIK YÖNETİMİ VE MİKRO DÖNGÜLERİN SAĞLANMASI

Günümüzde sürdürülebilir kentleşme hedefleri kapsamında, atık yönetiminin sağlanması daha kapsamlı ve çok katmanlı bir çerçeveye evrilmektedir. Bu yaklaşım doğrultusunda atıkların sadece çöp olarak değerlendirilmesi anlayışından uzaklaşılarak kaynak olarak değerlendirilmesi ön plana çıkmaktadır. Entegre atık yönetimi, atıkların oluşumundan bertaraf edilmesi sürecine kadar çeşitli teknolojiler, politikalar ve paydaşları bir araya getirerek atıkların çevresel zararını minimuma indirmeyi amaçlar (Wilson, Velis & Rodic, 2012). Bu yaklaşım çerçevesinde, özellikle mikro döngülerin aracılığıyla, atıkların yeniden kullanılması, sisteme geri kazandırılması gibi uygulamalar teşvik edilmektedir. Örnek olarak organik atıkların kompostlanarak yeşil alanlarda kullanılması ya da inşaat atıklarının geri dönüştürülerek yeni projelerde kullanılması gibi uygulamalar, mikro döngülerin sağlanmasına yönelik başarılı örneklerdir. Bu tarz uygulamalar sadece çevresel fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik ve sosyal kazanımlar da sunar (Şekil 4). Fakat bu sistemlerin etkinliği, altyapı yetersizlikleri, finansal yetersizlikler ve toplumsal farkındalığın eksikliği gibi engellerle sınırlanabilir.

Bu sebeple, entegre atık yönetimi ve mikro döngülerin efektif bir şekilde sağlanması için çok paydaşlı bir yaklaşım benimsenmeli ve bu süreç teknolojik yenilikler, toplum bilincinin artırılması ve politik yaklaşımlarla desteklenmelidir (Guo, 2025).



Şekil 4. ABD, New York, 'Heads in the Clouds' sanat objesi (URL-4, 2025)

4. KATILIMCI YAKLAŞIM VE SOSYAL DÖNGÜSELLİK

Kentsel sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında toplumun katılımı, döngüsel ekonomi hedeflerinin gerçekleşmesi için önemli bir faktördür. Döngüsel yaklaşımların yalnızca yapısal veya yönetsel yaklaşımlar ile değil, aynı zamanda kullanıcı katılımları ile güçlendirilmesi gerektiği literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Murray, Skene & Haynes, 2017). Özellikle yaya mekanlarında sosyal döngüsellik, kullanıcı geri bildirimleri, katılımcı tasarım süreçleri ve atıkların ortak sorumluluk bilinciyle yönetilmesi üzerinde kurgulanmalıdır. Bu kapsamda, kamusal alanların tasarımında katılımcıların aktif rol oynaması, malzeme seçimleri, fonksiyonel dönüşüm ve yeniden kullanım gibi döngüsel süreçlerin toplumsal kabulle oluşmasını sağlar (Korhonen vd., 2018). Örnek olarak Avrupa'nın bazı kentlerinde uygulanan 'community repair cafe' ve 'urban recycling hubs' gibi yerel katılım projeleri, toplumun gündelik deneyimleri üzerinden döngüsel yaklaşımları anlamasını sağlamakta ve sosyal dayanışmayı geliştirmektedir (Prendeville, Cherim & Bocken, 2018). Bu doğrultuda, kentlerde döngüsel ekonomi ilkelerinin başarılı bir şekilde sağlanması için toplum katılımı desteklenmelidir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, kentsel yaya mekanlarında döngüsel ekonomi modelinin uygulanması çok boyutlu olarak ele alınarak bu yaklaşımların sürdürülebilir kentleşme hedefleriyle ilişkisi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda elde edilen bulgular, döngüsel ekonominin yalnızca yapısal boyutta fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak iklim kriziyle mücadelede de kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Malzeme döngüsünün sağlanması, yapı ve yüzey malzemelerinin tekrardan değerlendirilerek kullanılması, modüler tasarım anlayışının tasarım süreçlerine dahil olması yaya mekanlarını sürdürülebilirlik açısından değerlendirirken aynı zamanda esneklik kazandırmaktadır.

Kentsel yaya mekanlarında entegre atık yönetiminin sağlanmasıyla birlikte mikro ölçekte döngüler kurulmakta ve yerel geri dönüşüm, kompost sistemler gibi yenilikçi yaklaşımlarla kaynaklar yeniden değerlendirilebilmektedir. Bu doğrultuda, yalnızca fiziksel döngüsellik değil, ekonomik döngüsellik de sağlanmakta ve yerel ekonomiye katkı sağlanmaktadır. Fakat fiziksel ve ekonomik süreçlerin döngüsel ekonomi hedeflerine uygun şekilde gelişmesi için toplum katılımı önemli bir rol oynamaktadır. Kullanıcı katılımının sağlanması özellikle kamusal alanlarda, hem ihtiyaçların doğru bir şekilde belirlenmesi hem de tasarımların benimsenmesi açısından önemli bir faktördür. Sosyal döngüsellik kavramı, bu kapsamda kolektif üretim, paylaşım kültürü ve davranış değişiklikleri gibi dinamikler ile birlikte ele alınarak değerlendirilmelidir. Kullanıcılar sadece tüketici değil aynı zamanda üretici olarak döngüsellik sürecine dahil edilmelidir.

Sonuç olarak döngüsel ekonomi ilkelerinin yaya mekanlarına entegre edilmesi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında önemli bir araçtır. Bu entegrasyonun sağlanmasında tasarımcılar, kent plancıları, yerel yönetimler ve kullanıcılar arasında güçlü bir iş birliği sağlanmalıdır. Ayrıca bu yaklaşımlar politikalar ve yerel yönetim stratejileri ile desteklenmelidir. Bu kapsamda kamusal alanlarda döngüsel ekonomi ilkelerine dayalı stratejik, katılımcı ve esnek tasarım modellerinin geliştirilmesi hem mevcut alanların iyileştirilmesi hem de geleceğe dönük sürdürülebilir kent vizyonunun inşası açısından kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Avrupa Komisyonu. (2015). Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy (COM (2015) 614 final). Brussels: European Commission
- Bocken, N. M., de Pauw, I., Bakker, C., & Van der Grinten, B., (2016), Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Cities and circular economy for food.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *Circularity Indicators: An Approach to Measuring*
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Guo, Q. (2025). Waste management systems in urban planning for a sustainable future. *SDGsReview*, 5, 1–17.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380.
- Recycled Island Foundation. (2025). *Recycled Park Rotterdam*.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Folke, C., (2015), Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, *Science*, 347(6223), 1259855UN.
- Veral, E. S. (2018). Döngüsel ekonomiye geçiş doğrultusunda yeni tedbirler ve AB üye ülkelerinin stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488.
- Wilson, D. C., Velis, C. A., & Rodic, L. (2012). Integrated sustainable waste management in developing countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management*, 165(4), 201–208.
- Wysokińska, Z. (2016). The “New” Environmental Policy of the European Union: A Path to Development of a Circular Economy and Mitigation of the Negative Effects of Climate Change. *Comparative Economic Research*, 19(2), 57–73.

URL-1 (2025) Doğrusal ekonomi ve Döngüsel ekonomi işleyiş şablonu

<https://www.semtrio.com/blog/dongusel-ekonomi-modeli-tanimi-faydalari-ve-onemi> Erişim tarihi: 19.05.2025

URL-2 (2025) Döngüsel kentlerde 5R prensipleri

https://www.c40knowledgehub.org/s/article/City-Practitioner-Handbook-Circular-Food-Systems?language=en_US Erişim tarihi: 25.05.2025

URL-3 (2025) Hollanda, Rotterdam Recycled Park

<https://www.bartelsvedder.nl/portfolio/recycled-park-rotterdam-the-netherlands/?lang=en> . Erişim tarihi: 19.05.2025

URL-4 (2025) ABD, New York, 'Heads in the Clouds' sanat objesi

<https://www.archdaily.com/415655/head-in-the-clouds-pavilion-opens-in-nyc>.Erişim tarihi: 25.05.2025



BÖLÜM 2

Kent Ekosistemlerinde Yapay Sulak Alanların Kullanımı

Emine Kahraman¹ & Latif Gürkan Kaya²

1. GİRİŞ

Sulak alanlar, yeryüzünün en üretken ve en önemli ekosistemlerinden biri olarak kabul edilmekte hem doğal işlevleri, biyolojik çeşitlilikleri, ekosistem hizmetleri hem de ekonomik değerleriyle insan yaşamına sağladıkları katkılar nedeniyle stratejik bir değere sahip olmaktadır (Saraçoğlu, 2006; Erdem, 2018; Kahraman, 2023). Ramsar Sözleşmesi'nde, Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği'nde ve literatürdeki akademik çalışmalarda yapılan tanımlar, sulak alanların göller, bataklıklar ve sazlıklardan çok daha geniş bir yelpazeyi kapsadığını, aynı zamanda deniz kıyısı alanları, deltaları, taşkın ovaları ve hatta baraj gölleri gibi insan yapımı ekosistemleri de içerdiğini ortaya koymaktadır (Kahraman, 2023). Sulak alanların sunduğu ekosistem hizmetleri suyun depolanması, taşkın kontrolü, iklim düzenlemesi, karbon tutumu, besin döngülerinin dengelenmesi, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi ve rekreasyonel olanakların sağlanması şeklinde özetlenebilir. Sahip oldukları bu önemli değerlere rağmen, son 40 yılda yeryüzünde sulak alanların %35'i, Türkiye'de ise sulak alanların yarısı kaybedilmiş ya da bozulmuştur (WWF, 2011). Bu kayıp, hızlı kentleşme, tarımsal genişleme, sanayileşme ve iklim değişikliğinin de etkileriyle hızlanarak devam etmektedir.

Doğal sulak alanların korunmasının yanında, sulak alanların işlevlerini taklit eden yapay sulak alanların (YSA) geliştirilmesi giderek daha önemli hale gelmiştir. 1901 yılında ilk YSA uygulaması patentlendiği belirtilmiş olup özellikle 1950'li yıllarda Almanya'da bu uygulamanın yeniden canlandırılması ile Avrupa'da ortaya çıkan ilk uygulamalardan bu yana yapay sulak alanlar, atıksu arıtımı, su yönetimi, habitat oluşturma ve ekolojik restorasyon gibi işlevleriyle farklı alanlarda kullanılmaktadır (Kahraman ve Kaya, 2022; Vymazal, 2022). Yapay sulak alan uygulamaları ve çalışmaları ilk Almanya, Hollanda, Avusturya gibi Avrupa ülkelerinde ortaya çıkıp daha sonra 1980-1990'lı yıllarda İngiltere, Amerika, Avustralya, Afrika ve 2000'li yıllara doğru da Hindistan, Çin gibi Asya ülkelerinde yaygınlaşarak tüm dünyaya yayılmıştır (Brix, 1994; Varga vd. 2000, Vymazal, 2022). İlk önceleri kırsal alanlarda

¹ Akdeniz Üniversitesi, Serik Gülsün-Süleyman Süral MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye. ORCID: 0000-0001-8738-8017

² Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Burdur, Türkiye ORCID: 0000-0001-8033-1480

küçük ölçekli uygulamalar şeklinde geliştirilen bu sistemler, son yıllarda kentsel alanlarda yeşil altyapının, su yönetiminin ve iklim değişikliğine uyum politikalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu sistemler, bitki kök bölgelerinin, mikroorganizmaların ve substratın arıtım kapasitesinden yararlanarak kirleticilerin sudan uzaklaştırılmasını sağlar. Sistemde döngüdeki suyun baskın konumuna göre serbest yüzey akışlı (SYA) ve yüzey altı akışlı (YAA) sistemler olarak sınıflandırılan YSA'lar, günümüzde SYA ve YAA'ların farklı kombinasyonlarla birleştirilmesiyle oluşturulan hibrit sistemler aracılığıyla daha kapsamlı ekosistem hizmetleri sunabilmektedir (TÜBİTAK-MAM, 2011; Gökalp & Çakmak, 2015; Kumar vd., 2023).

Dünya geneline yayılan su krizi, YSA uygulamalarının kentlerdeki önemini artıran temel etkenlerden biridir. BM raporlarına göre, dünya nüfusunun yaklaşık %40'ı su stresi altında yaşamakta olup bu oranın önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir (UN, 2024). Nüfus artışı ve iklim değişikliği kuraklık, taşkın ve sel baskınları gibi riskleri artırırken, kentsel su yönetimini daha karmaşık hale getirip doğal habitatların parçalanması, biyoçeşitliliğin azalması gibi sorunları da daha belirgin hale getirmektedir (Eşbah Tunçay, 2021; Mamunlu Kocabaş, 2024; Rahımbaylı vd., 2024). Bu bağlamda doğa temelli çözümlerden biri olarak YSA'lar, atıksu arıtımı, yağmur suyu yönetimi, taşkın kontrolü ve suyun yeniden kullanımı gibi alanlarda kritik bir araç haline gelmiştir. Aynı zamanda atıksu arıtma tesislerine oranla enerji tasarruflu, düşük maliyetli ve yüksek ekolojik uyumlu oluşları bu sistemleri avantajlı kılmaktadır (Kahraman, 2023). Diğer taraftan parklar, kent ormanları, dere koridorları, göletler ve sulak alanları içeren bir ağ olan mavi-yeşil altyapı planlaması, günümüzde sürdürülebilir kent gelişiminin ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedir (Pasi & Smardon, 2011; Tülek & Ersoy Mirici, 2019; Selim vd., 2024; Olgun vd., 2025). Planlama yaklaşımlarındaki gelişmeler doğayı taklit eden ekolojik altyapı sistemleri olan YSA'ların, yalnızca atıksu arıtımında değil, aynı zamanda kent ekosistemlerinin yeniden canlandırılması, iklim değişikliğine uyum, rekreasyon alanlarının geliştirilmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi çok yönlü işlevlerine odaklanılmasını sağlamıştır (Kahraman, 2023; Yıldırım vd., 2023). Son yıllarda özellikle yoğun kentleşme baskısı altında kalan şehirlerde YSA'ların uygulanabilirliği üzerine çalışmalar artmıştır. Dünya genelinde çeşitli uygulamalar bu çok yönlü işlevlerin somut örneklerini sunarken, Türkiye'deki uygulama örnekleri ise daha çok kırsal alanlarda arıtma odaklı doğal arıtma tesisleri ve barajlar şeklinde öne çıkmakta ancak son yıllarda kent ölçeğinde sosyal, kültürel ve rekreatif işlevlerle öne çıkan sınırlı sayıda uygulama örnekleri bulunmaktadır. Dünya ve Türkiye'deki bu örneklerden; Çin'de Tianjin Qiaoyuan Parkı, Hollanda'daki Eva-Lanxmeer projesi, ABD'deki Yuma East Sulak Alanları, Hindistan'ın Delhi kentinde ise biyolojik çeşitlilik parkları ile Eskişehir Kent Parkı, Antalya Boğaçay Projesi

ve Fırat Nehri havzasındaki Karkamış-Nizip Ekopark Projesi bu çalışma kapsamında ele alınmaktadır.

YSA'lar, ekosistem hizmetleri, kentlerde su yönetimi ve iklim uyumu yönünden doğa temelli çözümler sunan stratejik sistemlerdir. Ancak literatürde bu sistemlerin söz konusu ekosistem, su yönetimi ve iklim uyumu boyutları kırsal alanlardaki arıtım işlevlerine kıyasla daha az çalışılmıştır. Türkiye'de bu sistemlerin uygulama sayısı da oldukça az olup mevcut uygulamaların çoğunluğu ise yalnızca teknik işlevlerle sınırlı kalmıştır. Bu nedenle YSA'ların çok yönlü işlevleriyle kent ekosistemlerine sağlayabileceği katkılarının ele alınması hem literatür hem de planlama ve uygulama çalışmaları açısından kritik bir boşluğu dolduracaktır. Bu bağlamda çalışmada, dünyadan ve Türkiye'den farklı uygulama örnekleri incelenerek, YSA'ların arıtım işlevinin yanında kentsel alanlarda sağladığı ekolojik, sosyal ve ekonomik katkılar değerlendirilmektedir.

2. DÜNYA'DAN YSA UYGULAMA ÖRNEKLERİ

2.1. Tianjin Qiaoyuan Sulak Alan Parkı (Çin)

Çin'in en büyük kentlerinden Tianjin'de kentsel gelişme nedeniyle tahrip edilip çöplük haline gelen bir alanın ekolojik restorasyonu amacıyla geliştirilmiş olan projenin 2006-2008 yılları arasında uygulaması tamamlanmıştır (Şekil 1). Yapısı bozulmadan önce tuzlalar ve sulak alanlardan oluşan 22 hektarlık bu alanda su hasadı, bitkisel filtrasyon ve peyzaj tasarımının birleştirildiği bu proje ile farklı büyüklüklere sahip 21 tane gölet yapılmıştır (Turenscape, 2025).



Şekil 1. Tianjin Qiaoyuan Sulak Alan Parkı (Landezin, 2011)

2.5. Delhi Biyoçeşitlilik Parkları (Hindistan)

Yoğun kentleşme baskısı altındaki Delhi’de Yamuna Nehri boyunca kurulan biyolojik çeşitlilik parkları (Şekil 5), Yamuna nehri ve Aravalli tepelerinin ekosistemlerinin korunması hedefiyle ortaya çıkmış ve geliştirilmiştir. Parklar kentsel atık suyun doğal yöntemlerle arıtılmasını sağlamakta, yeraltı suyu besleme ve yağmur suyu depolama gibi işlevlerle su toplama mozaïği geliştirmekte, bölge florasını ve faunasını sürdürülebilir kılmakta ve kent için yeşil koridor işlevi görmektedir (DBF, 2025).



Şekil 5. Delhi Biyoçeşitlilik Parkları-Yamuna Biyoçeşitlilik Parkı (DBF, 2025)

3. TÜRKİYE’DEN YSA UYGULAMA ÖRNEKLERİ

3.1. Doğal Arıtma Tesisleri

2003 yılında Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan özellikle nüfusu 2000’in altında olan belde ve köylerdeki Yapay Sulak Alan (Doğal Arıtma) projesi (Bozdoğan, 2009) Türkiye’de ilk YSA uygulamaları olarak kabul görmektedir. Bu kapsamda kısa zamanda Türkiye’de çoğu köy

yerleşimine YSA tesisleri kurulmuş ancak projelendirme veya uygulamada yapılan bazı hatalar sonucunda bu tesislerden birçoğu kısa süreli çalışmış sonrasında aksaklıkların giderilememesinden dolayı çalıştırılmamıştır (Göçmez vd., 2018). Bu proje kapsamında ilk uygulamalardan biri olan İzmir Torbalı Korucuk Köyü yapay sulak alanının uygulama sonrası görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. İzmir Korucuk Köyü Yapay Sulak Alanı (Demirörs, 2006)

3.2. Baraj ve Rezervuar Sistemleri

Tarımsal alanların sulanması ve elektrik enerjisi üretmek vb. amaçlarla inşa edilen baraj sistemleri, Türkiye'deki YSA uygulamalarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Türkiye'de Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre toplam 861 adet baraj bulunmakta ve bunların en büyükleri ise Şanlıurfa ve Adıyaman illeri arasında Fırat nehri üzerine 1992 yılında kurulan Atatürk (817 km^2) (Şekil 7) ve 1974 yılında Elâzığ ilinde Fırat nehri üzerine kurulan Keban barajlarıdır (675 km^2) (DSİ, 2025).

DSİ 2024-2028 Stratejik Planında 2028 yılı sonu itibariyle 364 gölet ve barajın daha tamamlanması ile depolanan su kapasitesinin $9,8 \text{ milyar m}^3$ daha artırılması ve Türkiye'nin toplam su depolama kapasitesinin de 193 milyar m^3 'e yükselmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2025a).



Şekil 7. Atatürk Barajı (Anonim, 2025b)

3.3. Eskişehir Kent Parkı

Proje çalışmaları 2005 yılında başlamış ve 2016 yılında uygulaması tamamlanmış olan Eskişehir Kent Parkı (Şekil 8), Eskişehir Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılmıştır. Kentin belirleyici noktalarından ve kentsel değerlerinden olan Porsuk çayı, bu proje ile sadece görsel bir öge olmanın ötesinde kentlilerin kullanımına açılarak aktif kamusal yaşamın önemli bir parçası haline dönüşmüştür (Anonim, 2025c). Aynı zamanda denize kıyısı olmayan Eskişehir halkı için parkın Porsuk çayı tarafında oluşturulan Türkiye'nin ilk yapay plajı ile bir plaja sahip olma ayrıcalığı sunulmuştur (Anonim, 2025d).

Çoğu park sistemlerinde olan klasik rekreasyon ve yeşil alan kullanımlarının yanı sıra Eskişehir Kent Parkında su kentin doğrudan bir parçası olarak görülmüş ve bu da su kenarı rekreasyonları, su yolu ulaşimleri, ağaçlıklarla yapılan düzenlenmelerle yaşam suyun merkezine taşınarak hayata geçirilmiştir (Anonim, 2025c).

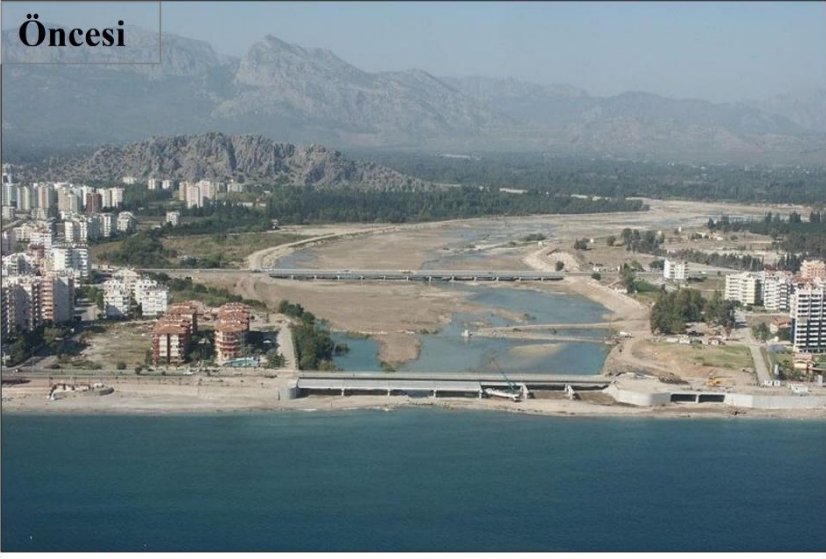


Şekil 8. Eskişehir Kent Parkı (Anonim, 2025d)

3.4. Antalya Boğaçay Projesi

Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından projede Boğaçay'ın denize döküldüğü noktada ve çevresinde taşkın kontrolü için altyapı yatırımları, sosyal ve rekreasyonel aktivite alanları oluşturulmuştur. Turizm ve rekreasyon odaklı bir ekolojik koridor projesi olup, kent ve kıyı ekosistemi arasında bir ekolojik bağlantı kurmaktadır.

2014 yılında ilk projelendirme çalışması yapılmış ancak taşkın riski, çay ağzında marina fikri, çayın taşıdığı kum ve çakılın tutulması ile kıyıda kumsal kaybı ve erozyon oluşabilmesi, halk ve otel plajlarının ortadan kalkması gibi sorunlar nedeniyle proje, 2015 ve 2017 yıllarında yenilenmiştir (Dipova, 2019). 2017 yılında tekrar yenilenerek marinanın öngörülmediği bu proje uygulamaya geçirilerek ilk etabı 2019 yılında tamamlanmıştır (Şekil 9). 3. etapta yapılması planlansa da 2019 yılı temmuz ayında projenin durdurulduğu açıklanmıştır (Anonim, 2025e).



Şekil 9. Antalya Boğaçayı eski hali ve Antalya Boğaçayı projesi I. etap uygulaması (Anonim, 2025f; Anonim, 2025g)

3.5. Karkamış-Nizip Taşkın Ovası Ekopark Projesi

Proje, Fırat Nehri boyunca sulak alan ekosistemini koruyarak ve yaşatarak tanıtmak, eğitsel ve rekreasyonel deneyimlerle farklı aktiviteler ve alanlar sunarak sulak alan bilincini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Proje (Şekil 10) kendi içinde 6 alt bölüme (ekopark alanı, kontrollü kullanım bölgesi, ekolojik koruma alanı ve sualtı araştırma merkezi, teras alanı, plaj alanı, rehabilitasyon alanları) ayrılmış olup projede henüz uygulama aşamasına geçilmemiştir (Anonim, 2025h, Anonim, 2025i).



Şekil 10. Karkamış-Nizip taşkın ovası sulak alanı ekopark projesi (Anonim, 2025h)

4. SONUÇ

Çalışmada kentsel alanlardaki yapay sulak alan uygulamalarının dünya genelindeki farklı ülkelere ait örnekleri araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda Türkiye dışındaki dünya örneklerinden çalışma kapsamında ele alınan Tianjin Qiaoyuan Parkı (Çin), Eva-Lanxmeer projesi (Hollanda), Yuma East Sulak Alanları (ABD), Delhi Biyolojik Çeşitlilik Parkları (Hindistan) uygulamalarının yalnızca su arıtımı değil, ekosistem restorasyonu, rekreasyon, toplumsal katılım ve eğitim gibi çok boyutlu işlevler üstlendiği görülmektedir. Türkiye’deki kentsel alan YSA uygulamalarından çalışma kapsamında ele alınan Eskişehir Kent Parkı, Antalya Boğaçay Projesi ve Fırat Nehri havzasındaki Karkamış-Nizip Ekopark Projesi örneklerinin ise söz konusu ekosistem restorasyonu, rekreasyon, toplumsal katılım ve eğitim gibi çok boyutlu işlevlerin ele alındığı uygulamalar açısından sayı ve işlevleriyle daha sınırlı kaldığı gözlenmektedir.

Çalışmada ele alınan yurtdışı örneklerden ulaşılan bir diğer önemli sonuç ise yapay sulak alanların kentsel alanda uygulanmasının, kentlerin ekolojik dayanıklılığını artıran doğa temelli bir çözüm niteliğinde olup YSA’ların iklim değişikliğine uyum, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, mavi-yeşil altyapıya ve sürdürülebilir kent planlamasına katkı sağladığını göstermektedir. Türkiye’de de bu sistemlerin kırsal alanlarda ve arıtma işlevi ile sınırlı kalmaksızın YSA’ların kentsel ekosistemlere entegre edilmesi aynı zamanda da peyzaj, rekreasyon, ekosistem restorasyonu, eğitim ve ekolojik koridor gibi çok

yönlü işlevleriyle ele alınması ve sayılarının artırılması, kentlerin ekolojik dayanıklılığı ve iklim uyumu açısından gelecekteki planlamalar için kritik önem taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, “*Yapay Sulak Alanların Kent Ekosistemi Üzerine Etkisi: Antalya-Konyaaltı Örneği*” başlıklı doktora tezi verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2025a). *DSİ'nin 5 yılda hizmete alacağı baraj ve göletler depolanan suyu 9,8 milyar metreküp artıracak*. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/dsinin-5-yilda-hizmete-alacagi-baraj-ve-goletler-depolanan-suyu-9-8-milyar-metrekup-artiracak/3175998>
- Anonim. (2025b). *Atatürk Barajı*. <https://www.euas.gov.tr/santraller/ataturk-hes>
- Anonim. (2025c). *Eskişehir Kent Parkı*. <http://www.arkiv.com.tr/proje/eskisehir-kent-parki/6595>
- Anonim. (2025d). *Kent Parkı*. https://www.eskisehir.bel.tr/sayfalar.php?sayfalar_id=68
- Anonim. (2025e). *Mahkeme kararıyla Boğaçayı Konut Projesi iptal edildi*. <https://www.haberimizvar.net/haber-mahkeme-karariyla-bogacayi-konut-projesi-iptal-edildi-9262.html>
- Anonim. (2025f). *Boğaçayı Projesi ile başladı! Konyaaltı Sahili'nde yok olma tehlikesi*. <https://www.haberturk.com/son-dakika-haberi-bogacayi-projesi-ile-basladi-konyaalti-sahili-nde-yok-olma-tehlikesi-2518170>
- Anonim. (2025g). *Boğaçayı ve Kruvaziyer Limanı Projesi'nin yanlış olduğu bilirkişi raporuyla doğrulandı. Antalya Sokakları*. <https://www.antalyasokaklari.com/sokak/bogacayi-ve-kruvaziyer-limani-projesi-yanlis-oldugu-bilirkisi-raporuyla-dogrulandi.html>
- Anonim. (2025h). *Karkamış-Nizip Taşkın Ovası Sulak Alanı Ekopark Projesi Hazırlandı. Gaziantep Belediyesi*. <https://www.gaziantep.bel.tr/tr/haberler/karkamis-nizip-taskin-ovasi-sulak-alani-ekopark-projesi-hazirlandi>
- Anonim. (2025i). *Karkamış-Nizip Taşkın Ovası Sulak Alanı Ecopark Projesi Tanıtımı*. <https://yandex.com.tr/yaozet/other/karkamis-nizip-taskin-ovasi-sulak-alani-ecopark-projesi-tanitimi-video-id1-O4zofXwi>
- Bozdoğan, E. (2009). *Kentsel Atık Suların Yapay Sulak Alanda Arıtılması ve Açık Yeşil Alan Sulamalarında Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması (Doktora Tezi)*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- Brix, H. (1994). Use of Constructed Wetlands in Water-Pollution Control - Historical Development, Present Status, and Future Perspectives. *Water Science & Technology*, 30(8), 209-223. <https://doi.org/10.2166/wst.1994.0413>

- Davison, R. (2019). Trustees Needed as Wetlands Project Enters Next Stage. *Otago Daily Times*. <https://www.odt.co.nz/regions/south-otago/trustees-needed-wetlands-project-enters-next-stage>
- DBF. (2025). Biodiversity Parks. *Delhi Biodiversity Foundation*. <https://www.delhibiodiversityparks.org/origin-concept.html>
- Demirörs, B. (2006). Çukurova Bölgesinde Yapay Sulak Alan Teknolojisinin Kırsal Alanda Kullanımının Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dipova, N. (2019). Antalya Boğaçay Rekreasyon Alanı Çalışmalarının Konyaaltı Sahiline Etkileri. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2): 71-76.
- DSİ. (2025). *Toprak Su Kaynakları*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>
- Erdem, O. (2018). Kentsel Yaşama Katkıları Yönünden “SU”yun Tasarım Biçimleri. *Plant Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi*, 8(27), 34-40.
- Eşbah Tunçay, H. (2021). *Suya Duyarlı Şehirler*. Türkiye Su Enstitüsü. ISBN: 978-605-7599-59-9. 158 s.
- Göçmez, S., Güngör, M., Akyürek, A., Şenyurt, M., Öztürk, A. & Karabuğa, M. Ç. (2018). Denizli İlinde Yapay Sulak Alanların Revizyonu: Bozkurt-Alıkurt Yapay Sulak Alan Örneği. *International Symposium on Urban Water and Wastewater Management*, 25-27 Ekim, 2018, Denizli.
- Gökalp, Z., & Çakmak, B. (2015). Yapay Sulak Alanların Atıksu Arıtımındaki Önemi. *Teknik Dergi*, 26(3), 7059–7075.
- Kahraman, E. (2023). Yapay Sulak Alanların Kent Ekosistemi Üzerine Etkisi: Antalya-Konyaaltı Örneği (Doktora Tezi). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Burdur.
- Kahraman, E., & Kaya, L. G. (2022). Yapay Sulak Alan Uygulamalarında Alan Seçim Kriterlerine Farklı Bir Yaklaşım: Antalya Çandır Çayı ve Yakın Çevresi Örneği. *D.Ü Ormancılık Dergisi*, 18 (1), 88-103.
- Kondolf, G. M., Atherton, S. L., & Rubin, Z. K. (2013). Yuma East Wetlands, Phases 1 and 2. Landscape Performance Series. *Landscape Architecture Foundation*. <https://doi.org/10.31353/cs0540>
- Kuipers, G. (2025). *Waardevol Wonen en Werken in de Ecologische Wijk Eva Lanxmeer*. <https://www.culemborgtoen.nu/de-ecologische-wijk-eva-lanxmeer-waardevol-wonen-en-werken-interview-met-initiatiefnemer-marleen-kaptein/>

- Kumar, S., Sangwan, V., Kumar, M. & Deswal, S. (2023). A survey on constructed wetland publications in the past three decades. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195:992. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11516-y>
- Landezin, (2011). Tianjin Qiaoyuan. *Landezine-Landscape Architecture Platform*. <https://landezine.com/tianjin-qiaoyuan-park-by-turenscape-landscape-architecture/>
- Lanxmeer, (2025). Eva-lanxmeer Project. <http://www.eva-lanxmeer.nl>
- Mamunlu Kocabaş, H. (2024). Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Suya Duyarlı Kentsel Planlama ve Tasarım Yaklaşımlarının Önemi. *Kent Akademisi Dergisi*, 17(5), 1611-1638.
- Olgun, R., Karakuş, N., Selim, S., Yılmaz, T., Erdoğan, R., Aklıbaşında, M., ... & Ardahanlıoğlu, Z. R. (2025). Impacts of Landscape Composition on Land Surface Temperature in Expanding Desert Cities: A Case Study in Arizona, USA. *Land*, 14(6), 1274. <https://doi.org/10.3390/land14061274>
- Pasi, N. & Smardon, R. C. (2011). Urban and rural treatment wetlands manual: a new/old green infrastructure. *A handbook for treatment wetlands in the agricultural/urban and suburban environments for the CNY region*. ABD: Environmental Finance Centre.
- Rahımbaylı, S., Kahraman, S. & Polat E. (2024). Su Riskinin Önlenmesinde Kentsel Peyzaj Tasarımının Rolü. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*. 5(1), 23-38.
- Saraçoğlu, S. (2006). Eskikaraağaç Köyü Evsel Atık Sularının Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Arıtma Yöntemiyle Arıtılması (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Selim, S., Kahraman, E., Selim, C., Olgun, R., Karakuş, N., Önen, E., ... & Çınar, İ. (2024). Potential Flood Risk Scenario and Its Effects on Landscape Composition Using Hydraulic Modeling (HEC-RAS) in Boğaçay Sub-Basin/Türkiye. *Applied Sciences*, 15(1), 219; <https://doi.org/10.3390/app15010219>
- Turenscape, (2025). *Qiaoyuan Parkı, Tianjin, Çin*. <https://www.turenscape.com/en/news/detail/208.html>
- Tülek, B. & Ersoy Mirici, M. (2019). Kentsel Sistemlerde Yeşil Altyapı ve Ekosistem Hizmetler. *PEYZAJ- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2, 1-11.
- TÜBİTAK-MAM. (2011). *Yapay Sulak Alan Sistemleri ve Türkiye Uygulamaları*. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yayını.

- UN. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for prosperity and peace*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388948>
- WWF. (2011). *Türkiye'nin Sulak Alanlarının Korunması: Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/2subat_bilginotu_1.pdf?1423/turkiyeninsulakalanlarininkorunmasibilginotu
- Varga, D., Oirschot, D., Soto, M., Kilian, R., Arias, C. A. & Pascual, A. (2000). Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment and Removal of Nutrients. *Technologies for the Treatment and Recovery of Nutrients from Industrial Wastewater*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1037-6.CH008>
- Vymazal, J. (2022). The Historical Development of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Land*, 11(2), 174; <https://doi.org/10.3390/land11020174>
- Yıldırım, H., Kahraman, E., & Kaya, L. G. (2023). Suyun Korunmasında Sünger Kent Kavramı Ve Etkileri. *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Uluslararası Araştırmalar*, Bölüm 3, 55-90. Platanus Publishing.
- Yu, K. (2010). Qiaoyuan Park, Tianjin-An Ecosystem Services-oriented Regenerative Design. *Topos*, 70, 28–35.



BÖLÜM 3

Kentsel Biyoçeşitlilikte Kuş Çeşitliliği: Ekosistem Hizmetlerinden Tasarım Stratejilerine*

*Sedat İnək*¹

1. GİRİŞ

Kentleşme, dünya tarihinin en kapsamlı ve dönüştürücü süreçlerinden biridir, dünya nüfusunun yarısı (2014 - %54) kentlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler Nüfus Bölümü'nün 2014 tarihli *World Urbanization Prospects* (WUP) raporuna göre dünya nüfusu hızla kentlere yönelmektedir. 1950'de 746 milyon olan kent nüfusu 2014'te yaklaşık 3,9 milyara ulaşmıştır ve 2050 yılında bu oranın %66'ya çıkması beklenmektedir. Bu artışın yaklaşık %90'ı Asya ve Afrika'da gerçekleşecektir (United Nations, 2014a). Bu gelişmenin en belirgin göstergelerinden biri de 10 milyonun üzerinde nüfusa sahip megakentlerdir. 2014 itibarıyla bu 28 megakentin 16'sı Asya'da yer almaktadır: *Tokyo* (38 milyon), *Delhi* (25 milyon), *Şanghai* (23 milyon), *Mumbai*, *São Paulo* ve *Mexico City* (her biri yaklaşık 21 milyon), *Osaka* (20 milyon), *Pekin* (20 milyon civarı). Ayrıca Latin Amerika'da dört, Afrika'da üç, Avrupa'da üç, Kuzey Amerika'da iki megakent bulunmaktadır. New York–Newark bölgesi ile Kahire'de ise yaklaşık 18,5 milyon kişi yaşamaktadır (United Nations, 2014a).

Türkiye'nin en büyük kentsel alanı olan İstanbul da bu dönemde megakentler arasında yer almakta, 2014 yılında yaklaşık 13,95 milyon, 2030 projeksiyonlarında ise 15 milyonu aşan bir nüfus büyüklüğüne ulaşacağı öngörülmektedir (United Nations, 2014b). Bu milyonlarca insanın sebep olduğu hızlı kentleşme, 21. yüzyılda sürdürülebilir kent yönetimini insanlığın karşı karşıya olduğu en önemli gelişim sınavlarından biri haline getirmektedir.

Artan nüfus, doğal kaynak tüketimi ve doğal ekosistemlerin parçalanmasına neden olmaktadır. Bu durum alan kullanım planlanmasında önemli olan ekolojik, sosyolojik ve ekonomik arka planı önemli hale getirmektedir (Karadağ ve Yıldız, 2013). Bu süreçte doğal ekosistemlerin yerini alan karma kentsel ekosistemler, doğal süreçleri ve biyolojik çeşitlilik üstünde baskı oluşturmaktadır. Bu bağlamda kentsel biyoçeşitliliği korumak ve desteklemek

* Devam etmekte olan “İstanbul Anadolu Yakası Açık Yeşil Alanlarında Kuş Komünite Çeşitliliği ve Yoğunluğunun Değerlendirilmesi” adlı doktora tezinden üretilmiştir. Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Düzce.

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce, ORCID: 0000-0001-7214-9558

için, ekolojik ilkeler temelinde geliştirilmiş, doğal süreçleri gözeten, doğal, kırsal ve kentsel peyzajları bütüncül değerlendiren bir planlama yaklaşımı gerekmektedir (Demiroğlu, vd. 2014; Karadağ ve Cengiz, 2018; Karadağ, 2018,).

Fauna gruplarından kuşlar, ekosistemlerin kalitesinin izlenmesinde sıklıkla biyolojik indikatör olarak kullanılmaktadır. Kuşlar dünyanın tüm ekosistemlerinde yaygın olmaları, gözlem ile tespit edilip tanımlanmalarının ve sayılmalarının daha kolay olması, diğer taksonlardan daha iyi bilinmeleri sayesinde biyoçeşitliliğin korunması ve izlenmesi için kolaylık sağlamaktadır. Besin ağlarında yüksek trofik düzeyleri işgal etmeleri ve çevresel değişimlere duyarlı olmaları nedeniyle, kuş popülasyonlarının eğilimleri çoğu zaman diğer türlerin eğilimlerini yansıtır. Birçok diğer yaban hayatı grubunun dağılımı genellikle kuşların dağılımına paralel biçimde görülür. Kuş türlerinin sayısı, anlamlı örüntülerin ortaya çıkması için yeterlidir; ancak arazi çalışmalarında tanımlamayı ciddi biçimde zorlaştıracak kadar da fazla değildir (BirdLife International, 2022). Aynı zamanda eski çağlardan beri popüler olan kuşlar, estetik yönleriyle de insanla daima kültürel anlamda bağ kurmuşlardır. Bu durum günümüzde çevre koruma projelerinde ve alan yönetiminde başvuru alan farkındalık çalışmaları için güçlü bir unsurdur.

Biyoçeşitliliğin belirli türler üzerinden izlenebilmesi için, öncelikle uygun mekânsal ölçeğin doğru seçilmesi gereklidir. Forman (2014), kentlerin iki mekânsal ölçekte incelenmesini önermektedir. İlk olarak iç kısımda metropol alanı ile dışta kentsel bölge iç içe geçmiştir ve birbirine bağlıdır ve kentsel bölgelerin ekolojisi ile giriş çıkışların ve hareketlerin bütünsel ele alınması gereklidir. Kentler birer birim kent olarak değil kentsel bölgeler olarak anlam ifade etmektedirler. İkinci olarak da kentsel mozaikler yani lekeler ve koridorların çeşitliliği ve ekolojisidir. Bu bütün içerisinde yalnızca leke olan parklara ve diğer yeşil alanlara odaklanmamak gerekmektedir. Kentsel mozaiklerin ekolojisi bu mekânsal örüntülerin ekolojisidir.

Günümüzde disiplinler arası işbirliği ve bütüncül bakış açısı, ekolojik çalışmalarda giderek öncü bir yaklaşım hâline gelmiştir (Karadağ ve Cengiz, 2018; Demiroğlu vd., 2019). Bu nedenle canlıların biyolojisinin, ekosistem hizmetlerinin, kilit taşı türlerin, ekoton bölgelerin belirlenmesi, kırsal ve kentsel ekosistemlerin bu bilgiler doğrultusunda planlanması ve tasarlanması multidisipliner uzmanlık bakış açısı gerektirmektedir.

2. KUŞLARIN EKOLOJİK İŞLEVLERİ

Kuşlar, ekosistem hizmetlerini sağlayan en çeşitli gruptur. Tür çeşitliliği, habitat sağlığı ve ekolojik denge hakkında önemli ipuçları sunan kuşlar; tozlaşma, tohum dağılımı, zararlı böceklerin biyolojik kontrolü, habitat oluşturma, barınma alanı sağlama ve leşlerin bertarafı gibi ekosistem hizmetlerine katkıda bulunmaktadır (Belaire et al., 2022; Byrd et al., 2024; Zhang et al., 2025).

Kuşlar sulak alanlarda, ormanlık alanlarda, tarım alanları çevrelerindeki sınır alanlarda, kırsal ve kentsel tüm yeşil alanlarda tozlaşma ve tohum yayılımı hizmetleri sağlamaktadır. Meyve ile beslenen kuşlar (ör. ardıç, ötleğen, sığırcık, kargagiller), meyveleri yedikten sonra tohumları farklı noktalara taşır ve dışkılarıyla bırakır. Bu şekilde ağaç ve çalıların, bataklık ve kıyı bitkilerinin tohumlarının yayılımı ile bitki ekosistemlerinde biyokütle ve toprakta karbon birikimi de artar. Hem karbon tutumunun hem de sel/erozyon kontrolünün önemli bileşeni olan sulak alan bitkilerinin rejenerasyonuna katkıda bulunmuş olurlar. Orman kuşları (ör. ardıç kuşları, ispinozlar) orman açıklıklarına veya bozulmuş alanlara tohum taşıyarak yeniden ormanlaşmayı doğal olarak hızlandırır. Böylelikle habitat restorasyonu ve yönetimi sayesinde iklimi düzenlemektedirler (Belaire et al., 2022; Byrd et al. 2024).

Farklı kıtalarda yaşayan, sun birds (Afrika), humming birds (Amerika), honey eaters (Avustralya) gibi kuş türleri çiçekten nektar alırken polen taşır. Bu kuşlar kuş tozlaşmasına uyum sağlamış çiçeklerin döllenmesini ve genetik çeşitliliğini korur. Çiçekli bitkilerin çoğalması, hem karbon bağlayan yeşil örtünün genişlemesine hem de tohum/ meyve üretimi ile gıda ağlarının desteklenmesine katkı verir (Gatesire et al. 2014).

Böcekçil ve yırtıcı kuşlar hem zararlı böceklerin hem de kemirgenlerin populasyon kontrolünü sağlamaktadır (Gatesire et al. 2014; Belaire et al., 2022). Serçeler, sinekkapanlar, ardıçkuşları, ağaçkakanlar ve kiraz kuşları gibi türler; tırtıl, çekirge, yaprakbiti, kabuk böceği gibi bitki zararlısı böcekleri tüketir. Böylece orman ve tarım alanlarındaki zararlı popülasyonlarını baskı altında tutar, tarımda pestisit ihtiyacını azaltır. Yüksek yoğunluklu kemirgen popülasyonlarının bulunduğu tarım alanları veya kırsal sulak alanlarda, yırtıcı kuşlar kemirgen bolluğunu baskılamaktadır. Böylece hastalık vektörleri taşıyan böceklerin (sıtma taşıyan sivrisinekler) ve hantavirüs taşıyan kemirgenlerin kontrolünü sağlamış olurlar. Bununla birlikte kemirgenlerin tarım ürünlerine verdiği zarar azaldığından yine pestisit kullanımını azaltmış olurlar.

Tarım alanlarında bazı kerkenez ve baykuş türlerinin kemirgenlerin kontrolünü sağlaması ve bu türlerin tünemeleri için direklerin dikilmesi, yuva kutularının asılması gibi deneysel çalışmalar yapılmıştır (Luna et al., 2020; St. George & Johnson, 2021; Ronen et al., 2025). Peçeli baykuş (*Tyto alba*), puhu (*Bubo bubo*), kukumav (*Athene noctua*) gibi türler başlıca tarla faresi, sıçan gibi küçük memelileri avlamakta ve kemirgenleri beslenme bölgelerinden caydırmaktadır (Brown et al., 1988). Örneğin bir çalışmada, Peçeli baykuşun, 8 çeşit kemirgenle beslendiği belirtilmiştir (Figuerola et al., 2009). Şahin, kerkenez, atmaca, kartal gibi türler de tarla ve açık alanlardaki kemirgenleri avlayarak popülasyonlarını düzenlemektedir. Bir baykuş ailesi, yavrularını büyütme sürecinde toplam ~1000 kadar kemirgen toplayabilmektedir. Bu popülasyon dengesinde önemli bir kontrol düzeyidir (St. George & Johnson, 2021).

Bazı türler kilittası veya ekosistem mühendisleri olarak ekosistemdeki diğer canlılara yuva, besin, habitat oluşturma hizmeti sağlarlar. Popülasyonların kontrolü ile biyolojik çeşitliliği artırıcı etkileri olabilir. İstilacı veya baskın türlerin dengede kalmalarını sağlayabilmektedirler. Ağaçkakanlar birincil oyuk yuvalayıcılardır ve genellikle üremek için her yıl yeni oyuk kazdıklarından birçok ikincil oyuk yuvalayıcılar veya zayıf oyuk kazıcılar onların kazdıkları oyuklarda yuvalama ve tüneme davranışı sergilemektedir (Michalcuk & Michalcuk, 2011; Ciach & Froehlich, 2013). Baykuş, yaras, sincap, arı, bazı mantar ve böcek türleri, papağanlar, ötücü kuş türleri bu yuvaları barınak olarak üreme - kışlama için kullanabilmektedir. Hem ağaç gövdelerini oyarak altındaki larva ve böcekleri ortaya çıkarma ve diğer omurgalı hayvanlara beslenme kolaylığı sağlama hem de zararlı böceklerden ağaçları arındırma gibi işlevleri de vardır. Ağaçkakanların tercih ettikleri ağaç türlerinde, ölü veya canlı ağaçlarda açtıkları oyukları kullanan, bazı larva veya böceklerle beslenmek için açtıkları deliklerden faydalanan omurgalı hayvanların çeşitliliği üzerine yapılan çalışmalar sebebiyle biyolojik çeşitliliği artırıcı yönleri olduğu bilinmektedir.

Yüksek trofik seviyesinde yani besin zincirinin üstünde yer aldıkları için özellikle leşçiller, biyokütle geri dönüşümü sağlamaktadırlar. Leşçil olan Akbabalar, Kargalar, Martılar doğadaki ölü hayvanları hızla parçalayarak besin döngüsünü hızlandırır ve sera gazı salımlarını azaltır. Akbabaların leşçil faaliyetleri, leşlerin tüketimini hızlandırır ve mikrobiyal ayrışması sonucu açığa çıkacak karbondioksit ve metan salımını azaltmaktadır. Bir çalışma, akbabaların küresel ölçekte yıllık 3,03 ile 60,70 Tg CO₂ eşdeğer emisyonun oluşmasını engelleyebileceğini, leşlerin doğal ayrıştığı durumda bu azalmanın yılda 13,02 Tg CO₂'ye ulaşmakta olduğunu belirtmiştir (Plaza & Lambertucci, 2022).

İngiltere'nin bir kentinde yapılan başka bir deneysel çalışma ise, leş biyokütlesinin %73'ünün omurgalı türler tarafından bertaraf edildiğini, bu omurgalı türlerin de Leş kargası (*Corvus corone*), Saksığan (*Pica pica*) ve Kızıl tilki (*Vulpes vulpes*) türleri olduğunu belirtmiştir (Inger et al., 2016). Giderek artan kentleşmede, av dışı ölümlerin doğal ekosistemlerden daha çok olabileceği ve bunların bertarafının kente uyum sağlamış olan karga, martı ve diğer omurgalı türlerle sağlanabileceği tahmin edilmektedir. Aynı zamanda genellikle karga ve martı gibi türlerin popülasyonları kentlerde oldukça yüksektir ve emisyonların azaltılmasında etkisi olabilir (Callaghan et al., 2021; Plaza & Lambertucci, 2022).

Popüler ve estetik yönleriyle, gözlem kolaylığı da sağladıklarından ekoturizm potansiyeli yaratmaktadırlar. Bu sayede ekonomiye dolaylı yollardan katkı sağlayabilmektedirler (Çalışkan et al. 2012; Byrd et al. 2024; Zhang et al., 2025). Kuş gözlemcileri, ekonomileri çeşitlendirerek ekonomik kaynaklar getirebilir ve kuş habitatı olan bölgelerde biyoçeşitliliğin korunmasına katkıda bulunabilir. Çin'de yapılan bir çalışmada, ekolojik kuş gözlemciliğinin kişi başına düşen rekreasyon değerinin genel ekoturizmin 3,9 katı olduğu, kuş gözlemcilerin seyahat maliyetlerinin genel ekoturistlerden daha yüksek olduğu ve toplam seyahat harcamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Liu et al., 2021). U.S. Fish and Wildlife Service (2024) raporu, 2022 yılında 96 milyon kuş gözlemcisinin seyahat, katılım ve ekipman harcamalarına ilişkin, toplam 279 milyar ABD doları endüstri çıktısını, 1,4 milyar işi ve 90 milyar ABD doları iş gelirini desteklediğini belirtmiştir.

Türkiye'de ekoturizm potansiyeli yaratan, Bursa'nın Karacabey ilçesindeki Eskikaraağaç Köyünde, her yıl aynı yuvaya gelen "Yaren Leylek" örneğidir. Leylek Köyü diye de anılan bölge, ulusal ve uluslararası ölçekte tanınmış ve kısa sürede önemli bir kuş temelli ekoturizm destinasyonu hâline gelmiştir. 2011 yılında Eskikaraağaç Köyü, Almanya merkezli Avrupa Leylek Köyleri Ağı (European Stork Villages Network / EuroNatur) tarafından, leyleklerin korunması ve insan-leylek uyumuna dayalı ekoturizm faaliyetlerini destekleyen yerleşimlere verilen, Avrupa Leylek Köyü (European Stork Village) ünvanını almıştır (EuroNatur, 2011). Yaren Leylek'in hikâyesi (balıkçı Adem Yılmaz ile dostluğu) de köyün turizm çekiciliğini artırmış ve popülerlik kazandırmıştır. Leyleklerin varlığı, köydeki doğal sulak alan ekosistemlerinin korunmasına yönelik farkındalığı artırırken, gelen ziyaretçilerin de yerel halkın yetiştirdiği ürünleri, el sanatlarını ve geleneksel gıdaları satın alması sayesinde doğrudan ekonomik katkı sağlamaktadır (Anadolu Ajansı, 2024). Böylece kuşların korunması ve habitat sağlığının sürdürülmesi, hem ekolojik ekosistem

hizmetlerinin devamlılığını güvence altına almakta hem de yerel topluluklar için sürdürülebilir bir ekoturizm potansiyeli yaratmaktadır.

3. KENTSEL ALANLARDA KUŞ ÇEŞİTLİLİĞİNİN AZALMASININ EKOSİSTEM FONKSİYONLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Kentsel ekosistemlerde yoğunlaşan insan nüfusuyla birlikte kaybedilen doğal alanlar, sıkışan ağaçlık, çalılık veya çayırılık yeşil araziler neticede biyolojik çeşitlilik üzerinde bir baskı ve negatif etki yaratmaktadır. Bununla birlikte kente ve insana uyum sağlamayı başarmış ve bir şekilde kendine niş yaratmış türler de bulunmaktadır. Yoğunlaşan kent kültüründe, atıkların da artmasıyla sayıca ve hacimsel olarak artan atık merkezleri, çöp alanları hem göç esnasında hem de yerli kuş türleri için yıl boyunca, hastalık yapıcı tehditleriyle beraber hazır besin alanı oluşturmaktadır. İnsanlar doğa üzerinde hem olumsuz hem de olumlu etkilerde bulunabilirler. Ayrıca doğa da insanlar üzerinde hem olumsuz hem de olumlu etkilerde bulunur (Forman, 2010a).

Kentsel büyüme, arazi kullanımındaki değişim ve habitat parçalanması kuş çeşitliliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Çeşitliliğin azalması yalnızca belirli türlerin kaybı anlamına gelmez; aynı zamanda bu türlerin sağladığı ekosistem hizmetlerinin de kaybına yol açar. Özellikle besin ağının üst seviyelerinde yer alan yırtıcı kuşlar ile tozlayıcı ve tohum dağıtıcı kuşların azalması, biyolojik kontrol, tozlaşma ve habitat yenilenmesi gibi temel ekolojik süreçlerin zayıflamasına neden olur. Bununla birlikte bir metropolde yeşil alanları tamamen kaldırıp betonlaşmayı arttırdığınızda zaten tozlaşmayı sağlayacak, habitatı yönetecek ve biyokütleyle yardımcı olacak omurgalı kuş ve memeli türlere de ihtiyaç kalmayacaktır. Peki tamamen yeşil alanı olmayan bir kent mümkün müdür? Bu sorunun cevabı ne olursa olsun, insanoğlunun tamamen beton yığınları arasında yaşamasının mümkün olmadığı aşıkardır. Biyoçeşitliliği korumak ise yalnızca yaşadığımız kent ve bölgeyle alakalı değildir. Doğa bir bütündür ve koridor denilen bağlantılar, leke denilen matris içerisindeki destekleyici alanlar ekolojik olarak yönetilmeden doğanın bize olumlu anlamda hizmet edemeyeceğini artık biliyoruz.

Kuş topluluklarının çeşitliliği ve yoğunluğu, bitki örtüsünün yenilenme hızını, karbon tutum kapasitesini, zararlı böcek ve kemirgen popülasyonlarının kontrolünü ve dolayısıyla ekosistem direncini doğrudan etkileyeceği tahmin edilmektedir. Örneğin kentlerde çiçekli bitkilerle beslenen kuşların sayısındaki azalma, polen taşınmasının düşmesi ve özellikle park ve bahçelerdeki bitkilerin üreme başarısının gerilemesi uzun vadede habitatların sınırlanması ve genetik

çeşitliliği etkileyeceği anlamına gelmektedir. Benzer biçimde böcekçil kuşların kaybı, kent peyzajındaki bitki zararlılarının çoğalmasına hem ekolojik hem de ekonomik maliyetlerin yükselmesine neden olabilir.

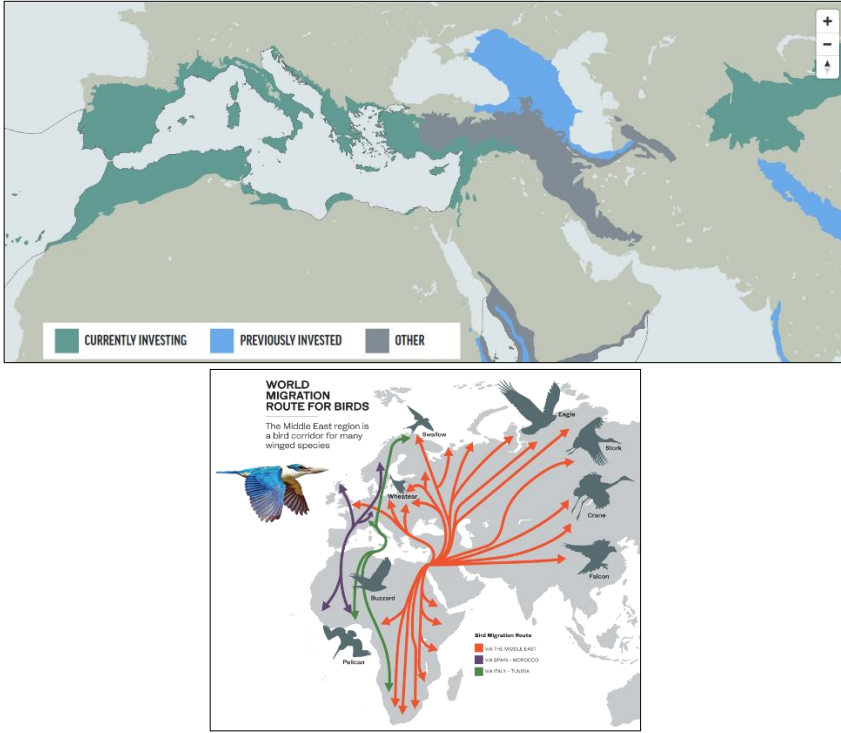
Doğal yollarla oluşan ekolojik ağların bozulması, özellikle koridor işlevi gören yeşil alanların oranlarının düşmesi veya azalması, yerli ve göçmen kuşların kentsel peyzajdaki hareketliliğini engelleyerek gen akışını kısıtlayacaktır. Türlerin genetik çeşitliliğinin ve adaptasyon yeteneğinin düşmesi; dolayısıyla iklim değişikliğine karşı ekosistemlerin uyum kapasitesini de azaltır. Biyolojik aktiviteyi artıran kuşların azalmasıyla bitki çeşitliliği ve biyokütlesinin azalması ve dolaylı olarak olumlu anlamda iklim düzenleme etkisi de azalmaktadır. Lessi et al., (2020) çalışmasında, kentten doğal bir gradyana doğru kuş zenginliğinin artmasıyla hava kirliliği, soğutma etkisi ve PM10 uzaklaştırma kapasitesi bakımından değişim araştırılmıştır. Tamamen kentsel matris içindeki noktalar, en düşük kuş zenginliği, en düşük soğutma ve en düşük PM10 uzaklaştırma (havada çapı 10 mikrometreden (μm) küçük olan ince toz parçacıkları ve aerosoller) değerlerine sahiptir. Bu durum, kent merkezlerinde yeşil altyapı eksikliğinin iklim düzenleme ve hava kirliliği kontrolü gibi düzenleyici ekosistem hizmetlerini zayıflattığını, buna karşın insan yapımı altyapı sayesinde rekreasyon hizmetlerinin öne çıktığını göstermektedir.

Kuş çeşitliliğinin korunması, yalnızca doğrudan kuş popülasyonları için değil, aynı zamanda kentsel ekosistemlerin işlevselliğinin sürdürülmesi için kritik görülmektedir. Bu nedenle kentsel planlama ve peyzaj yönetiminde biyolojik çeşitliliğin, özellikle de kuş topluluklarının korunması ve desteklenmesi, sürdürülebilir kent ekolojisinin temel bileşeni olarak ele alınmalıdır.

4. KENTSEL ORTAMLARDA KUŞ ÇEŞİTLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kentsel ekosistemlerde kuş çeşitliliğini etkileyen faktörler; yoğun ve geçirimsiz betonlaşma çeşitleri ile yüksek yapılaşmış alan yoğunluğu, habitat çeşitliliği, habitatlar arasındaki bağlantısallık, ağaç ve çalı bitki çeşitliliği, yeşil alanların oranları, su kaynaklarının varlığı, coğrafi konum ve iklim, biyolojik çeşitlilik sıcak noktalarına yakınlık, göç yollarına yakınlık (*Şekil 1.1*) gibi birçok genel olarak bilinen faktörlerle alakalıdır. Bunları belirli sistematik başlıklara indirgersek; (i) peyzaj yapısının bileşimi ve düzeni (yeşil alan oranı, yama büyüklüğü, kenar/çekirdek oranları), (ii) habitat kalitesi (bitki tür zenginliği, katmanlılık, bağlantısallık, yaşlı ağaç ve ölü odun varlığı, su varlığı)

ve (iii) antropojenik baskılar (yapı yoğunluğu, gürültü, ışık ve hava kirliliği, evcil hayvan baskısı) olarak özetlenebilir. Bu temel faktörler, türlerin beslenme, barınma ve üreme gibi temel yaşam gereksinimlerini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 1.1. Küresel Biyolojik Çeşitlilik Sıcak Noktaları (solda). Kaynak: Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF, n.d.). Asya-Avrupa-Afrika Kuş Göç Yolları Haritası (sağda). Kaynak: ShareScreen Africa (2023).

Akdeniz Havzası, Kafkasya ve İrano-Anadolu biyoçeşitlilik sıcak noktalarıdır ve ülkemizde bu bölgeler büyük bir alanı kapsamaktadır. Kafkasya, Karadeniz–Hazar arasındaki ~500 bin km² dağlık alanda yüksek hayvan çeşitliliğine sahiptir. Akdeniz Havzası, dünyanın 2. büyük sıcak noktasıdır; sürüngen ve endemik bitki çeşitliliği yüksektir. İrano-Anadolu, İç Anadolu’nun büyük bölümü ve Doğu Anadolu’nun önemli kısmı (yüksek plato/dağ kuşakları, Toros sistemi iç kesimleri) çok sayıda yerel endemizm merkezi içermektedir (Critical Ecosystem Partnership Fund -CEPF, n.d.).

Türkiye’de ana kuş göçü rotalarının ve biyoçeşitlilik sıcak noktalarının örtüştüğü bölgelerde kentsel ve kırsal planlamanın daha da önemli olduğunu vurgulamak gerekir. Bölgelerin hâlihazırda yüksek biyoçeşitlilik rezervi ve potansiyeli mevcut olduğundan, Forman (2014)’ın dediği gibi olaya daha büyük pencereden kentsel bölgelerin ve kentsel mozaiklerin ekolojisi olarak bakmak ve bir bütün olarak planlamak daha uygun olacaktır. Yönetilen alanlarda var

olan biyolojik çeşitliliği korumak veya yeniden planlamak ya da düzenlemek için habitat yönetimi gereklidir. Habitat yönetiminin inceliklerini anlayabilmek için ise temelde türlerin hayati gereksinimlerinin anlaşılması elzemdir.

4.1. Yeşil Alanların Büyüklüğü ve Habitat Çeşitliliği

Yoğun biçimde kentleşmiş alanların genellikle yalnızca birkaç baskın türe yaşam alanı sağladığı ve bunun da biyotik homojenleşmeye yol açtığı varsayılmaktadır (Ferenc et al. 2014). Yeşil alanların (lekeler) büyüklüğünün koridorlarıyla veya peyzaj düzeyindeki arazi örtüsü çeşitliliği ile birlikte tür zenginliği üzerinde olumlu etki yarattığı bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Beninde et al., 2015; Chiron et al., 2024). Bu güçlü etkinin en çok kuş taksonlarında, sonrasında böceklerde ve en az bitki çeşitliliğinde olduğu saptanmıştır (Beninde et al., 2015). Bununla birlikte kentsel alanlar da büyüdükçe bölgedeki tür çeşitliliğini daha iyi yansıtabilir; Ferenc et al. (2014) çalışmasında, tür zenginliğinin kent alanı büyüdükçe arttığını, en büyük kentlerde bölgesel havuzdaki türlerin %70–80’inin bulunduğunu belirtmiştir.

Chiron et al. (2024) çalışmasında, habitat çeşitliliği arttıkça arazi örtüsü parça büyüklüklerinin de azaldığını yani her bir habitat tipinin kapladığı ortalama alanın azaldığını vurgulamıştır. Daha çok habitat tipi genel tür zenginliğini artırabilir ancak belirli habitat tiplerine duyarlı hassas türler için parça küçüklüğü negatif etki yaratabilir. Kentsel yeşil alanlar ne kadar büyükse o kadar birey barınma, beslenme ve üreme olan temel ihtiyaçlarını gidrecektir. Birey sayısının fazla olması büyük popülasyonlar anlamına geldiğinden, daha fazla başarılı üreme oranı ve genetik çeşitliliğin korunması demektir. Aynı zamanda küçük popülasyonlara göre rasgele yok olma risklerinin de azalması demektir. Büyük kentsel yeşil alanlar, kesintisiz habitat sunar, yüksek kenar etkisinden (edge effect) ve parçalılık baskısından daha az etkilenirler. Bu da kentten kaçınan ve alan duyarlı kuş türleri için bir fırsattır. Ayrıca kentten kaçınan türlerin tür zenginliğindeki payı, büyük yeşil alanlarda ve bitişik/yakın peyzajdaki arazi örtüsü çeşitliliği olan yeşil alanlarda daha büyüktür. Türler bu kentsel yeşil alanlarda üremeseler de, bu alanları beslenme ve üreme dönemi eş arama, kur yapma, sonrasında yavru besleme davranışları için kullanmaları büyük olasılıktır.

Bir kentte küçük yeşil alanlarda planlama yapılırken habitat çeşitlendirmesi yeterli görülmemelidir. Türlerin kullandığı bir etkin alan büyüklüğü vardır ve çeşitliliğin fazla alanların küçük olduğu durumlar biyoçeşitliliği desteklemeyecektir. Öncelik kuş zenginliği için büyük yeşil alanlardır. Chiron et al. (2024) çalışmasında en az 4,4 hektar en fazla 53,3 hektarlık yeşil alan

büyükliklerinden bahsetmektedir. Kentsel ortama uyum sağlayan türler için küçük alanlar yeterli olabilir. Ancak kentten kaçınan türler için büyüklük alt limitini 27 hektar olarak tanımlamıştır. Kentten kaçınan türlerin de küresel olarak daha fazla risk altında türler olduğunu vurgulamıştır.

Yeşil alanların türler üzerindeki önemli etkilerinden biri de çekirdek habitat miktarı ve kenar etkisi bir de çekirdek-kenar oranıdır. Büyük ve süreklilik gösteren lekeler, kenar baskısının (predasyon, istilacı türler, insan rahatsızlığı) görece düşük olduğu, iç habitat gereksinimi yüksek olan alan duyarlı türler için elverişlidir. Örneğin orman içi türler, ağaçkakanlar, ötlegenler, sinekkapanlar, baykuşlar vb. Buna karşılık küçük ve dağınık lekelerde, kenar etkisi alanı büyük, çekirdek habitat alanı çok küçüktür. Toleranslı kente uyum sağlamış kuş türleri artar. Bu örüntü, park ve koru ölçeğinde ağaç yaşı ve ölü odun varlığıyla, dikey ve yatay bitki topluluk yapısı ve bağlantısallık-geçirgenlik ile birlikte değerlendirildiğinde daha da belirginleşir.

Peyzajdaki bağlantısallık (connectivity) ve geçirgenlik (permeability) de kuş topluluklarının sürekliliği açısından belirleyicidir. Yeşil koridorlar, ekolojik köprüler ve kenar habitatlar ile birlikte, izole lekeler arasında türlerin hareketini kolaylaştırmaktadır. Bu bağlantılar yerli ve yaz göçmeni türlerin hareketi için önemli olduğu kadar göç eden türler için de yaşamsaldır. Parçalanma ve bariyer etkisi (geniş yollar, yoğun yapı adaları) hareket etkisini ve tür zenginliğini düşürür. Kentsel mozaikte leke-koridor-matris ilişkilerinin bütünsel yönetimi, türlerin yıl boyu habitat ihtiyaçlarının karşılanması için gereklidir.

Habitat çeşitliliği (ağaç/çalı/ot katman zenginliği, yerli tür oranı, su elemanları ve çayırılık mozaikler) farklı tür gruplarının eşzamanlı barınabilmesini sağlar. Örneğin, nektar içen ve tohum yayan türler çiçekli ve meyveli bitkilerden faydalanırken, böcekçil türler için yaprak alanı yüksek, omurgasız biyokütlesi barındıran ağaç-çalı kombinasyonları önemlidir. Sulak alan parçaları ve kıyı tampon zonları, özellikle göç dönemlerinde su ve kıyı kuşlarını destekleyerek çeşitliliği artırabilir.

Yeşil alanların büyüklüğü, çeşitliliği, bparçalı yapıda olmaması peyzaj ölçeğinde değerlendirilmelidir (Yıldız ve Karadağ, 2013). Bir yandan “az sayıda büyük” lekenin çekirdek türleri koruması, diğer yandan “çok sayıda orta-küçük ama bağlantılı” lekenin erişilebilirliği ve hizmet dağılımını artırması mümkündür. Peyzajda destekleyici alanlar olarak küçük yeşil alanlar ile yaşlı ağaç ve katmanlı bitki topluluklarını barındıran büyük yeşil alanlar ve aralarındaki su ve yeşil alan içeren geçirgen bağlantı ağlarını birlikte planlamak,

kuş topluluklarının çeşitliliğini ve populasyon büyüklüklerini en iyi şekilde destekleyecektir.

4.2. Kentsel Yapı Yoğunluğu ve Habitat Parçalanması

Yapı yoğunluğu arttıkça bağlantısallık ve geçirgenlik azalmaktadır. Habitat lekelerinin birbirine bağlanmasını sağlayan bağlar, yeşil alanların devamlılığını sağlayacak şekilde olmalıdır. Dere, akarsu, göller, denizlerin kıyı - kenar habitatları, vadiler ve ağaç sıraları, ağaç grupları türler için ekolojik koridor oluşturabilir. Geçirgenlik, matris içerisindeki habitat lekeleri arasında, türlerin hareket edebilme derecesidir, bu yüzden koridorların bağlantısıyla birlikte bariyerlerin (yapı yoğunluğu, yol, su kütlesi gibi) doğru konumlanması gerekmektedir.

Kentler ‘ada benzeri habitatlar’ gibi davranır (Ferenc et al., 2014). Yapı yoğunluğu ile birlikte sıcaklık gündüz beton ve asfalt tarafından emilir ve gece salınır. Bu da “kentsel ısı adası” etkisidir. Artan ısı ve düşük nem, bitkilerin terlemeyle su buharı yaymasını zayıflatır ve mikroiklim kuraklaşır. Bununla birlikte yerel bitki biyokütlesi kentlerde azaldığı için gölgeleme ve evapotranspirasyon gibi soğutucu süreçler de zayıflamaktadır. Bitkiler azalınca yağmur suyunun toprağa geçmesi zorlaşır ve yüzey akışı hızlanır. Böylelikle su ve enerji döngüleri bozulduğu için ekosistem daha kırılgan hale gelmektedir.

Yüksek yoğunluk, aynı zamanda evcil hayvan baskısı ve insan kaynaklı rahatsızlık (rekreasyon baskısı, gece kullanımı) ile birleşerek kuşlar için üreme başarısını düşürebilir. Bu nedenle yoğun dokuda kalan az sayıdaki yeşil alanların nitelik ve yönetimi kritik önem taşır. Yapılaşma insan yoğunluğu, araç yoğunluğu ile birlikte gürültüyü artırır. Bitki biyokütlesinin azalmasıyla böcek yoğunluğu azalır. Bu faktörler, kuş çeşitliliği ve populasyonlarının devamlılığı bakımından olumsuz etkilerdir.

Parçalanma, leke büyüklüğünün küçülmesi, lekeler arası mesafenin artması, lekelerin çekirdek alanının azalıp kenar alanlarının artması demektir. Kısa mesafe hareket eden türler için bile, geniş yollar ve yoğun yapı adaları bariyer etkisi oluşturabilmektedir. Sonuçta, izole alanlar, genetik çeşitlilik düştüğü için populasyon devamlılığı bakımından kırılgan etki yaratır. Parçalanmanın etkisiyle oluşan kenar habitatlarında nem, ışık, rüzgâr, sıcaklık, gürültü, kirlilik gibi fiziksel faktörler ve biyolojik yapı değişir (Işık & Kurt, 2005). Predasyonun, rekabetin, istilacı tür baskısının artması, tür çeşitliliğinde homojenleşmeye, toleransı yüksek benzer türlerin baskınlaşmasına yol açmaktadır.

Marini (2010) çalışmasında, parçalanmış peyzajlarda yaşayan ötücü kuş türlerinin dağılma yeteneklerini araştırmıştır. 92 türden 1282 tane halkalı ve ormana bağımlı kuşu izlemiştir. Sonuç olarak, orman-bağımlı türlerin çoğunun en az 150 m genişliğindeki çayır boşluklarını geçebildiği, Brezilya'nın güneydoğusunda doğal orman parçaları arasındaki 900 m'ye kadar olan açık alanları aşabildiğini belirtmiştir. 50 ve 200 ha'lık iki büyük orman arasında yer alan 1,7 ha'lık küçük parçanın, kuşların geçişi için “basamak taşı” olarak işlev gördüğünü ve küçük lekelerin bile peyzaj düzeyinde önemli olabileceğini vurgulamıştır. Yazar, hayvanların dağılma (dispersal) davranışının yaşam döngüsünde kilit bir parametre olduğunu ve parçalanmış peyzajlarda popülasyon devamlılığının büyük ölçüde dağılma yeteneğine bağlı olduğunu varsaymıştır.

Geçirgenlik odaklı planlama yaklaşımları parçalanmaların etkisini azaltmak için kritiktir. Ağaç sıraları, sokak ağaçlandırması ve parkların “adım taşı” işlevi görerek lekeler arası mesafeyi işlevsel olarak kısaltacak şekilde planlanması kentler için doğru bir yönetim yaklaşımıdır. Ek olarak, ekolojik geçitler ve yeşil koridorların sürekliliği, kentlerdeki yapı ve yol bariyerlerinin olumsuz etkisini azaltmada, oyuk yuvalayıcılar ve orman kuşları için kritik bir ağ oluşturur. Bu tür “yeşil altyapı” yatırımları, yalnızca biyoçeşitliliği değil, mikroiklim iyileştirmesi ve hava kalitesi üzerinden insan sağlığını da destekleyecektir.

4.3. İklim Değişikliği, Işık ve Gürültü Kirliliği

İklim ve mikroiklim değişkenleri (kentsel ısı adası, rüzgâr, nem oranı) ile kirlilik bileşenleri (gürültü, ışık, hava kalitesi) canlılar üzerinde davranış ve fizyoloji üzerinden dolaylı etkiler üretmektedir. Dolayısıyla çeşitlilik, yalnızca “yeşil alan var/yok” ikiliğiyle değil, bu alanların habitat kalitesi ile birlikte değerlendirilmelidir.

Yapay gece ışıklarının kuşlar üzerindeki etkileriyle ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Adams et al., 2021; Sumasgutner et al., 2023). Yapay ışıklar, binalar ve pencereler, enerji hatları, yollar ve iletişim kuleleri gibi kaynaklardan çıkar. Çalışmalar yapay ışıkların, kuşlar üzerinde yön bulma, ışığa çekilme ve çarpışma, toplanma ve habitat seçimindeki değişim ve üreme fenolojisini bozma etkilerinden bahsetmektedir. Göç eden kuşlarda güneş, yıldız ve manyetik alan ipuçlarını kullanarak yön bulmalarını engellediği ve özellikle gece göç edenlerde ışık kirliliğine duyarlı oldukları belirtilmiştir. Sürekli aydınlatma kuşların habitat tercihlerini değiştirebilmekte ve bazıları ışıktan kaçınırken bazıları ışıklı bölgelerde toplanmaktadır. Bu kaliteli habitat seçimi ve başarılı üreme anlamına gelmemektedir. Bazı havalimanları, tarım alanları, katı atık depolama sahaları, sanayilerde UV/morötesi lazer, stroboskop, spot

ışıkları kullanılarak caydırma yöntemleri kullanılmaktadır ancak etkinlikleri hala tartışılmaktadır (Adams et al., 2021). Kentlerdeki gece yapay ışığı, gündüzcül kuşların daha serin zamanlarda beslenmesine imkân tanıyabilir ve böylece artan sıcaklıkların biyolojik etkilerini azaltabilmektedir. Ancak, kuşlarda hormonlar, bağışıklık fonksiyonu ve oksidatif stres dâhil olmak üzere davranış ve birçok fizyolojik sistem üzerinde olumsuz sonuçlar da doğurabilmektedir (Sumasgutner et al., 2023).

Kentlerde trafik ve insan kaynaklı gürültü, ötüş spektrumlarını değiştirerek eşleşme başarısını etkileyebilmektedir. Dişiler daha küçük kuluçkalar yapabilmekte, yuvadan uçan yavru sayısını azaltabilmektedir. Büyük baştankara üreme başarısı üzerinde yapılan bir çalışmada, trafik gürültüsünün alçak frekansta (≈ 2 kHz) büyük baştankaranın kur ötüşünün alt kısmıyla çakışmasından kaynaklı bir maskelenme oluştuğunu ve bu frekanstaki gürültü arttıkça dişilerin daha az yumurta bıraktığını belirtmiştir (Halfwerk et al., 2011).

Hava kirliliği, solunum ve oksidatif stres üzerinden fizyolojik maliyetleri yükseltir; görsel/işitsel sinyallerin etkinliğini azaltarak eşleşme ve alan savunma davranışlarını sekteye uğratabilir. Işık kirliliği gece göçlerinde yön şaşmasına ve çarpışmalara, gürültü ise ötüş frekanslarında kayma ve iletişim etkinliğinde azalmaya neden olabilir. Bu baskılar bir arada olduğunda, özellikle hassas türlerin kentlerden kaçınmalarına yol açabilmektedir.

Artan sıcaklıklar, hem kentleşmenin (kentsel ısı adası yoluyla) hem de iklim değişikliğinin belirgin bir sonucudur. Cai et al. (2023) çalışmasında, kentsel ısı adası etkisinin kuşlar üzerindeki etkisinin tür çeşitliliğini azalttığını, kuşları merkezden banliyölere doğru daha serin yerlere kaydırıldığını, iklim değişikliğinin biyoçeşitliliği tehdit ettiğini vurgulamıştır. İklimsel ve çevresel 7 değişkenin; bitki örtüsü indeksi, yağış, rüzgâr hızı, hava kalitesi, net birincil üretkenlik, habitat kalitesi, bitki örtüsü kaplama oranı, kuş zenginliği üzerindeki etkilerine dair modelleme yapmıştır. Modelleme sonucunda, iklimsel ve çevresel faktörlerin çoğunun tür zenginliği ve işlevsel çeşitlilikle anlamlı ilişkiler gösterdiğini ancak hava kalitesi ve habitat kalitesinin tür zenginliğiyle ilişki göstermediğini belirtmiştir.

Kentsel yuva ve tünek alanları sıcaklık bakımından zayıftır ve kentsel olmayan alanlara göre daha düşük kalitelidir. Kentlerde suya daha fazla erişim olduğunda ve ılıman kuşakta kentsel ısı adası etkisi, ısı düzenleme maliyeti azaltabilir. Ancak yazın bu maliyetleri artıracaktır (Sumasgutner et al., 2023). Kentsel alanlardaki hava kirliliği, daha yüksek sıcaklıklarla birleştğinde, kuşlarda oksidatif hasarı ağırlaştırabilir. Yüksek sıcaklıklar besin kalitesini

düşürebilir (örneğin, ağaçlar sıcak koşullarda daha az karotenoid sentezler); bu durum kentlerde kentsel ısı adası ve hava kirliliği ile daha da şiddetlenebilir. Kent ağaçlarındaki daha düşük karotenoid düzeyleri, muhtemelen kentsel tırtıllarda ve dolayısıyla kentsel kuşlarda da daha düşük karotenoid içeriğine yol açar. Bu durum kırsaldaki bireylere nazaran kentlerdeki kuşlarda (Büyük baştankara, Kerkenez) tüy rengi solukluğuna da yol açabilmektedir (Sándor et al., 2021; Sumasgutner et al., 2023).

4.4. İnsan Faaliyetleri ve Habitat Tahribatı

İnsan topluluklarının medeniyeti olan kentler, dünya üzerinde insana ait en eski ve en büyük faaliyetlerden biridir. Kentleşme faaliyetinin coğrafik olarak kuzeyde ve güneyde kuş çeşitliliği üzerinde farklı etkileri olduğu varsayılmaktadır. Bu durum da birden meydana gelen bir durum değil, uzun süreçlerin bir sonucudur. Ferenc et al., (2014), Avrupa’da kuzeye gidildikçe iklimsel değişkenliğin seçtiği geniş yayıllı, toleranslı türlerin kentsel filtreleri (ışık, gürültü, geçirimsiz yüzeyler) daha kolay aştığını, bunun da farklı şehirlerde birkaç aynı türün baskınlaşmasına ve toplulukların benzeşmesine yol açtığını belirtmiştir. Buna karşılık Akdeniz havzasındaki iklimsel, topoğrafik ve edafik (toprak) heterojenlik ile yarımada izolasyonu kaynaklı doğal beta-çeşitliliğin yüksek olması, güney şehirlerinde tür bileşimlerini daha değişken kılar. Sonuç olarak kuzeyde kentsel kuş toplulukları daha homojen, güneyde ise daha heterojen görünür.

Kentlerde kuş topluluklarını etkileyen başlıca insan faaliyetleri ise; yoğun rekreasyon kullanımı, yönetilen yeşil alanlardaki uygulamalar (budama, ölü odun uzaklaştırma), evcil hayvan baskısı ve atık yönetimi gibi faktörlerdir. Üreme mevsiminde yapılan budamalar, yuvalama döneminde kovuk ve yuva kayıplarına yol açmaktadır. Hatalı budamalar ise türlerin yuva tercihlerine uygun olmadığında ağacı hatta bölgeyi terk edebilmektedir. Dikey ölü ağaçların tamamen uzaklaştırılması, oyuklu ağaçların hatalı budanması oyuk yuvalayıcılar ve ikincil oyuk yuvalayıcılar için habitat kaybıdır. Buna karşılık, yönetmeliğe bağlı “akıllı bakım” (zamanlama, seçici müdahale, ölü odun bırakma) biyolojik çeşitliliği desteklemektedir.

Kentsel atık yönetimi, sokak, cadde ve parklarda mama ve atık yiyecek bırakma faaliyetleri, bazı türlerin aşırı artışıyla kentlerde tür çeşitliliğini sınırlandırıp homojenize hâle getirebilmektedir. Bu durum rekabet ve hastalık dinamiklerini de değiştirebilir. Serbest/gece dolaşan evcil kediler, özellikle küçük ötücü kuşlar üzerinde önemli predasyon baskısı oluşturur. Bu nedenle, sorumlu evcil hayvan yönetimi, açık besleme uygulamalarının düzenlenmesi ve

atık birikimlerinin önlenmesi, kuş topluluklarının dengeli yapısını korumada etkili politika araçlarıdır.

Habitat tahribatı, birçoğu insan eliyle yapılan, hatalı alan kullanımlarından, orman ve tarım alanlarının dönüştürülmesinden, çarpık plalanan kentleşmelerden, habitat parçalanmasından (fragmentasyon), çekirdek alanların küçülüp kenar etkisinin artmasından, yönetilen yeşil alanların ekolojik ve biyoçeşitlilik öncelikli yönetilmemesinden, halkın bilinçlendirilmemesinden, gürültü, ışık, hava kirliliği gibi temel nedenlerin tamamından etkilenmektedir. İlk olarak, insan–doğa etkileşiminin farkındalıklı olabilmesi için katılımcı ve yerel bağlama duyarlı yaklaşımlar gereklidir. Toplum temelli izleme ve farkındalık programları, doğru yönetilen kentsel alanlar ve doğa temelli çözümlerle birleştirildiğinde, hem ekosistem hizmetleri (böcek kontrolü, tohum yayılımı, mikroiklim düzenleme) güçlenir hem de kentsel yaşam kalitesi artar. Böylece peyzaj yönetimi, yalnızca korunumu değil, ekosistem fonksiyonlarının kent ölçeğinde yeniden üretimini de hedefler.

5. KUŞ GÖÇ YOLLARI VE KENTSEL TASARIM

5.1. Kuş Göç Yollarının Kentsel Alanlar Üzerindeki Etkisi

Kuş göç rotaları, yılda iki kez tekrarlanan kıtalar arası bir hareket ağıdır. Bu rotalar, kuşların dinlenme ve beslenme habitatlarını içeren büyük nehir vadileri, kıyı şeritleri, deltalar ve dağ geçitleri boyunca uzanmaktadır. Süzülerek göç eden kuş grupları (leylekler, pelikanlar, şahin,doğan, atmaca, kerkenez ve kartal, akbaba gibi gündüz yırtıcıları) termal hava akımlarını kullandıklarından ve termal hava akımları su kütleleri üzerinde oluşmadığından, büyük su kütlelerini aşamazlar. Bu sebeple darboğazlar önemli göç rotalarıdır ve gündüz göç etmektedirler. Cebelitarık Boğazı, İtalya–Sicilya–Tunus Hattı, İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı, Hatay–Belen Geçidi, Artvin Borçka geçidi ve Çoruh Vadisi, Akdeniz havzası ve Anadolu’nun ana göç rotalarıdır. Göç esnasında aktif uçan ve geniş cepheler halinde ya da beslenerek göç edebilen göçmenler için çok çeşitli iklim ve habitatlara sahip Anadolu sayesinde, Türkiye göç yolları bakımından büyük öneme sahip bir coğrafyadır. Bununla birlikte ötücülerin çoğu, birçok kıyı ve su kuşu, yırtıcı baskısının azalması, serin ve daha sakın hava koşulları ve yön bulmada göksel jeomanyetik ipuçlarından yararlanma gibi nedenlerden dolayı geceleyin ve geniş cepheler halinde göç etmektedirler.

Kentleşme, bu doğal göç koridorlarındaki, kuşların konaklama ve beslenme için ihtiyaç duyduğu sulak alanları, çayırları ve kıyı habitatlarını sürekli dönüştürmektedir. Dikey yapı yoğunluğu, ışık kirliliği, özellikle gece göç eden

türler için önceki bölümlerde bahsedildiği üzere hem yön bulmayı güçleştirmekte hem de çarpışma riskini artıran ciddi bariyerler oluşturmaktadır. Kentler aynı zamanda göçmen kuşlar için dinlenme ve beslenme alanları da sağlamaktadır. Parklar, mezarlıklar, korular, kent ormanları, göletler, rekreasyon alanları ve su kıyısı düzenlemeleri, toprak düzlükleri ve hatta düzenli katı atık depolama sahaları göç döneminde kısa süreli de olsa barınma ve beslenme noktaları olarak kullanılabilirlerdir.

Bu sebeplerle, kentsel alanlarda bitki örtüsünün azalması, sulak alanlarla ilgili habitat kayıpları ve yeşil alanlar dahil şehirlerin tamamında gece aydınlatmalarının (Artificial Light At Night – ALAN) artması, göç sırasında tükenmiş enerji rezervlerini hızla yenilemek zorunda olan kuşlar için hayatta kalma oranını düşürmektedir. Her yıl milyonlarca gece göçmeni kuş, özellikle parlak aydınlatılmış binalar ve iletişim kuleleriyle çarpışmalar nedeniyle ölmektedir (Van Doren et al., 2021). Chicago’da yapılan uzun dönemli analiz sonucunda çarpışmaların göç döneminin yoğun olması, rüzgar yönünün kuşları sürüklemesi ve yapı ışık çıktılarının yoğunluğu ile birlikte açıklanabildiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma, aydınlatılmış pencere alanının yarıya indirilmesinin ilkbaharda 11 kat, sonbaharda 6 kat düşüş sağladığını vurgulamıştır (Van Doren et al., 2021).

La Sorte et al., (2017), göç mevsiminde popülasyonların kentsel alanlara ve yüksek ışık düzeylerine yakınlığının özellikle genç bireylerin ilk göç yolculuklarını gerçekleştirdiği sonbaharda güçlendiğini belirtmiştir. Kentsel alanların sınırları boyunca ve iç kesimlerinde, 40 gececi göçmen türe ait gündüz görece bolluğunun göç sırasında daha yüksek olduğunu vurgulamıştır (La Sorte et al. 2017). Hava gözlem radarından elde edilen verilerin analiz edildiği bir çalışmada, kuşların ilkbaharda genel olarak kırsala kıyasla kentler üzerinde daha yüksek irtifadan uçtuğu, sonbaharda yükseğe yakın orta katmanda uçtuğu belirlenmiştir. İrtifaların üzerinde kentleşme, yan rüzgar hızı, yüzey hava sıcaklığı değişkenleri bakımından etkileşim bulunmuştur. Ayrıca gece göç eden kuşların kent ve kırsaldaki uçuş irtifası farkının radarlar ve mevsimler arasında değiştiğini ancak kentsel alanlar üzerinde tutarlı biçimde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Cabrera-Cruz et al., 2019). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlarla; sonbahar göç döneminin uçuş irtifasının daha düşük olduğunu ve gece göçü yapan ötücülerin sonbahar göçünde daha fazla kentsel bölgelerde yoğunlaştığı çıkarımlarını yapmışlardır.

Gündüz göç eden türler ve gece göç edip gündüz alan kullanan türler için yeşil alanların sürekliliği, habitat kayıplarının önlenmesi, göç yolları üzerindeki alanların hassasiyetle korunması, gece göç eden türler için ışık kirliliğine dikkat

edilmesi, çarpışmaya yol açan bariyerlerin yeniden planlanması önemli uygulamalardır. Yoğun göç dönemleri ve özellikle genç tecrübesiz bireylerin yoğunlaştığı sonbahar göç döneminde ışık kısıma bilincinin oluşturulması gibi farkındalıklar da oluşturulabilir.

5.2. Kuş Göç Yolları Üzerinde Tasarım Önerileri ve Uygulama Örnekleri

Gündüz süzülerek göç eden ve dar boğazlarda yoğunlaşan gündüz yırtıcıları, leylekler, pelikanlardan, gece göçü yapan ve geniş cepheler halinde göç eden ötücüler, kıyı kuşları ve su kuşlarına baktığımızda aslında belirli rotalara odaklanmak çok da kolay olmayabilir. Genel ana göç rotaları diye darboğaz geçitleri gösteren haritalar aslında çoğunlukla ötücüler, kıyı ve su kuşları grubu için geçerli olamyabilir. Bununla birlikte kıyı kentleri, İstanbul, Çanakkale, Hatay, Artvin gibi göç rotalarını kapsayan kentler, sulak alan, habitat çeşitliliği yüksek olan kentsel bölgelerde, planlama ve tasarım yaklaşımları, habitat sürekliliğini gözeterek **yeşil altyapı** çözümleriyle şekillendirilmelidir. Öncelikle nehir vadileri, sulak alanlar ve kıyı şeritleri boyunca ekolojik koridorların kesintisizliğini sağlayan tampon kuşakların korunması veya restore edilmesi gerekir. Yol, demiryolu ve kentleşmenin yarattığı bariyerleri azaltmak için **ekolojik köprüler ve altgeçitler**, ayrıca göçmen kuşların dinlenme ve beslenme durakları olarak işlev görebilecek **park, sulak alan ve doğal çayır mozaikleri** kent planlamasında bütüncül bir ağ olarak ele alınmalıdır. Bu hem önemli göç darboğazı olan her yıl binlerce leylek ve yırtıcının göç ettiği hem de bir metropol olan İstanbul gibi kentler için kritik derecede önemlidir. Enerji nakil hatları ve yüksek binalarda çarpışma riskini azaltmak için ışıklandırma düzenlemeleri, UV yansıtıcı cam ve kuş dostu yapı standartları uygulanabilir.

Dünyada bu yaklaşıma örnek olarak Kuzey Amerika'daki **“Lights Out” programları** (National Audubon Society, 2023), Avrupa'daki **Ramsar alanı yönetim planları** (Ramsar Convention Secretariat, 2010) ve Türkiye'deki **Manyas Kuş Cenneti ile Kızılırmak Deltası** çevresinde uygulanan ekolojik ağ planları gösterilebilir (Samsun Kalkınma Ajansı, 2020; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). İstanbul Boğazı gibi uluslararası öneme sahip göç koridorlarında, yüksek binaların gece ışıklarının kısıtlanması, kıyı şeridi boyunca habitat sürekliliğinin sağlanması ve parklardaki doğal bitki kompozisyonunun korunması, göçmen türlerin hayatta kalma şansını artıran somut uygulamalardır. Bu örnekler, kentlerin göç yolları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmanın mümkün olduğunu ve planlamanın doğa temelli yaklaşımla yönlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.3. Çankırı Örneğinde Kuş Göç Yolları Üzerindeki Biyoçeşitliliğin Desteklenmesi

Anadolu; Avrupa, Asya ve Afrika olmak üzere üç ana kıtanın ve kuş göç yollarının kesişme bölgesinde yer almaktadır. Orta Anadolu üzerinden geçerek Çankırı–Kızılırmak Vadisi’ni izleyen orta hat, özellikle turna (*Grus grus*) (Satz, 2025) ve birçok gündüz veya gece göç eden kuş türleri için önemli bir konaklama ve beslenme alanıdır. “Kentlerde Kuş Göç Yolları Üzerindeki Biyoçeşitliliğin Peyzaj Tasarım Uygulamaları ile Desteklenmesi: Çankırı Örneği” çalışmasında amaç, kuş göç yolları üzerinde tasarım önerileri geliştirerek kentsel biyoçeşitliliğin desteklenmesidir. *BirdLife International* kuruluşunun geliştirdiği analiz aracı (*Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool*) ile Çankırı kenti üzerinden geçen kuş göç yolları belirlenmiştir. Yazar, göç yollarının geçtiği güzergahlarda alt sistem biyotoplarına göre tasarım önerileri önermiştir. Çalışmada, Çankırı iline ait temsili yerli ve yaz göçmeni türler için tasarım önerileri getirilmiştir.

Yeşil sistemler için;

- İğne yapraklı ağaç grupları, yaprak döken ağaç grupları, çalı grupları, yer örtücü/otsu bitki grupları, sulak alan ve akarsu kıyı şeridi bitki toplulukları,
- İstilacı olmayan ve ağırlıklı olarak doğal türlerden oluşan bir bitki kompozisyonu, en az seviye çim alan kullanımı, ağaç, çalı ve yer örtücü bitkilerin bir arada kullanılması ile oluşturulmuş kademeli bitkilendirme, geniş taç yapan yaşlı ağaçlar, kabuğu ve dalları dökülmekte olan farklı yıllarda ölmüş dikili kuru ağaçlar
- Gökkuşgun (*Coracias garrulus*) ve nesli tehlikede olan küçük akbaba (*Neophron percnopterus*) üreme alanlarındaki dar yayılışlı endemik bitki alanlarının korunması

Mavi sistemler için;

- Tatlıçay ve Acıçay akarsu koridorlarında ak söğüt (*Salix alba* L.), ığde (*Elaeagnus angustifolia* L.), kara kavak (*Populus nigra* L.), ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge), adi fındık (*Corylus avellana* L.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.), incir (*Ficus carica* L.), ak kavak (*Populus alba* L.), titrek kavak (*Populus tremula* L.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) gibi türlerle desteklenmesi

- Mezarlık, üniversite kampüsü ve doğal yeşil alanların “su toplama peyzajlarına” dönüştürülmesi (yağmur suyunu toplayarak toprakta depolama alanları oluşturma)
- Alanın topografik yapısına göre hendekler oluşturulmalı, dik arazide teraslama şeklinde bitkilendirme yapılmalı ve bu alanlarda toprak tutucu ve erozyon önleyici bitkiler kullanılmalı
- Geçirimli yüzey kullanımı artırılarak, yol kenarlarındaki drenaj kanalları ve çatılardan gelen suyu toplayan borular toprağa yönlendirilmeli

Gri sistemler için;

- Kentte yeşil dokuyu geliştirmek için sokaklarda ağaçlandırmaların artırılması, dikey bahçelerin oluşturulması ve altyapıyı geliştirmek için geçirimli yüzey malzemelerinin kullanımlarına dikkat edilmeli
- Kentleşme sonrası ekosistemlerin parçalanmasını tersine çevirmeye hizmet eden “yama bölgesi” ekosistemleri olarak binalarda yeşil çatı uygulaması önerilmiştir.

Çankırı örneği, özellikle **bozkır ve tarım–sulak alan geçiş zonlarındaki kentlerin**, peyzaj planlamasında ekolojik altyapının güçlendirilmesinin önemini göstermektedir. Su döngüsü destekleme, bina tasarım uygulaması, yeşil ekosistemlerin bölgeye uygun tür ve yapılarla desteklenmesi kentsel bölgede kuşların yaşam alanlarının kalitesini artıracak önerilere örnektir.

5.4. KENTSEL ALANLARDA KUŞ ÇEŞİTLİLİĞİNİ ARTIRMAYA YÖNELİK STRATEJİLER

5.4.1. Yeşil Altyapı ve Habitat Çeşitliliği

Kentsel bölgelerde, yeşil altyapı (parklar, korular, mezarlıklar ve doğal yeşil alanlar), mavi altyapı elemanları (göller, akarsular, dere ve sulak alanlar, kıyılar) ve insan yapımı yollar, inşaa edilmiş tüm yapılarla birlikte bütünleşik bir ekosistem oluşturmaktadır. Bu sistemlerin aralarında oluşan enerji ve madde giriş çıkışının sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için ekolojik ve bütünsel bir bakış açısıyla planlama&tasarım ilkelerine ve süreçlere ihtiyacı vardır. Dolayısıyla, doğal ve kültürel yaşam alanlarının korunması, geliştirilmesi adına sistematik bir süreç gerekmektedir (Tülek & Ersoy, 2019).

Kentsel bölgelerin ekolojisi ve kentsel mozaiklerin ekolojisi olarak mekansal araştırmaların yapılması gerekliliğini vurgulayan Forman, alanlara geniş bir yelpazeden bakılmasını ve peyzaj düzeyinde planlama yapılmasını

önerdiğini anlıyoruz. Bu durumda önceki bölümlerde bahsedilen genel düzenlemeler birçok bölge için ortak olacaktır. Bağlantısallık ve geçirgenlik ikelerine dayalı ekolojik koridorlar, daha bütünsel lekeler ya da lekelerin büyüklüğü, daha az kenar etkisi ve daha çok çekirdek alan, mavi altyapının canlıların ihtiyaçlarına göre planlaması gibi faktörlerdir. Bununla birlikte mikrohabitat düzeyinde türler hakkında biyolojilerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Örnek vermek gerekirse ağaçkakanlar genellikle orman kuşlarıdır ve bazı türleri sert odun yoğunluğuna sahip ibreli veya yaprak döken türleri seçerken bazıları ölü ağaç, ölü dal veya yumuşak odun yoğunluğuna sahip türleri tercih etmektedir. Bazı türler hem kırsalda hem kentte eski koruları ve doğal ağaç gruplarını tercih edebilir. Ancak başka bir ağaçkakan türü ise orman yoğunluğuna girmemekte, kırsalda ve kentlerde antropojenik ağaç gruplarını (meyve bahçeleri, parklar, korular) tercih etmektedir. Dolayısıyla bir metropol kentin park ve korularını, ağaçkakanlar sert ağaçları ve ibreli ağaçları sever diye tasarlıyorsanız hiçbirine hitap etmeyip o yeşil alanı ağaçkakanlı bırakmış olursunuz. Ağaçkakanlar literatürde kilittasi türler olarak belirtilmektedir. Sağladıkları oyuklarla ikincil oyukçulara barınma ortamı sağlamaktadırlar.

O halde planlamada mekansal olarak peyzaj ölçeği ve mikrohabitat bilgileriyle lokal ölçekli planlamalar bir bütün olarak ele alınmalıdır. Aşağıda en başından beri bahsedilen biyoçeşitliliği etkileyen faktörlerin kentsel planlamada adım adım ilkeleri özetlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Kentsel Alanlarda Biyoçeşitliliğe İnsan Refahını Arttıran Yeşil Şehirlerin Planlama İlkeleri.

Planlama / Tasarım Aşaması	Dikkat Edilecek Nokta	Ekolojik Gerekçe / Etki	Kaynak
1. Ön Değerlendirme ve Alan Analizi	Mikroklim koşulları ve toprak tiplerinin haritalanması	Habitat heterojenliğini ve bitki örtüsü çeşitliliğini belirlemek; uygun tür-habitat eşleşmesini sağlamak	Forman (2008)
2. Habitat Çeşitliliğinin Artırılması	Farklı habitat tiplerini (orman, çayır, sulak alan vb.) bir arada planlamak	Habitat mozaikleşmesi tür zenginliğini artırır; farklı tür gruplarının (besin/yuva/üreme) ihtiyaçlarını karşılar	Forman (2008); Chiron et al. (2024)
3. Kentin Ekolojik Bağlamı	Kentlerin ada benzeri izole sistemler gibi davranabileceği göz önüne alınmalı	İzolasyon biyotik homojenleşmeye yol açar; bağlantısallık bu riski azaltır	Ferenc et al. (2014)
4. Yeşil Alan Büyüklüğü	Büyük ve süreklilik gösteren yeşil alanlara öncelik verilmesi	Büyük lekeler yüksek tür zenginliği, daha büyük popülasyon ve genetik çeşitlilik sağlar; yok olma riski azalır	Beninde et al. (2015); Chiron et al. (2024)

5. Minimum Alan Eşiği	Kentten kaçınan türler için en az, uyum sağlayan türler için minimum alan hesaplanmalıdır.	Alan duyarlılığına göre planlama; risk altındaki türlerin korunması	Chiron et al. (2024)
6. Çekirdek–Kenar Oranı	Kenar etkisini azaltacak biçimde çekirdek habitatları korumak	İç habitat türleri (ör. ağaçkakanlar, ötleğenler) için daha kararlı koşullar sağlar	Chiron et al. (2024); Ferenc et al. (2014)
7. Bitkisel Tasarım (Çok Katmanlı Yapı)	Ağaç–çalı–ot katmanlarının birlikte kullanımı	Farklı beslenme loncalarına (böcekçil, nektarcı, tohumcul) yaşam alanı sağlar	Forman (2008); Beninde et al. (2015)
8. Yerli Tür Kullanımı	Yerli ağaç ve çalı türlerinin önceliklendirilmesi	Yerli fauna ile karşılıklı uyum; besin ve yuva sağlama kapasitesi yüksek	Forman (2008)
9. Habitatlar Arası Bağlantısallık	Yeşil koridorlar, ekolojik köprüler ve geçirgen yüzeylerle lekeler arası bağlantı kurulması	Türlerin hareketliliğini sağlar; parçalanmanın olumsuz etkilerini azaltır	Ferenc et al. (2014)
10. Geçirgenlik (Permeability)	Yol, yapı, bariyer etkisini azaltan geçirgen matris planlamak	Türlerin kent içi-dışı hareketini kolaylaştırır; popülasyonlar arası gen akışını sağlar	Forman (2008)
11. Su Elemanları ve Kıyı Habitatları	Sulak alan, gölet ve kıyı tampon zonları planlamak	Su ve kıyı kuşlarını destekler; göç dönemlerinde enerji ve besin sağlar	Chiron et al. (2024)

5.4.2.

Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı ve Ekosistem

Hizmetleri

Chan (2024), şehirlerin doğa koruma ve sürdürülebilirlik hedeflerinde pasif tüketiciler değil, aktif aktörler olabileceğini söylemektedir. Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD)'nin 2022'de kabul edilen Kunming–Montreal Küresel Biyolojik Çeşitlilik Çerçevesi (GBF), 2030'a kadar küresel biyoçeşitlilik kaybını durdurmayı ve 2050'ye kadar “doğayla uyum içinde yaşama” vizyonuna ulaşmayı hedefleyen uluslararası eylem planıdır. GBF'nin kentlerle ilgili özel “Hedef 12” ise, “Kentsel ve yoğun nüfuslu alanlarda, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımını yaygınlaştırarak ve biyolojik çeşitliliği kapsayan kentsel planlama sağlayarak, yeşil ve mavi sistemlerin alanının, kalitesinin, bağlantılılığının, erişilebilirliğinin ve faydalarının önemli ölçüde artırılması” ile ilgilidir. Chan (2024), GBF kapsamında sürdürülebilir adımlar atan, projeler üreten ve sonuca ulaşmış kentlere farklı ülke ve şehirlerden uygulamalı örnekler vermektedir ve aşağıda sırasıyla bahsedilmiştir.

Brezilya, Sao Paulo’ da, BioSampa adlı yerel biyoçeşitlilik endeksi geliştirilmiştir (Singapore Index temelli). **Kentsel yeniden ormanlaştırma**

politikası (PMAU) yürürlüğe girerek yerli türlerle ağaçlandırma, yeşil altyapı, açık veri kullanılmıştır (Şekil 1.2). **Birleşik Krallık, Edinburgh’da,** doğa-iklim krizini birlikte ele alan kapsamlı biyoçeşitlilik eylem planı hazırlanmıştır. **B-lines** projesiyle **arılar, kelebekler, sinekler, yarasalar, kuşlar gibi tozlayıcıların bitki örtüsü bağlantılarını içeren polinatör koridorları,** kıyı şeritleri boyunca çayırların oluşturulmuştur. Parkların doğal hâle dönüştürülmesi projesiyle, Silverknowes Park, 14 kelebek türüne ev sahipliği yapan yeni “basamak taşı” olmuştur. Öncelikli hedef türlerle 70 noktada yaban hayatı habitatları oluşturulmuştur. Üniversite kampüsleri için ayrı **biyoçeşitlilik planı** hazırlanmıştır (Şekil 1.2).

Kanada, Edmonton’da yaban hayatı geçitleri ve ekolojik ağ tasarımı örneğinde; kentsel planlamada ekolojik ağ modeli, karasal, sucul türlerin ve kuş türlerinin optimum hareket alanını sağlayabilmek için belediye ana planlarına - drenaj ve ulaşım ağlarıyla eşdeğer düzeyde- entegre edilmiştir. Ormanlar, sulak alanlar, çayırlar gibi çeşitli peyzaj elemanları, boru hattı geçiş hakları, şehir parkları, okul alanları ve yağmur suyu yönetimi gibi insan yapımı yapılarla iç içe geçirilmiştir. Bu yaklaşımın somut çıktısı olarak kent, mühendislik birimleri için “Wildlife Passage Engineering Design Guidelines” rehberini geliştirip 37 adet yaban hayatı geçidi inşa etmiştir. Habitat parçaları arasında işlevsel bağlantı güçlendirilerek araç – omurgalı türlerin çarpışmaları azaltılmıştır. Bu örnek, sürdürülebilir peyzaj tasarımının ekosistem hizmetlerini (bağlantılılık, yaban hayatı güvenliği, rekreasyon vb.) altyapı mantığıyla kalıcılaştırabildiğini göstermektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Chan (2024) “Cities in Nature” çalışmasından GBF (Kunming–Montreal Küresel Biyolojik Çeşitlilik Çerçevesi) kapsamında projeler yürüten kentlere ait görseller.

a) Sao Paulo, Brezilya b) Edinburg, Birleşik Krallık c) Edmonton, Kanada

Güney Afrika, Durban’da, **D’MOSS (Durban Metropolitan Open Space System)** 95 000 ha’lık **birbiriyle bağlantılı açık alan ağıdır ve yerel planlama yasalarına dâhil edilerek küçük ölçekli yapılaşmanın etkilerini azaltmaktadır.** Hindistan, Hyderabad’da, ilk “City Biodiversity Index Report”u yayımlamıştır. Her yıl belediye bütçesinin %10’u biyoçeşitliliğe ayrılmaktadır. **Yerel Biyoçeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı** ulusal planla uyumlu biçimde hazırlanmaktadır. ABD, Los Angeles’ta, **LA City Biodiversity Index (LACBI)** geliştirmiştir. Yerel göstergelerle izleme yapılmaktadır. **Çok paydaşlı Biodiversity Expert Council kurulmuştur ve Ulusal Wildlife Federation tarafından “Community Wildlife Habitat”** olarak sertifikalandırılmıştır. Birleşik Arap Emirlikleri, Abu Dhabi’de çöl ekosistemi olmasına rağmen alanının %41,3’ünü doğal habitat olarak korumaktadır. Mangrov restorasyonu yapılarak 396 yerli kuş türü kaydedilmiştir. Kentsel planlama, eğitim ve izleme programları iç içe geçmiş durumdadır ve biyoçeşitlilik okullarda zorunlu ders olarak öğretilmektedir. Yeni Zelanda, Auckland’da, kentsel su havzalarında ekolojik koridorların yeniden canlandırılması; yağmur suyu yönetimi, sel azaltımı, yerel halkın katılımı sağlanmıştır. 2270 hektarlık ormanlık alanda yerli türlerin yeniden yerleştirilmesi (ör. *kokako*, *North Island robin*) uygulanmıştır.

Singapur’da, “Garden City” konseptinden “City in Nature” vizyonuna geçmiştir. “**Ekolojik Profil Çıkarma Çalışması**” ile uzun dönemli izleme çalışmaları yapılarak adanın ekolojik koridorları belirlenmiştir. Ex situ çoğaltma ve orijinal habitatlarına yeniden yerleştirme ile tehdit altındaki yerli türlerden 120 flora ve fauna türünü yeniden doğaya kazandırılmıştır. Yerli ağaç ve çalılar ile çok katmanlı yol kenarı bitkilendirme yapılarak ekolojik bağlantı + mikroiklim düzenlemesi yapılmıştır. Meksika, Toluca’da, 110 küçük bahçede 8000’den fazla bitkiyle kelebek, arı ve kuş habitatı ile Polinatör Bahçeleri oluşturulmuştur. Bahçeler sayesinde, göç rotasında özel koruma değeri olan bir kelebek türünün (*Danaus plexippus*) gözlemlerinde artış sağlanmıştır. Sulama göletleri restorasyonu ve söğüt, meşe, ibreli türlerden binlerce ağaçlandırma yapılmıştır, 15 sulama setlerini iyileştirmiştir ve 1750 ton atık temizlenmiştir. İspanya, Vitoria-Gasteiz’da, Gasteiz Bulvarında borularla altyapıya alınmış olan kentsel nehri yüzeye taşımıştır ve kentsel bir akarsu yeniden doğaya kazandırılmıştır. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SUDs), yeşil çatılar, dikey bahçeler, taş duvar habitatları eklenmiştir. Okul bahçelerinin doğal hâle getirilmesi projesi ile yeşil oranı %2’den %20’ye çıkarılmıştır.

Chan (2024), dünya çapında örneklerle birlikte doğa korumanın sekiz temel stratejisinden bahsetmektedir. 1-Ekosistem–tür–genetik düzeyde koruma, 2-Ekolojik ağlar kurma, 3-Restorasyon ve ekosistem iyileştirme, 4-Doğa temelli çözümleri yapıllı çevreye entegre etme (yeşil altyapı), 5-Bilim ve teknolojiyi karar süreçlerine dâhil etme, 6-İklim değişikliğini biyoçeşitlilikle birlikte ele alma, 7-İzleme ve göstergelerle ölçme (ör. Singapore Index), 8-Tüm paydaşların katılımı (halk, belediye, STK, akademi).

5.4.3. Kuş Dostu Bina Tasarımı ve Kentsel Planlama

Ekolojik bina tasarımında yeşil çatılar, kentsel alanlarda çatı membranlarının ömrünün uzatılması, ses yalıtımının artırılması, yağmur suyu akışının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, enerji tüketiminin ve kentsel ısı adası etkisinin azaltılması ve kentsel yaban hayatı habitatlarının sağlanması gibi çeşitli ekosistem ve diğer hizmetler sunmaktadır (Washburn et al. 2016). Uzun boylu, bitki çeşitliliği yüksek, yerli türlerin kullanıldığı ot veya odunsu türlerin kullanıldığı alanlardır. Bütünsel olarak yakınındaki yeşil ve mavi altyapı elemanlarına yakınlığı ve alanların niteliği ekolojik süreklilik bakımından önemlidir. Yeşil çatılar bu sayede basamak taşı görevi de görebilir. Çatı yüksekliklerinin çevresindeki dikey bitki örtüsünden alçakta kalmaması gereklidir, bu durum kuşların tercihlerini kısıtlayabilmektedir (Washburn et al. 2016; Patridge & Clark, 2022).

Kentlerde artan yüksek yapılar ve cam yüzeylerin yol açtığı çarparak oluşan kuş ölümlerinin azaltılması açısından da kritik öneme sahiptir. Şeffaf veya yansıtıcı camların desenli, mat veya ultraviyole işaretli camlarla değiştirilmesi; ışık kirliliğini azaltmak için gece aydınlatmasının yönlendirilmesi, hem yerli hem göçmen kuşların çarpışma risklerini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu yaklaşımlar, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) gibi uluslararası yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde de ekolojik sürdürülebilirlik kriterleri arasında değerlendirilmektedir (USGBC, 2019). Örneğin, LEED v4'teki "Light Pollution Reduction" ve "Bird Collision Deterrence" kredileri, hem enerji tasarrufu hem de kuşların yaşamını koruma açısından teşvik edici olmuştur. Türkiye'de İstanbul Havalimanı Terminal Binası, Hava Kontrol Kulesi (ATC) ile Devlet Konukevi LEED sertifikasına sahiptir. Dünyanın ilk LEED Altın V4 sertifikalı camisi olarak tescillenen Ali Kuşçu Cami-i Şerifi İstanbul Havalimanı içerisinde yer almaktadır. WELL Building Standard (IWBI, 2023) ve BREEAM Communities (BRE, 2023) gibi çerçeveler de kent ölçeğinde ekolojik ve insan sağlığını gözetken planlama ilkelerini içermektedir. Dolayısıyla, kuş dostu tasarım ilkelerinin kentsel planlamaya entegre edilmesi, hem biyolojik çeşitliliğin korunmasına hem de kent ekosistemlerinin ekolojik bütünlüğünün sürdürülmesine katkı sağlamaktadır.

5.4.4. Toplumsal Farkındalık ve Katılımın Önemi

Biyolojik çeşitliliğin korunması ve arttırılması konusunda en önemli adımlardan biri toplumsal farkındalık oluşturma süreçleridir. Yönetici kurumların akademik ve STK işbirlikleri ile öğrencilerin okul programlarında sürekliliği olan biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri, sürdürülebilir peyzaj planlama gibi derslerin uygulanması, bazı ülkelerde halihazırda uygulanmaktadır. Sosyal projelerle halkın bilinçlendirilmesi ve devlet memurlarına, özel sektörde firmaların personellerine sürdürülebilir çevre bilinci eğitimlerini uygulaması da fayda sağlayacaktır. Yerel halkın, öğrencilerin ve eğitim, izleme ve katılımcı planlama süreçlerine dâhil edilmesi, ekolojik stratejilerin benimsenmesini ve uygulanmasını kolaylaştırmaktadır.

ABD'de yapılan göç döneminde ışık kısma faaliyeti, kuş dostu bina, bahçe ve balkon uygulamaları gibi bireysel önlemler ya da kuş gözlem etkinlikleri gibi faaliyetler, halkın farkındalık oluşturmaya ve katılım sağlamasına neden olur. Topluluk temelli izleme programları (gönüllü insanlar) ile kuş popülasyonlarının durumunun uzun vadede takip edilmesi için projeler uygulanabilir. eBird kuş gözlem veri tabanı, ülkelerin kendi oluşturdukları biyolojik çeşitlilik gözlem veri tabanları sayesinde farklı zaman ve mekanlarda yapılan gözlemler halkın bilimsel veri toplamayı öğrenmesini ve katılımını

teşvik etmiş olur. Böylelikle halkın doğaya karşı sorumluluk bilinci de artmaktadır. Ekolojik okuryazarlık oranının artmasının zorunlu olduğu bir çağda yaşamaktayız. Bu tür katılımcı yaklaşımlar, kuş dostu şehirlerin gelişimi için gerekli olan ekolojik planlama politikalarının etkinliğini güçlendirmektedir.

5.5. POLİTİKALAR VE YÖNETİM YAKLAŞIMLARI

5.5.1. Kentsel Biyoçeşitlilik Politikalarının Geliştirilmesi

Türkiye’de, Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2007) sonrasında politikalar, tüm ekosistemler için biyolojik çeşitliliği bir öncelik haline getirmeyi hedeflemiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde hazırlanan “Biyolojik Çeşitlilik ve Genetik Kaynaklar Politika Belgesi (2021-2025)”, biyoçeşitlilik ile genetik kaynakların korunmasına, sürdürülebilir kullanıma ve sektörel entegrasyona dair ilke ve eylem önerileri getirmiştir. Kentsel biyoçeşitliliğin de korunması ve artırılması için politika geliştirme, planlama ve uygulama süreçlerinin uluslararası sözleşme ve projeler ile zorunluluk haline getirilmesi, ulusal eylem planlarının oluşturulması elzemdir. Bu bağlamda, kentsel bölgelerin ekolojisi ve kentsel mozaiklerin ekolojisiyle planlamalar yapabilmek için, yalnızca park ve bahçelerle sınırlı kalmayıp bütün mavi ve yeşil altyapı unsurlarını içerecek şekilde merkezden taşraya giden bölgelerin bütüncül ele alınması gerekmektedir. Kentsel biyoçeşitlilik politikalarının, ekosistem hizmetlerinin (örneğin iklim düzenleme, hava kalitesini iyileştirme, tozlaşma, habitat sürekliliği) sağlanmasına katkı sağlayacak biçimde entegre edilmesi, uzun vadeli ekolojik dayanıklılık açısından önemlidir. Bu politikalar, aynı zamanda habitat parçalanmasını azaltacak mekânsal planlama kararlarını ve doğal türlerin kent ekosistemine uyumunu destekleyen peyzaj tasarım ilkelerini içermelidir.

5.5.2. Yerel Yönetimlerin Rolü ve Sorumlulukları

Kentsel biyoçeşitliliğin korunması ve ekolojik planlamada en etkin aktörlerden biri olan Yerel yönetimler, park, bahçe, yol kenarı ağaçlandırmaları gibi yeşil altyapı ve göller, dereler, yağmur bahçeleri gibi mavi altyapı uygulamalarının yönetiminden sorumludurlar. Bu alanların biyolojik unsurlarının habitat fonksiyonunu nitelikli bir şekilde sürdürmesini sağlamakla yükümlüdür. Yerel yönetimler (belediyeler, büyükşehir belediyeleri ve il özel idareleri), kentsel planlama süreçlerinde — nazım imar planları, yeşil alan sistemleri, ulaşım, altyapı ve kıyı planlaması gibi alanlarda — biyoçeşitliliği koruma hedeflerini entegre etmekle sorumludur. Ek olarak, yapılaşma izinlerinden ışık kirliliği düzenlemelerine kadar uzanan politikalarla, kuş dostu

kentsel tasarımın desteklenmesinde de önemli bir rol üstlenirler. Katılımcı süreçler yoluyla halkı ve sivil toplum örgütlerini karar mekanizmalarına dâhil etmeleri, tüm paydaşların – yerel yönetimler, STK’lar, yerel halk, öğrenciler/öğretmenler, memur/personeller – biyoçeşitlilik yönetimine aktif katılımını sağlamaları gerekmektedir. Ayrıca ekolojik göstergelerin (yeşil alan oranları, habitat bütünlüğü ve bağlantıları, hedef türler), veri toplama, izleme ve raporlama süreçlerinden sorumludurlar. Türkiye’de bu işlev, Ulusal Biyolojik Çeşitlilik İzleme Ağı (UBİA) ve belediyelerin CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) temelli yeşil alan envanterleriyle desteklenmektedir.

5.5.3. Ulusal ve Uluslararası İşbirlikleri ve Projeler

Türkiye, nesli tehlike altında olan canlılar ve yaşam alanlarının korunmasından uluslararası sözleşmeler gereği sorumludur. Bu yükümlülüğü yerine getireceğine dair Türkiye, Kuşların Himayesine Dair Milletlerarası Sözleşme (1966), Bern Sözleşmesi (1984), CITES Sözleşmesi (1994), Ramsar Sözleşmesi (1994), Biyoçeşitlilik Sözleşmesi (1996) gibi uluslararası çevre sözleşmelerine taraf olmuştur. Türkiye, 1996 yılından bu yana Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesinin tarafı olarak, 2022’de kabul edilen Kunming–Montreal Küresel Biyolojik Çeşitlilik Çerçevesi (GBF) kapsamındaki hedeflere katkı vermektedir. Bu çerçeve doğrultusunda yürütülen Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (UBSEP 2018–2028) ile birlikte, şehirlerin doğa temelli çözümler ve ekosistem hizmetleri temelli planlamaya yönlendirilmesi; UNEP, CBD Sekretaryası, Avrupa Birliği ve IUCN gibi kuruluşlarla ortak projeler aracılığıyla desteklenmektedir.

Kentsel biyoçeşitliliğin korunması ve kuş çeşitliliğinin desteklenmesi, tek başına yerel yönetimlerin veya bireysel aktörlerin çabalarıyla sınırlı kalmaz; ulusal ve uluslararası işbirlikleri bu süreçte kilit rol oynar. Türkiye’de **Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (UBSEP)** gibi çerçeve politikalar, kentsel ekosistemlerde de uygulanabilir hedefler ortaya koymaktadır. Ayrıca, **Ramsar Sözleşmesi, Bern Sözleşmesi, Avrupa Kuş ve Habitat Direktifleri** gibi uluslararası mekanizmalar, kentlerdeki doğal ve yarı-doğal habitatların korunmasına katkı sunmaktadır. Yerel düzeyde geliştirilen projelerin, **LIFE Programı, Horizon Europe** gibi Avrupa Birliği fonlarıyla desteklenmesi, hem bilimsel araştırmaların hem de uygulamalı habitat iyileştirme çalışmalarının ölçeğini ve etkisini artırmaktadır. Bu tür çok düzeyli işbirlikleri, kentlerin doğa temelli çözümlerle daha dirençli ve biyolojik açıdan zengin ekosistemlere dönüşmesini sağlayan stratejik araçlar olarak değerlendirilmektedir.

6. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

6.1. Kentsel Alanlarda Kuş Çeşitliliğinin Korunması ve Artırılması İçin Öneriler

Kent ekosistemlerinde kuş çeşitliliğinin sürdürülmesi, kent alanının büyüklüğü, habitat bileşimi (yeşil alan, tarımsal peyzaj, sucul habitat oranları), coğrafi konum/enlem (latitude) ve bölgesel tür havuzu gibi peyzaj ölçeğindeki değişkenlerle yakından ilişkilidir. Çeşitli çalışmalarda, büyük kentlerin tür zenginliği bakımından potansiyeli olmasına karşın, kentler arası biyotik homojenleşme eğilimi nedeniyle bölgesel özgünlüğün azaldığı ve hatta enlemsel farklılıkların olduğu önceki bölümlerde vurgulanmıştır.

Kuş çeşitliliğinin korunmasına yönelik öncelikler; habitat bağlantılılığını sağlayan ekolojik ağların güçlendirilmesi, olgun ağaçların ve su öğelerinin korunması, kent içinde göçmen türler için güvenli konaklama ve beslenme alanlarının oluşturulması ve kentleşme baskısı altındaki yeşil altyapı yamalarının genişletilmesidir. Ayrıca, kentsel ısı adası etkisini azaltan bitki örtüsünün desteklenmesi, kuş çeşitliliğinin ikincil ekosistem hizmetlerini (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**) sürdürmesine katkıda bulunur.

Çizelge 6.1’de, kuşların sağladığı ekosistem hizmetleri ile bu hizmetlerin ekolojik ve kentsel bağlamdaki sonuçlarını özetlemektedir.

Çizelge 6.1. Kuşların Ekosistem Hizmetleri.

Hizmet	Kuşların Mekanizması	Ekosistem Sonucu
Karbon Tutumu & İklim Düzenleme	Tohum dağılımı → orman & sulak alan bitki örtüsü → karbon depolama	Karasal ve sulak ekosistemlerin karbon stokları artar
Zararlı Kontrolü & Tarımsal fayda	Böcekçil kuşlar zararlıları tüketir; yırtıcı kuşlar kemirgenleri azaltır	Pest popülasyonları baskılanır; tarım/orman sağlığı
Tozlaşma	Nektarivor kuşlar polen taşır	Çiçekli bitkilerin üremesi, habitat & karbon kazanımı
Dolaylı Sağlık Hizmeti	Kemirgen rezervuarı olan hantavirüs ve diğer zoonozların bulaşma riski azalır	İnsan ve hayvan sağlığı için ekosistem hizmeti
Habitat Düzenleyici	Ağaçkakanlar kovuk açar; leşçil kuşlar besin döngüsünü hızlandırır	Yapısal çeşitlilik, kovuklu hayvanlar için yuva
Kentsel Mikroiklim	Tohum ve tozlaşma yoluyla bitki örtüsünü artırır	Gölgeleme, serinletme, karbon depolama

Ekolojik denge	Baykuşlar, kerkenezler, şahinler, atmaca vb.	Küçük kemirgenlerin popülasyonu baskılanır
-----------------------	--	--

Kuşlar doğrudan iklimi düzenlemez; bitki örtüsü aracılığıyla dolaylı katkı sağlar. Tohum ve polen taşınımı yoluyla ağaç, çalı ve sulak alan bitkilerinin gelişmesine destek olarak gölgeleme, evapotranspirasyon ve karbon depolama süreçlerini güçlendirir (Belaire et al., 2022).

6.2. Araştırma ve Uygulama Alanlarında Gelecekteki Yönelimler

Kentsel ekosistemlerde kuş çeşitliliğinin korunması, sadece mevcut yeşil altyapının genişletilmesine değil, aynı zamanda habitat bağlantısallığının (connectivity) ve peyzaj ölçeğinde ekolojik ağların (örn. parklar, sulak alanlar, kıyı habitatları, nehir koridorları) güçlendirilmesine dayanmaktadır. Gelecekteki araştırmaların;

- Uzun dönemli izleme programları,
- Mikroiklim ve kentsel ısı adası etkisi,
- Biyoçeşitlilik–ekosistem hizmeti ilişkisi (örn. zararlı kontrolü, polinasyon),
- Biyotik homojenleşme ve kentlerdeki toleransı yüksek türlerin baskınlığı gibi konulara odaklanması önemlidir.

Uygulama alanında ise doğa temelli çözümler, karbon tutumu yüksek yeşil altyapılar ve kentsel sulak alan restorasyonu, kuş çeşitliliğini desteklerken iklim uyumuna da katkı sağlayacaktır. Tasarımların yönlendirilmesi gereken temel ekolojik faktörlerin iyi bilinmesi önerilmektedir.

6.3. Kentsel Ekosistemlerde Sürdürülebilirlik ve Biyolojik Çeşitliliğin Korunması için Stratejik Yaklaşımlar

Kentsel planlama ve tasarımda, iklim değişikliği ve kentsel baskılar karşısında dirençli şehirler oluşturmak gereksinimi kritiktir (Demiroğlu, vd. 2021; Demiroğlu ve Karadağ 2024). İklim değişikliğiyle artan sıcaklık dalgaları, kuraklık ve fenoloji uyumsuzlukları, kuş popülasyonlarını doğrudan etkilerken, su, besin, gölgeleme, barınma ihtiyaçlarını sağlayan bitki örtüsü kuşların adaptasyon kapasitesi için elzemdir. Bu sebeple, “Kuş-bitki-mikroiklim-temiz hava” zincirleme etkileşim mekanizmasıyla planlanmış ve ekolojik olarak tasarlanmış yeşil altyapıya gereksinim vardır.

Kuşlar tohum yayılımı ve tozlaşmaya neden oldukları katkıdan dolayı bitki kompozisyonunu, çoğalmasını ve dağılımını etkilemektedirler. Bitki biyokütlesinin artmasına ve sürdürülebilirliğine bir ekosistem hizmeti olarak

katkı vermektedirler. Ağaç ve çalı bitki örtüsü ise havadaki partikül madde tutulumunu artırır, gölgeleme ve evapotranspirasyon ile sıcaklıkları düşürür. Bu kentsel ısı adası etkisinin düşürülmesi bitki örtüsünün çeşitliliği, yoğunluğu ve planlı dağılımı ile mümkündür. Dolayısıyla iyi tasarlanmış yeşil altyapı ve bitki örtüsü, mikroiklimi düzenleyerek kirlilik etkilerini ve kentsel ısı adası etkisini kısmen tamponlayabilir. Yeşil altyapı ve sulak alanların genişletilmesinin karbon tutumu ve iklim düzenleme açısından ek faydaları olacağı düşünülmektedir.

Yeşil alanların büyüklüklerinin planlanması, habitat çeşitliliği, habitatların işlevseliliğinin yönetim mekanizmalarında yeterince anlaşılabilmesi için akademik kurumlar, STK'lar ve bakanlıklar ile belediyeler gibi yerel yönetimlerin işbirliği yapması gerekmektedir. Habitatların mekânsal bağlantısallığını sağlayan koridorların geliştirilmesi, yalnızca kuşların göç ve üreme süreçlerini değil, aynı zamanda karbon tutumu ve iklim düzenleme gibi ekosistem hizmetlerini de güçlendirecektir. Yeşil alanların tasarımında bilinmesi gereken, peyzaj ölçeğinde büyüklük, çeşitlilik, yumuşak kenar etkileri, bağlantısalılık, geçirgenlik, çekirdek alan ve kenar oranlarının hesaplanması ve planlanması elzemdir. Kentsel bölgelerin ekolojisi düşünüldüğünde, kentlerdeki izole yeşil alanlar, sulak alanlar ve nehir kıyıları arasında ekolojik ağ olarak ekolojik köprüler ve koridorlar önerilmektedir. Bu ağ, kuş türlerinin göç ve üreme için gerekli bağlantılı habitatları sağlayarak ekosistem hizmetlerini (örn. haşere kontrolü, tohum dağılımı) dolaylı biçimde destekler.

Küçük ölçekli çalışmalarda ağaç ve çalı gruplarının yoğunluğu, çeşitliliği, yerli tür seçimi, yumuşak ve sert odun yoğunluğuna sahip ağaç türlerinin oranlanması, ölü dal, ölü dikey ve yatay ağaçların yerinde korunması, yerli çiçekli bitkilerin kendiliğinden büyüyüp yetişmesinin sağlanması birinci önemli adımdır. Toprak ve diğer taş, beton, kauçuk zeminlerin tasarımında bitki ve hayvan çeşitliliğinin talebine göre tasarım yapılması, insan ve evcil predatör baskısının azaltılması, üreme dönemlerinde insanların giremediği boşlukların oluşturulması gibi temel mikrohabitat özelliklerinin planlanması önerilir. Özellikle kuş çeşitliliği yüksek bölgeler, aynı zamanda ekosistem hizmetleri açısından kritik yeşil altyapı düğümleri olarak tanımlandığından bu alanların korunması ve doğru yönetilmesi, bu alanların iyi bilinmesi önem taşımaktadır.

Biyoçeşitlilik ve ekoloji temelli **kültürel hizmetlerin** (rekreasyon, ekoturizm, kuş ve doğa gözlemciliği, doğa yürüyüşleri, çocuklar ve gençlere ekolojik eğitimler, estetik ve popüler konu ve türlerle farkındalık faaliyetleri,

halkın bilinçlendirilmesi için sosyal projeler) güçlendirilmesi, toplumun doğa korumaya yönelik ilgisini artırarak bu stratejilerin sürdürülebilirliğini destekler.

Sonuç olarak, ekolojik ağın korunması ve iyileştirilmesi, kuş çeşitliliğini ve popülasyonlarını koruyacak, rekreasyon ve estetik değer yaratacak, peyzaj ölçeğinde ekosistem hizmetlerini (ör. karbon tutumu, kültürel değerler) güçlendirecektir. Doğa **temelli çözümlerle desteklenen yeşil altyapı** ve bilim temelli kentsel biyoçeşitlilik politikaları, kuş çeşitliliğinin korunması ve kentlerin ekolojik dayanıklılığının artırılması için geleceğe dönük temel stratejik yaklaşımı oluşturmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Brown, J. S., Kotler B.P., Smith R.J., & Wirtz W.O (1988). The effects of owl predation on the foraging behavior of heteromyid rodents. *Oecologia*, 76(3), 408–415. <https://doi.org/10.1007/BF00377036>
- Işık, K., & Kurt, Y. (2005, Aralık). Habitat fragmentasyonu ve biyoçeşitliliğe etkileri [Effects of habitat fragmentation on biological diversity]. *Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acilen Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu*, 22–24 Aralık 2005, Antalya, Türkiye.
- Forman, R. T. T. (2008). *Urban regions: Ecology and planning beyond the city*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Figueroa, R. A., Rau, J. R., Mayorga, S., Martínez, D. R., Corales, E. S., Mansilla, A., & Figueroa, R. M. (2009). Rodent prey of the barn owl (*Tyto alba*) and short-eared owl (*Asio flammeus*) during winter in agricultural lands in southern Chile. *Wildlife Biology*, 15(2), 129-136. <https://doi.org/10.2981/08-005>
- Marini, M. Â. (2010). Bird movement in a fragmented Atlantic Forest landscape. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 45(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/01650521003656606>
- Ramsar Convention Secretariat. (2010). *Ramsar sites of Turkey: Wetlands of international importance*. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Erişim adresi: https://www.ramsar.org/sites/default/files/migration_files/documents/pdf/Ramsar_Sites_of_Turkey_publication_english.pdf
- Halfwerk, W., Holleman, L. J. M., Lessells, C. M., & Slabbekoorn, H. (2011). Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 210–219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01914.x>
- EuroNatur. (2011, May 26). *Ambassador for Stork Protection*. <https://www.euronatur.org/en/what-we-do/news/ambassador-for-stork-protection>
- Çalışkan, V., Tosunoğlu, M., Öztürk, M. Z., Arslan, F., Bay, A., & Samsa, Ş. (2012). *Çanakkale için bir Tabiat Parkı Önerisi: Çardak Kıyı Oku ve Lagünü (Çardak Kuş Cenneti)*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı III. Bölge Müdürlüğü. ISBN 978-605-63626-0-6.
- Yıldız, K., & Karadağ, A. A. (2013). Karayollarının Habitat Üzerine Etkilerinin İncelenmesi Hendek Örneği Sakarya. Presented at the Ekoloji 2013 Sempozyumu, Tekirdağ.

- Ciach, M., & Froehlich, A.. (2013). Habitat preferences of the Syrian woodpecker *Dendrocopos syriacus* in urban environments: An ambiguous effect of pollution. *Bird Study*, 60(4), 491–499. <https://doi.org/10.1080/00063657.2013.847899>
- Karadağ, A. A., & Yıldız, K. (2013). A research on the determination of the ecological effects of road networks: The example of Hendek, Turkey. *Journal of Applied Sciences*, 13, 692–699. <https://doi.org/10.3923/jas.2013.692.699>
- Forman, R. T. T. (2014). *Urban ecology: Science of cities*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Ferenc, M., Sedláček, O., Fuchs, R., Dinetti, M., Fraissinet, M., & Storch, D. (2014). Are cities different? Patterns of species richness and beta diversity of urban bird communities and regional species assemblages in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 23(4), 479–489. <https://doi.org/10.1111/geb.12130>
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 18(6), 581–592. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>
- Michalczyk, J., Michalczyk, M., & Cymbała, R. (2011). The usefulness of various methods of monitoring the population size of the Syrian Woodpecker *Dendrocopos syriacus*. *Ornis Polonica*, 52, 280–287. <https://doi.org/10.12657/ornis.2011.4.6>
- Demiroğlu, D., Pekin, U., Karadağ, A. A., & Cengiz, A. E. (2014). Ecology-based contemporary urbanism approaches. In R. Efe, O. T. Tüzün, S. Igor, & A. Emin (Eds.), *Urban and urbanization* (pp. 579–600). St. Kliment Ohridski University Press.
- Washburn, B. E., Swearingin, R. M., Pullins, C. K., & Rice, M. E. (2016). *Composition and diversity of avian communities using a new urban habitat: Green roofs*. *Environmental Management*, 57(6), 1230–1239. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0687-1>
- Cornell Lab of Ornithology. (n.d.). Cornell Lab of Ornithology. <https://www.birds.cornell.edu>
- Inger, R., Cox, D.T.C., Per, E., Norton, B.A. & Gaston, K.J. 2016. Role of vertebrate scavengers in urban ecosystems in the UK. *Ecology and Evolution* 6, 7015–7023.
- La Sorte, F. A., Fink, D., Buler, J. J., Farnsworth, A., & Cabrera-Cruz, S. A. (2017). Seasonal associations with urban light pollution for nocturnally migrating

- bird populations. *Global Change Biology*, 23(11), 4609–4619. <https://doi.org/10.1111/gcb.13792>
- Karadağ, A. A. (2018). The contributions of green spaces to urban ecosystem. In R. Efe, I. Christov, E. Strauss, A. Gad-Alla, & I. Curebal (Eds.), *Science, ecology and engineering research in the globalizing world* (pp. 278–289). St. Kliment Ohridski University Press.
- Karadağ, A. A., & Cengiz, A. E. (2018). Importance of Urban Planning Based on Landscape Ecology. In *2nd International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF)*, April (pp. 2-5).
- Demiroğlu, D., Çoban, A., Karadağ, A. A., & Cengiz, A. E. (2019). Contribution of Landscape Character Analysis to Sustainable Urban Planning Gaziantep Case Turkey,” presented at the International Workshop on “Environmental Engineering and Sustainable Development”, Alba Iulia.
- Tülek, B., & Ersoy Mirici, M. (2019). *Kentsel sistemlerde yeşil altyapı ve ekosistem hizmetleri*. PEYZAJ – Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 1(2), 1-11.
- USGBC (U.S. Green Building Council). (2019). *Pilot Credit 55: Bird collision deterrence*. Retrieved from <https://leeduser.buildinggreen.com/credit/Pilot-Credits/SSp55>
- Lessi, B. F., Geneletti, D., Cortinovis, C., Dias, M. M., & Reis, M. G. (2020). Bird richness and Ecosystem Services across an urban to natural gradient in south-eastern Brazil: Implications for landscape planning and future scenarios. *One Ecosystem*, 9, 114955. <https://doi.org/10.3897/oneeco.9.e114955>
- Luna, A. P., Bintanel, H., Viñuela, J., & Villanúa, D. (2020). Nest-boxes for raptors as a biological control system of vole pests: High local success with moderate negative consequences for non-target species. *Biological Control*, 146, 104267. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104267>
- Samsun Kalkınma Ajansı. (2020). *Samsun mekânsal gelişim önerileri raporu*. Samsun Kalkınma Ajansı.
- Cabrera-Cruz, S. A., Cohen, E. B., Smolinsky, J. A., & Buler, J. J. (2020). Artificial Light at Night is Related to Broad-Scale Stopover Distributions of Nocturnally Migrating Landbirds along the Yucatan Peninsula, Mexico. *Remote Sensing*, 12(3), 395. <https://doi.org/10.3390/rs12030395>
- Demiroğlu, D., Karakuş, C. B., & Karadağ, A. A. (2021). İklim Değişikliğine Dirençli Kentler ve Türkiye. 8. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, istanbul.
- Van Doren, B. M., Willard, D. E., Hennen, M., Horton, K. G., Stuber, E. F., Sheldon, D., Sivakumar, A. H., Wang, J., Farnsworth, A., & Winger, B. M. (2021).

- Drivers of fatal bird collisions in an urban center. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(24), e2101666118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2101666118>
- St. George, D. A., & Johnson, M. D. (2021). Effects of habitat on prey delivery rate and prey species composition of breeding barn owls in winegrape vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 312, 107322. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107322>
- Adams, C. A., Fernández-Juricic, E., Bayne, E. M., & St. Clair, C. C. (2021). Effects of artificial light on bird movement and distribution: A systematic map. *Environmental Evidence*, 10, 37. 10.1186/s13750-021-00246-8
- Callaghan, C. T., Nakagawa, S., & Cornwell, W. K. (2021). *Global abundance estimates for 9,700 bird species*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 118(21), e2023170118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023170118>
- Liu, T., Ma, L., Cheng, L., Hou, Y., & Wen, Y. (2021). Is ecological birdwatching tourism a more effective way to transform the value of ecosystem services?—A case study of birdwatching destinations in Mingxi County, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23), 12424. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312424>
- Plaza, P. I., & Lambertucci, S. A. (2022). Mitigating GHG emissions: A global ecosystem service provided by obligate scavenging birds. *Ecosystem Services*, 56, 101455. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101455>
- Belaire, J. A., Higgins, C., Zoll, D., Lieberknecht, K., Bixler, R. P., Neff, J. L., Keitt, T. H., & Jha, S. (2022). Fine-scale monitoring and mapping of biodiversity and ecosystem services reveals multiple synergies and few tradeoffs in urban green space management. *Science of the Total Environment*, 849, 157801. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157801>
- Partridge, D. R., & Clark, J. A. (2022). *Small urban green roof plots near larger green spaces may not provide additional habitat for birds*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 779005. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.779005>
- BirdLife International. (2022, September 15). Birds are very useful indicators for other kinds of biodiversity. *BirdLife Data Zone*. <https://datazone.birdlife.org/articles/birds-are-very-useful-indicators-for-other-kinds-of-biodiversity>
- ShareScreen Africa. (2023, August 21). *Tracking avian journeys within and into Africa*. Retrieved October 6, 2025, from <https://sharescreenafrica.org/blog/tracking-avian-journeys-within-and-into-africa-43eb3>

- Demiroğlu, D., & Karadağ, A. A. (2023). *Urban sustainability indicators and open-green space*. Presented at the III. International Architectural Sciences and Applications Symposium, Naples.
- Sumasgutner, P., Cunningham, S. J., Hegemann, A., Amar, A., Watson, H., Nilsson, J. F., Andersson, M. N., & Isaksson, C. (2023). Interactive effects of rising temperatures and urbanisation on birds across different climate zones: A mechanistic perspective. *Global Change Biology*, 29(9), 2399-2420. <https://doi.org/10.1111/gcb.16645>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). *Türkiye mekânsal strateji belgesi*. Ankara: ÇŞİDB.
- International WELL Building Institute (IWBI). (2023). *WELL Building Standard v2*. Retrieved from <https://www.wellcertified.com/>
- BRE (Building Research Establishment). (2023). *BREEAM communities: Land use and ecology*. Retrieved from <https://www.breem.com/>
- Şahin Körmeçli, P., & Ceylan, K. S. (2023). Kentlerde kuş göç yolları üzerindeki biyoçeşitliliğin peyzaj tasarım uygulamaları ile desteklenmesi: Çankırı örneği. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi (Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences)*, 8(3), 526-535. <https://doi.org/10.35229/jaes.1352864>
- National Audubon Society. (2023). *Lights Out: Protecting migratory birds from building collisions*. Erişim adresi: <https://www.audubon.org/our-work/cities-and-towns/lights-out>
- Cai, Z., La Sorte, F. A., Chen, Y., & Wu, J. (2023). The surface urban heat island effect decreases bird diversity in Chinese cities. *Science of The Total Environment*, 902, 166200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166200>
- Chan, L. (2024). *Cities in nature. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 379(1903), 20220322. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0322>
- Anadolu Ajansı. (2024, Nisan 3). *Leylek köyündeki yuvasına 13. kez konan Yaren, turizmi de hareketlendirdi*. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/leylek-koyundeki-yuvasina-13-kez-konan-yaren-turizmi-de-hareketlendirdi/3154642>
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2024, November). *Birding in the United States: A Demographic and Economic Analysis*. Addendum to the 2022 National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation. <https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/2024-11/2022-birding-in-the-us-demographic-and-economic-analysis.pdf>

- Chiron, F., Lorrillière, R., Bessa-Gomes, C., Tryjanowski, P., Casanelles-Abella, J., Laanisto, L., Leal, A., Van Mensel, A., Moretti, M., Muysshondt, B., Niinemets, Ü., Alós Ortí, M., Pinho, P., Samson, R., & Deguines, N. (2024). How do urban green space designs shape avian communities? Testing the area–heterogeneity trade-off. *Landscape and Urban Planning*, 242, 104954. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104954>
- Byrd, K. B., Woo, I., Hall, L., Pindilli, E., Moritsch, M., Good, A., De La Cruz, S., Davis, M., & Nakai, G. (2024). Birdwatching preferences reveal synergies and tradeoffs among recreation, carbon, and fisheries ecosystem services in Pacific Northwest estuaries, USA. *Ecosystem Services*, 69, 101656. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101656>
- Zhang, D., Zeng, S., Shi, W., Namaiti, A., & Zeng, J. (2025). Constructing an ecological network integrating avian biodiversity and ecosystem services in highly urbanized areas: A case study of Tianjin, China. *Global Ecology and Conservation*, 61, e03677. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03677>
- Ronen, N., Brook, A., & Charter, M. (2025). Assessing birds of prey as biological pest control: A comparative study with hunting perches and rodenticides on rodent activity and crop health *Biology (Basel)*, 14(9), 1108. <https://doi.org/10.3390/biology14091108>
- Critical Ecosystem Partnership Fund. (n.d.). *Explore the biodiversity hotspots*. Retrieved October 6, 2025, from <https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots>
- Satz, H. (2025). *The Flight of the Cranes*. In *How Birds Find Their Way* (pp. 69-75). Cham: Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-92181-0_8



BÖLÜM 4

Kuş Biyoçeşitliliği İzleme Yöntemleri: Eski Yöntemlerden Dijital Çözümlere*

Sedat İnak¹

1. GİRİŞ

“Kuş biyoçeşitliliği” yalnızca tür sayısından ibaret değildir. Kuşlar tohum taşır, bitkileri tozlaştırır, zararlı böcekleri baskılar ve leşleri ortadan kaldırarak madde–enerji döngüsünü işler hâlde tutar. Bu katkılar; düzenleyici, destekleyici, arz ve kültürel ekosistem hizmetlerine doğrudan yansır (Şekercioğlu, Daily, & Ehrlich, 2004; Whelan, Wenny, & Marquis, 2008). Tür zenginliği ve işlevsel çeşitlilik arttıkça bu süreçlerin etkisi genellikle güçlenir; ancak ilişki her zaman doğrusal değildir (Cardinale et al., 2012). Örneğin böcekçil tür toplulukları tarım zararlılarını baskılayabilirken, su kuşları taşıyıcı–avcı rolleriyle sucul ekosistemlerin yapısını şekillendirir (Whelan et al., 2008).

Kuşlar aynı zamanda güvenilir biyolojik göstergelerdir. Geniş yayılışları, çevresel değişimlere duyarlılıkları ve düzenli sayımlarla izlenebilir olmaları sayesinde doğadaki eğilimleri erken fark etmemizi sağlarlar. Avrupa’da yaygın türlere dayalı göstergeler, tarım ve orman habitatlarındaki uzun dönemli eğilimleri yönetim ve politika süreçlerine başarıyla taşımıştır (Gregory et al., 2005). Atlas çalışmaları yıllık izleme programlarıyla birlikte okunduğunda, türlerin alan kullanımı ve öncelikli koruma sahaları daha güvenilir biçimde belirlenebilir (Keller et al., 2020). Kuzey Amerika’daki uzun dönemli sayımlar, 1970–2017 arasında yaklaşık 3 milyar bireylik kaybı ortaya koyarak ekosistem bütünlüğü açısından kritik bir uyarı yapmıştır (Rosenberg et al., 2019). Bu tür değerlendirmelerin güvenilirliği, gözlemci/rota/yıl gibi etkileri ayıran hiyerarşik analizler sayesinde artar (Link & Sauer, 2002).

Kuş biyoçeşitliliğinin toplumsal getirileri de güçlüdür. Doğa temelli rekreasyon, eğitim, doğa turizmi ve vatandaş bilimi hem sosyal fayda üretir hem de ekonomik değere dönüşür (Whelan et al., 2008). Dolayısıyla zenginlik, bolluk ve topluluk yapısı gibi göstergeler sadece ekolojik sağlığı takip etmek

* Devam etmekte olan “İstanbul Anadolu Yakası Açık Yeşil Alanlarında Kuş Komünite Çeşitliliği ve Yoğunluğunun Değerlendirilmesi” adlı doktora tezinden üretilmiştir. Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Düzce.

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce, ORCID: 0000-0001-7214-9558

için değil, insan refahı ve sürdürülebilir kullanım kararlarını desteklemek için de önemlidir. Bu nedenle standardize izleme programları ve tespit edilebilirliği açıkça modele katan istatistiksel yaklaşımlar, yanlılığı azaltır ve eğilim/dağılım yorumlarını sağlamlaştırır (Buckland et al., 2001).

2. KUŞ İZLEME ÇALIŞMALARININ TARİHÇESİ

Kuş izleme yaklaşımları, basit doğa gözlemlerinden başlayarak halkalama çalışmalarına, ulusal ve kıtasal ölçekli izleme ağlarına ve son yıllarda sensör tabanlı teknolojilere uzanan uzun bir evrim süreci geçirmiştir. Bu bölümde, tarihsel olarak öne çıkan dönüm noktaları ve bu süreçlerin günümüzdeki izleme yöntemlerinin biçimlenişine katkıları ele alınmaktadır.

19. yüzyılın sonlarında doğa meraklılarının yaptığı betimsel kayıtlar, kuşların nerede ve ne zaman görüldüğüne ilişkin sistematik bilginin temelini oluşturdu. 1899'da H. C. C. Mortensen'in kuşlara metal halka takması, göç yolları, yaşam süresi ve hayatta kalma oranlarının ölçülmesini mümkün kılarak modern halkalamanın başlangıcı sayıldı (Bairlein, 2001). 1901'de kurulan Rossitten Kuş Gözlem İstasyonu, Avrupa'daki popülasyonlar arasında bağlantıların ortaya çıkarılmasında öncü rol oynadı (Berthold, 2001). "İşaretleme-yeniden yakalama" yaklaşımı bu dönemde yaygınlaşarak, kuş hareketlerinin ve demografik yapıların nicel olarak yorumlanabilmesine imkân sağladı..

1933'te kurulan British Trust for Ornithology (BTO), gönüllü gözlemcilerden gelen verileri bilimsel protokollerle birleştirerek kuş araştırmalarında yeni bir dönemin kapısını araladı. Bu dönemden itibaren standart formlar, saha eğitimleri ve veri kontrol mekanizmalarıyla gözlemler daha tekrarlanabilir hale geldi (Greenwood, 2007). Ulusal halkalama ağlarının oluşturulması, göç yollarının daha bütüncül biçimde anlaşılmasına olanak tanıdı ve geri bildirim oranlarını önemli ölçüde artırdı (Bairlein, 2001). Böylece kuş göçleri artık yalnızca gözlemsel değil, demografik açıdan da yorumlanabilir hale geldi.

1966'da başlatılan North American Breeding Bird Survey (BBS) programı, belirli rotalarda aynı protokollerle yapılan düzenli sayımlar sayesinde kıta genelinde uzun dönemli eğilimlerin güvenilir biçimde izlenmesini sağladı (Sauer et al., 2017). BBS verilerinin güçlü yanı, gözlemci, rota ve yıl gibi farklı etkileri ayırabilen hiyerarşik modeller kullanmasıdır (Link & Sauer, 2002). Bu sayede nüfus değişimleri daha doğru biçimde değerlendirilebilmiş, elde edilen bilgiler habitat değişimleriyle ilişkilendirilerek koruma öncelikleri belirlenmiştir.

1985–1988 yılları arasında yürütülen The EBCC Atlas of European Breeding Birds, Avrupa genelinde kare temelli sistematik bir örnekleme yöntemiyle kuş dağılım haritalarını ortaya koymuştur (Hagemeijer & Blair, 1997). Bu çalışma, türlerin hangi bölgelerde bulunup bulunmadığını nesnel biçimde belgeleyerek, dağılım sınırlarının çizilmesinde büyük rol oynamıştır. Atlas verileri uzun dönemli izleme programlarıyla birleştirildiğinde, politik karar süreçleri için güvenilir göstergeler üretilebilmiştir (Gregory et al., 2005).

European Breeding Bird Atlas 2 (EBBA2), Avrupa genelinde 596 kuş türünün dağılım ve bolluk verilerini modern modelleme yaklaşımlarıyla analiz etmiştir (Keller et al., 2020). Bu çalışma, türlerin uzun dönemli değişim eğilimlerini kıtasal ölçekte ortaya koymuş ve ülkeler arası verileri karşılaştırılabilir hale getirmiştir (Brlik et al., 2021). Bu proje, binlerce gönüllüyü ortak bir standartta buluşturmuş, ülkeler arasında veri karşılaştırılabilirliğini güçlendirmiştir. Böylece Avrupa kuş ekolojisi tarihinde şimdiye kadarki en kapsamlı kıtasal sentezlerden biri elde edilmiştir.

2000’li yıllarda izleme verilerinin daha güvenilir hale gelmesi için tespit olasılığı ve gözlemci etkisi gibi unsurları modele dâhil eden hiyerarşik yaklaşımlar öne çıkmıştır (Royle, 2004). N-mixture ve işgal (occupancy) modelleri, aynı alanın tekrarlı ziyaretlerinden yola çıkarak, bir türün gerçekten orada bulunma olasılığını hesaplamayı mümkün kılmıştır (MacKenzie et al., 2002). Buna ek olarak, mesafe örnekleme yöntemi, gözlemlenen birey ile gözlem noktası arasındaki uzaklığı hesaba katarak yoğunluk tahminlerinin doğruluğunu artırmıştır (Buckland et al., 2001).

Son on yılda kuş izleme çalışmaları, teknolojik yeniliklerle büyük bir dönüşüm geçirmiştir. Pasif akustik izleme (PAM) sistemleri, günün her saatinde kayıt alarak kuş türlerinin ses verilerini arşivlemekte; yapay zekâ destekli yazılımlar bu kayıtları otomatik olarak tanımlayabilmektedir (Shonfield & Bayne, 2017). Benzer biçimde kamera tuzakları, tür tanımlama sürecini hızlandırırken, insansız hava araçları (İHA/UAV) koloni ve kıyı kuşlarında rahatsızlık yaratmadan doğru sayım yapılmasını sağlamaktadır (Hodgson et al., 2016). Uydu görüntüleri ve LIDAR teknolojisi ise bitki örtüsü yapısı ve habitat durumuna ilişkin verileri kuş dağılım modelleriyle ilişkilendirmede güçlü araçlar sunmaktadır (Hansen et al., 2013).

Kuş biyoçeşitliliğinin ekosistem işleyişindeki rollerini ve “gösterge” olma değerini özetleyen girişin ardından, izleme yaklaşımlarının tarihsel gelişimini klasik yöntemlerden (transekt ve nokta sayımları, atlas çalışmaları) modern algılama teknolojilerine (pasif akustik, kamera tuzakları, insansız hava araçları,

uzaktan algılama, yapay zekâ tabanlı sınıflandırma) kadar sistematik biçimde açıklamayı; bu yöntemleri doğruluk, tespit olasılığı, maliyet, zaman verimliliği ve saha uygulanabilirliği ölçütleriyle karşılaştırmayı; veri yönetimi ve analiz (genelleştirilmiş doğrusal/karma modeller, N-mixture, mekânsal-zamansal modeller, biyoçeşitlilik indeksleri) çerçevelerini özetlemeyi; Türkiye ve dünyadan vaka çalışmalarına dayanarak teknoloji entegrasyonunun avantaj ve sınırlılıklarını nesnel olarak belgelemeyi; uzun dönem izleme ve trend analizi için standardizasyon, kalite güvencesi ve veri harmonizasyonu ilkelerini ortaya koymayı amaçladık. Tüm izleme bileşenleri boyunca ölçüm tasarımı, örnekleme hataları ve tespit edilebilirlik konularını sunarak politika ile koruma stratejilerinde kullanılabilir göstergelerin üretilmesini sağlamayı amaçladık.

Araştırmacılar ve Uygulayıcılar ve için yöntem seçimi, kaynak planlaması ve raporlama standartlarına ilişkin pratik bir yol haritası oluşturmaya çalıştık.

3. GELENEKSEL İZLEME YÖNTEMLERİ

Geleneksel kuş izleme yöntemleri, kuş topluluklarının zenginlik, bolluk ve uzun dönem eğilimlerini anlamada hâlâ omurga niteliğindedir. Özellikle transekt ve nokta sayımları, görsel ve işitsel tespitlerin birlikte kullanıldığı standart prosedürler sayesinde yıllar arasında güvenilir karşılaştırmalar üretecektir (Ralph, Sauer & Droege, 1995). Yine de gözlemci farklılıkları, algılanabilirlikteki değişimler ve örnekleme hataları model temelli düzeltmeleri kullanmayı gerektirir (Link & Sauer, 2002). Aşağıda temel yöntemler sade ve uygulamaya dönük biçimde özetlenmiştir.

3.1. Transekt ve nokta sayımları

Transekt sayımında, önceden belirlenmiş bir hat boyunca yürür ve duyduğunuz/gördüğünüz bireyleri kaydedersiniz. Nokta sayımında ise hareket etmeyip belirli bir süre boyunca sabit kalır, belirli bir yarıçap içindeki bireyleri yazarsınız (Bibby et al., 2000). Çizgi transeklerde mesafe örnekleme kullanılarak hat üzerinde tespit olasılığının 1'e yakın, mesafe arttıkça daha düşük olduğu varsayılır ve buradan yoğunluk tahmin edilir (Buckland, Anderson, Burnham, Laake, Borchers & Thomas, 2001). Nokta sayımlarında sabit ya da sınırsız yarıçap tercih edilebilir; ayrıca time-of-detection (tespit zamanı) ve removal (bireylerin ilk tespitten sonra “çıkarıldığı” (yani yeniden sayılmadığı) modelleri, sayım süresi içindeki değişken algılanabilirliği hesaba katar (Farnsworth et al., 2002).

Uygulamada hız, hat genişliği, nokta yarıçapı ve süre gibi ayrıntıları baştan standardize etmek şarttır; aksi halde alanlar arası karşılaştırma bozulur

(Sutherland, 2006). Mesafeyi doğru ölçmek için lazer telemetre ve açı pusulası kullanmak hatayı düşürür. Analizde DISTANCE yazılımı, tespit fonksiyonu seçimi ve katmanlı tahminlerde yaygın bir çözümdür (Buckland et al., 2001). Çok yıllık çalışmalarda rota ve ziyaret sayısı gibi çaba göstergelerini düzenli tutmak, eğilim analizlerini güçlendirir (Gregory et al., 2005).

Tekrarlı nokta veya transekt sayımlarında N-mixture yaklaşımı, tespit sürecini modelde ayrı ele alarak yerel bolluk için daha tutarlı tahminler üretir (Royle, 2004). Çift gözlemci düzenekleri de algılama olasılığını doğrudan tahmin etmeye yarar (Nichols et al., 2000). İşitsel tespit baskın olduğu ortamlarda sabit süre ve standart prosedürler verilerin birleştirilebilirliğini artıracaktır (Gregory et al., 2005).

3.2. Gözlem ve Sesli Tanımlama (İşitsel + Görsel)

Görsel tanımda morfoloji ve davranış ipuçları, işitsel (aural) tanımda ise ötüş ve çağrıların zaman-frekans özellikleri kullanılır (Bibby et al., 2000). Örtüsü kapalı alanlarda duymak çoğu zaman görmekten daha avantajlıdır (Hutto, Pletschet & Hendricks, 1986). Ancak ötüş aktivitesi günün saati ve mevsime göre değişir; bu nedenle time-of-detection (tespit zamanı) ve removal modelleri pratikte önemli bir düzeltme sağlar (Farnsworth et al., 2002).

İşitsel tespitte mesafe tahmini çoğu zaman belirsizdir. Sabit yarıçap kullanmak ya da mesafe örnekleme uygulamak bu sorunu yönetmeye yardımcı olur (Buckland et al., 2001). Düşük frekanslı gürültü (özellikle kentlerde) sesi maskeleyebilir. Habitatın ses sönümü de algılanabilirliği düşürür (Barber, Crooks & Fristrup, 2010). Bazı türlerde duyulan benzer ötüşler yanlış tanımlama riskini artıracığı için eğitim ve kalibrasyon çok önemlidir (Kroodsma & Miller, 1996).

Playback (ötüş çağrısı çalma) yöntemi, gizli yaşayan türleri ortaya çıkarmada etkili olabilir; fakat davranışı değiştirebildiği için bolluk tahminlerinde yanlılığa yol açabilir (Conway & Gibbs, 2001). Gözlemcileri rotasyonla çalıştırmak ve periyodik kalibrasyon yapmak, kişisel algılama farklarının etkisini azaltır (Ralph et al., 1995). Büyük çaplı kıtasal programlar, işitsel ve görsel tespit birlikt kullanılması karşılaştırılabilir göstergeler üretmek için kritik öneme sahip olduğunu açıkça göstermiştir (Sauer et al., 2017).

3.3. Kâğıt Tabanlı Veri Kaydı ve Klasik İstatistik

Sahada tür kodu, birey sayısı, saat, hava durumu ve çaba gibi temel bilgiler standart formlara yazılır; bu uygulama ölçüm hatasını ve eksiklikleri azaltır

(Ralph et al., 1995). Böylelikle birim zamanda birey sayısı gibi basit indeksler yıllar boyunca düzenli biçimde toplanabilir (Gregory et al., 2005). Veriyi dijitalle aktarırken çift giriş ve tutarlılık kontrolleri yapmak, yazım hatalarının önüne geçmek için önemlidir (Michener & Brunt, 2000).

Klasik istatistik çerçevesinde varyans analizi (ANOVA) ve doğrusal modeller, yıl veya habitat karşılaştırmalarında sık kullanılır; bilgi ölçütleri (AIC gibi) model seçiminde aşırı uyumu önlemeye yardımcı olur (Burnham & Anderson, 2002). Ancak tespit olasılığını modele katmazsanız, algılanabilirlikteki farklar eğilim yorumlarını çarpıtabilir (Yoccoz, Nichols & Boulinier, 2001). Bu nedenle mesafe örnekleme ve hiyerarşik sayım yaklaşımlarıyla birleştirilmesi önerilir (Buckland et al., 2001).

Tür-çevre ilişkilerini çözümlemek için PCA ve kanonik ordinasyon gibi çok değişkenli yöntemler kullanılabilir (Legendre & Legendre, 2012). Kronolojik kayıt tutma ve düzenli yedekleme izlenebilirliği yükseltir. Zorunlu alanlar ve standart kurallar eksik/uyuşmayan veriyi de azaltacaktır (Michener & Brunt, 2000).

3.4. Avantajlar ve Sınırlılıklar

Avantajlar: (i) Düşük maliyetle , sahada yüksek uygulanabilirlik; (ii) geniş katılımı farklı habitat ve iklimlerde tekrarlanabilir olması ve; (iii) kıta ölçeğinde birleşik göstergelere dönüşebilen uzun dönem veri akışları (Gregory et al., 2005).

Mesafe örnekleme ve time-of-detection/removal yaklaşımları, çizgi/nokta kurulumlarında tespit olasılığı kaynaklı yanlılığı azaltacaktır (Buckland et al., 2001). Çift gözlemci ve N-mixture çerçeveleri, algılama ve bolluk süreçlerini ayırıştırarak yerel bolluk tahminlerinin tutarlılığını artırır (Royle, 2004).

Sınırlılıklar: (i) Gözlemcinin deneyimine bağlı olarak tespit farkları oluşur; habitat ve hava koşulları algılanabilirliği değiştirir; Çizgi transektlerde, kuşların hattın üzerindeyken (hat üzerinde $p \approx 1$) mutlaka görülmesi varsayımı her zaman geçerli olmayabilir; nokta sayımlarında yarıçap/süre standardının zayıf olması nedeniyle karşılaştırılabilirlik sorunları; indeks-temelli analizlerde tespit olasılığına duyarsızlık (Gregory et al., 2005). Aural tespitte antropojenik gürültü ve ses sönümü maskelenmeye neden olur; mesafe tahmin hataları artabilir (Barber et al., 2010). Bu tür olumsuzlukları azaltmak için, çalışma alanlarının tabakalı ve rastgele seçilmesi iyi olacaktır. (Link & Sauer, 2002).

3.5. Ne Zaman Hangi Yöntemi Kullanmalı?

Hangi durumda hangi yöntemin tercih edilebileceğine dair kısa bir rehber aşağıda sunulmuştur:

- Yoğunluk/bolluk hedefi ve kalibrasyon imkânı varsa: çizgi/nokta + mesafe örnekleme (Buckland et al., 2001).
- Mevcudiyet–bolluk ayrımı isteniyorsa ve tekrar ziyaret yapılabiliriyorsa: N-mixture veya işgal (occupancy) modelleri (MacKenzie et al., 2002).
- Kapalı örtü habitatlarda aural tespit avantajlıysa: sabit süreli nokta sayımı + time-of-detection/removal; gürültü maskelenmesine karşı zamanlama/filtreleme stratejileri (Farnsworth et al., 2002).
- Kısıtlı bütçe ve geniş örneklem gerekiyorsa: gönüllü ağılarıyla standardize nokta/rota sayımları ve minimal ekipmanla veri sürekliliği (Gregory et al., 2005).

İyi tasarlanmış geleneksel sayımlar, hâlâ güvenilir ve ekonomik bir temel sunar. Yeni teknolojiler bu temeli güçlendirir; ama sahadaki insanın dikkati, deneyimi ve düzenli çalışması her şeyin merkezinde yer alır.

4. YENİ VE MODERN TEKNOLOJİLER

Son yıllarda gelişen sensörler, güçlü bilgisayarlar ve yeni analiz yöntemleri kuş izleme biçimimizi tamamen değiştirdi. Akustik kayıtlar (PAM), kamera tuzakları, dronlar/insansız hava araçları (İHA) ve uydu/hava temelli uzaktan algılama artık yapay zekâ desteğiyle birlikte çalışıyor; böylece daha geniş alanları, daha uzun süreler boyunca izleyebiliyoruz. Aşağıda her yöntemin temel çalışma mantığı, güçlü yönleri ve sınırlamaları yer almaktadır.

Pasif Akustik İzleme (PAM) ve Ses Kayıt Sistemleri: Otonom kayıt üniteleri (ARU), uzun süreli ve geniş ölçekli ses verisi toplar; gözlemci bağımlılığını azaltırken varlık, aktivite ve topluluk bileşimi hakkında göstergeler üretir (Shonfield & Bayne, 2017). Kayıt zamanı, örnekleme sıklığı ve dosya uzunluğu gibi ayarlar netleştirildiğinde işgal ve eğilim ölçütleri daha tutarlı hesaplanır (Ross et al., 2023). Sesin mesafeyle zayıflaması ve habitatın sesi iletme biçimi tespit alanını etkilediği için menzil kalibrasyonu kritik önemdedir (Darras, Pütz, Fahrurrozi, Rembold & Tscharnke, 2016). Standart test sinyalleri ve kalibre yayın–alım uygulamaları, farklı habitatların karşılaştırılmasını kolaylaştırır (Winiarska, Szymański & Osiejuk, 2024).

Birçok çalışma, iyi tasarlanmış kurulumlarda ARU’ların nokta sayımlarıyla benzer hatta daha yüksek tür tespiti sağlayabildiğini; kayıt süresi, cihaz yoğunluğu ve zamanlamanın doğru planlandığında büyük kazanım getirdiğini gösteriyor (Darras, Batáry et al., 2018). Öte yandan akustik indeksler büyük

veriyi özetlemekte yararlı olsa da filtrelemlere duyarlıdır (Sueur, Farina, Gasc, Pieretti & Pavoin, 2014). Gürültü maskelenmesi ve eşzamanlı çoklu ötüşler tespit olasılığını düşürebilir; bu nedenle meta-veri standardı ve kalite güvencesi adımları zorunludur (Shonfield & Bayne, 2017).

Kamera Tuzakları ve Görüntü Analitiği: Kamera tuzakları, pasif kızıltötesi ya da zaman aralıklı modlarda çalışarak türlerin varlığı, günlük hareketleri ve bazı davranışları hakkında, doğayı rahatsız etmeden veri toplar. (Burton, Neilson, Moreira, Ladle & Steenweg, 2015). İstasyon aralığı, yükseklik ve görüş alanı geometrisi, özellikle yerde beslenen veya koloni oluşturan kuşlarda tespit oranını belirler (Rovero & Zimmermann, 2016). İşgal (occupancy) modelleri Tespit olasılığının tam olmadığı durumlarda, türün bir alanı kullanıp kullanmadığını belirlemeye yarar. REM ve REST yaklaşımları ise türlerin yoğunluğunu tahmin etmekte kullanılır. (MacKenzie et al., 2002).

Bitki hareketi ya da sıcaklık farkları gibi etkenler yanlış tetiklemelere yol açarak verimi düşürebilir. Bu yüzden, hangi kayıtların bağımsız sayılacağı ve nasıl filtreleneceği en başta tanımlanmalıdır (Meek & Fleming, 2014). Tür tanıma, birey sayımı ve davranış sınıflaması gibi işlemleri yapan derin öğrenme sistemleri, araştırmacının iş yükünü büyük ölçüde hafifletmiştir. (Norouzzadeh et al., 2018). Ancak eğitim verisinin coğrafi çeşitliliği ve model genellemesi için çapraz doğrulama ve kalibrasyon şarttır (Schneider, Taylor & Kremer, 2019).

İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Uzaktan Algılama: Çok rotorlu veya sabit kanat İHA'lar, RGB, multispektral, termal ya da LiDAR sensörleriyle birleştirildiğinde esnek bir izleme platformu sunar. Koloni ve kıyı kuşlarını rahatsız etmeden doğru sayımlar elde edilebilir (Hodgson et al., 2016). Termal sensörler, zeminde yuvalayan ya da gece aktif türlerin tespitini kolaylaştırır (Seymour, Dale, Hammill, Halpin & Johnston, 2017). Görüntü kalitesi, uçuş yüksekliği ve yer çözünürlüğü (GSD) gibi fotogrametrik ayarlara bağlıdır. (Anderson & Gaston, 2013).

Landsat ve Sentinel uydularından elde edilen zaman serileri, arazi örtüsü ve habitat değişimlerini sürekli ve düşük maliyetle takip etmeyi mümkün hale getirir (Hansen et al., 2013). Pek çok araştırma, bitki örtüsünün yoğunluğu ve yapısının, kuş türlerinin çeşitliliği ve topluluk yapısıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. (Pettorelli et al., 2011). Hava ya da uydu LiDAR verileri, habitatın dikey yapısını ortaya koyarak türe özgü uygunluk modellerine dahil edilebilir. (Bradbury et al., 2005). Pratikte süreç genellikle şu sırayı izler: görev planlama → kalibrasyon → ortorektifikasyon → mozaik → nesne tespiti → doğrulama.

Görev planlama aşamasında uçuş rotası, irtifa ve sensör ayarları belirlenir. Kalibrasyon, sensörlerin doğru ölçüm yapmasını sağlar. Ortorektifikasyon, görüntülerdeki bozulmaları gidererek her pikseli gerçek konumuna oturtur. Mozaikleme, bu görüntüleri birleştirip bütün bir harita oluşturur. Ardından nesne tespitiyle hedef alanlar veya türler belirlenir; son olarak doğrulama aşamasında sonuçlar yer gözlemleriyle karşılaştırılarak kontrol edilir (Linchant et al., 2015).

İHA çalışmalarında uçuş güvenliği, batarya ve hava koşulları; uydu verilerinde ise bulutluluk ve zaman aralığı en önemli engeller arasında sayılır (Chabot & Bird, 2015). İHA ve uydu verilerinin yer gözlemleriyle karşılaştırılması (kalibrasyon), türlerin algılanabilirlik farklarının nüfus tahminlerine yansımaları azaltır (Hodgson et al., 2016).

Yapay Zekâ (YZ) ve Makine Öğrenimi (ML) ile Otomatik Tür Tanımlama: YZ/ML, akustik ve görsel verilerden otomatik tür tanıma yaparak büyük veri akışlarını hızlı işleme imkânı sağlar (LeCun, Bengio & Hinton, 2015). Akustik çalışmalarda evrişimli sinir ağları (CNN) spektrogram verilerini kullanarak türleri sınıflandırır; BirdNET gibi yapay zekâ modelleri, çok sayıda kuş türünü tanımda pratik ve güvenilir sonuçlar verir (Priyadarshani, Marsland & Castro, 2018). Nesne tanıma ve sınıflandırma sistemleri, fotoğraf ve İHA görüntülerinde sayım sürecini çok daha hızlı hale getirir (Norouzzadeh et al., 2018).

Türlerin dengesiz dağılımı ve az sayıda örneğe sahip türler, modelin doğru sonuç vermesini zorlaştırır. Bu durumu aşmak için veri artırma, transfer öğrenme ve genelleme yöntemleri kullanılabilir (Beery, Van Horn & Perona, 2018). Değerlendirmede dengesiz sınıflar için makro-F1, AUC ve kalibrasyon ölçütleri; saha-dışı genelleme için mekânsal ayrımlı doğrulama setleri kullanılmalıdır (Schneider et al., 2019). Akustik çıktıları işgal/bolluk modellerine bağlarken yanlış pozitif/negatif hataları hiyerarşik çerçeveler içinde yönetmek gerekir (Stowell, 2022).

Kalibrasyon, Kalite Kontrolü (QA/QC) ve Meta-Veri Standartları: Tüm sensör tabanlı yaklaşımlar için bu üç kural öne çıkar. Bu üç bileşen, farklı teknolojilerden (örneğin akustik sensörler, İHA'lar veya uzaktan algılama sistemleri) elde edilen verilerin karşılaştırılabilirliğini ve tekrarlanabilirliğini sağlar.

- **Kalibrasyon:** Tespit alanı—akustik menzil, kamera algılama bölgesi, GSD/termal eşik—deneySEL ya da analitik olarak ölçülmeli ve not alınmalıdır (Darras et al., 2016). Kalibrasyon, cihazların ve ölçümlerin tutarlılığını korur.

- **Kalite Güvencesi (QA/QC):** Otomatik çıktılar, insan doğrulama örnekleri ile düzenli denetlenmeli; karar eşikleri ve belirsizlik açıkça ifade edilmelidir (Stowell, 2022). kalite kontrol adımları veri hatalarını erken aşamada tespit etmeye yardımcı olur.

- **Meta-veri standardı:** Cihaz modeli, sensör ayarı, yerleşim yüksekliği, yönelim, hava/altyapı koşulları gibi alanlar zorunlu tutulmalı; açık arşiv ve kalıcı tanımlayıcılar kullanılmalıdır (Sullivan et al., 2014). Meta-veri yönetimi her kaydın bağlamını (nerede, ne zaman, kim tarafından ve hangi yöntemle toplandığını) açıkça tanımlayarak verinin uzun vadeli kullanılabilirliğini güvence altına alır.

Saha Koşullarına Göre Yöntem Seçimi: Arazi koşulları, hedef türler ve araştırma amacına göre en uygun yöntemi seçmek her zaman kolay değildir. Farklı durumlar için hangi teknolojilerin ve analiz yaklaşımlarının daha verimli sonuç vereceğini özetleyen kısa bir rehber sunduk. Aşağıdaki örnekler sahadaki karar süreçlerini kolaylaştırmak amacıyla hazırlandı.

Kapalı/yoğun örtü ve tür zenginliği–aktivite: PAM + optimize zamanlama (şafak/akşam) + kısa parça kayıt tasarımı (Wood et al., 2021).

Koloni/kıyı kuşu sayımı: İHA (düşük irtifa, dikey çekim) + yarı otomatik sayım; mümkünse termal destek (Hodgson et al., 2016).

Geniş alanlı habitat eğilimleri: Sentinel/Landsat zaman serileri + NDVI/yapı metrikleri + yer temelli kalibrasyon (Hansen et al., 2013).

Gece aktif/çekingen türler: Termal kamera + akustik hibrit kurulum; çıktıların işgal/N-mixture modelleriyle entegrasyonu (MacKenzie et al., 2002).

Büyük veri işleme: YZ tabanlı otomatik tanıma + saha-özgü doğrulama + karar eşiği/kalibrasyon raporu (Kahl et al., 2021).

5. TEKNOLOJİ KARŞILAŞTIRMALARI

Bu bölümde, klasik sayım yöntemleriyle modern sensör temelli yaklaşımları karşılaştırdık. Hedef metrikler, habitat koşulları, bütçe ve uzmanlık düzeyi gibi etkenler dikkate alınarak, araştırmacının koşullarına en uygun yöntemi seçmesine yardımcı olmayı amaçladık. Değerlendirme, tespit edilebilirlik, doğruluk, lojistik zorluklar, veri işleme yükü, etik riskler ve maliyet gibi ölçütler üzerinden yapıldı (Buckland et al., 2001).

Kıyaslama Ölçütleri ve Tanımlar

Hedef metrik:

- (i) Bolluk/yoğunluk — birim alandaki birey sayısı,
- (ii) İşgal (occupancy) — bir türün varlık veya olasılık düzeyi,
- (iii) Eğilim (trend) — zaman içinde nüfus değişimi.

Tespit edilebilirlik:

Kuşların zamansal veya mekânsal olarak algılanma olasılığı ve bunun modelde nasıl ele alındığı (örneğin mesafe örnekleme, time-of-detection/removal, işgal/N-mixture).

Doğruluk/yanlılık: Varsayım ihlallerine karşı hassasiyet; yanlış pozitif/negatif oranları.

Lojistik faktörler: Ekipman gereksinimi, saha süresi, erişim zorlukları ve izin/etik süreçleri.

Veri işleme: İş akışının uzunluğu, otomasyon düzeyi, kalite güvencesi (QA/QC) ve meta-veri düzeni.

Rahatsızlık ve etik: Yaban hayatına doğrudan veya dolaylı müdahale potansiyeli.

Maliyet: Başlangıç ekipman yatırımı ile uzun dönem işletme giderleri.

Bu ölçütler, yöntemlerin teknik yönlerinin yanı sıra, sahada uygulanabilirliğini ve uzun vadede sürdürülebilirliğini anlamamıza da yardımcı olacak.

Güçlü ve Sınırlı Yönlerin Değerlendirmesi

Transekt / Nokta Sayımları

Güçlü yönleri: Düşük maliyet, yüksek saha uygulanabilirliği ve gönüllü ağlarıyla geniş katılım. Eğilim analizlerinde güçlü bir omurga oluşturur.

Sınırlılıkları: Tespit olasılığı hiçbir zaman 1 değildir; bu nedenle mesafe örnekleme ve hiyerarşik modellerle düzeltme yapılmazsa eğilim tahminleri yanıltıcı olabilir (Buckland et al., 2001).

Pasif Akustik İzleme (PAM)

Güçlü yönleri: Süreklilik sağlar; insan erişiminin zor olduğu zamanlarda (örneğin gece, yağışlı dönem) bile veri üretir.

Sınırlılıkları: Gürültü maskelenmesi, menzil kalibrasyonu ve veri hacminin yüksekliği yönetim zorluğu yaratır. Yine de doğru yerleşim ve kalite kontrolle uzun dönem eğilim analizlerine entegre edilebilir (Shonfield & Bayne, 2017).

Kamera Tuzakları

Güçlü yönleri: Varlık ve aktivite örüntülerini canlı üzerinde stres yaratmadan kaydeder; gece aktif türler için uygundur.

Sınırlılıkları: Yoğunluk tahmininde REM/REST/SCR varsayımlarının dikkatle test edilmesi gerekir; yanlış tetikleme ve görüntü filtresi hataları yanlışlık yaratabilir (Rowcliffe et al., 2008).

İHA ve Uzaktan Algılama

Güçlü yönleri: Koloni ve kıyı kuşlarında yüksek doğrulukla sayım yapar; geniş ölçekli habitat değişimlerinin izlenmesini sağlar.

Sınırlılıkları: Uçuş güvenliği, batarya ömrü, meteorolojik koşullar ve hava sahası izinleri sınırlayıcı olabilir. Uydu verisinde bulutluluk ve çözünürlük kısıtları dikkatle yönetilmelidir (Hodgson et al., 2016).

Yapay Zekâ / Makine Öğrenimi

Güçlü yönleri: Büyük veri setlerini hızlı işler, tür tanımlamada otomatik ve ölçeklenebilir çözümler sunar.

Sınırlılıkları: Az örnekli türlerde genelleme başarısı düşer; saha-dışı doğrulama ve kalibrasyon zorunludur (Kahl et al., 2021).

Karşılaştırma Matrisi (Özet)

Yöntem	Hedef Metrik	Tespit Modelleme	Doğruluk/Risk	Lojistik	Veri İşleme
Transekt/ Nokta	Bolluk (mesafe); Eğilim	Mesafe; Zaman-of-detection/Removal; N-mixture	Varsayım ihlali ($p=1$; bağımsızlık) riski	Düşük maliyet; gönüllü ağlarla ölçeklenir	Orta; yazılım (DISTANCE) ve GLMM/GLM
PAM (ARU)	İşgal; Aktivite; Eğilim	Menzil kalibrasyonu; tespit p'si için akustik modeller	Gürültü maskelenmesi; çoklu vokalizasyon	Orta; cihaz yoğunluğu/ yerleşim kritik	Yüksek; sınıflandırma + QA/QC gerektirir
Kamera tuzakı	İşgal; Aktivite; Yoğunluk	REM/REST/SCR ve algılama	Yanlış tetikleme; davranış	Orta; istasyon geometri/ye	Yüksek; otomatik sınıflandırma/ etiketleme

	(REM/RES T/SCR)	bölgesi kalibrasyonu	a duyarlılı k	rleşim önemli	
İHA	Bolluk (koloni); Dağılım	Fotogrametr i/LiDAR tabanlı alan kalibrasyonu	Davranış sal etki riski; GSD/irtifa duyarlılı ğı	Orta– yüksek; izin/meteor oloji kısıtları	Orta–yüksek; yarı otomatik sayım/nesne algılama
Uzaktan algılama (Uydu/H ava)	Habitat durumu; Eğilim; Dağılım ilişkileri	NDVI/yapı metrikleri + yer kalibrasyonu	Bulutluluk; zaman çözünürl üğü kısıtı	Düşük–orta (veri ücretsiz); analiz uzmanlığı	Orta; zaman serisi modelleme
YZ/ML	Otomatik tür/olay tespiti (akustik/gö rsel)	CNN/transfo rmer; eşik/kalibras yon	Az örnekli türlerde genelle me sorunu	Düşük–orta (hesaplama gereksinimi)	Yüksek; doğrulama ve belirsizlik raporu

Yöntem Seçiminde Kaynak Dengesi: Maliyet–Zaman–Uzmanlık Üçgeni

İzleme yöntemi seçimi çoğu zaman sadece ekolojik değil, zaman, bütçe ve insan kaynağı kısıtlarıyla da şekillenir. Aşağıda, bu üç eksen arasında denge kurmaya yardımcı olabilecek kısa kurallar özetlenmiştir:

Saha süresi kısıtlı, ancak geniş alan gerekiyorsa:

→ Uzaktan algılama + sınırlı sayıda kalibrasyon transekti en verimli yaklaşımdır.

Bütçe sınırlı ve gönüllü ağı mevcutsa:

→ Standart nokta/rota sayımları + temel mesafe veya time-of-detection düzeltilmeleriyle güvenilir veri elde edilebilir.

Tür teşhisi zor ve kapalı habitat baskınsa:

→ Pasif akustik izleme (PAM) + kısa parça kayıtlar + akustik sınıflandırma uygun çözümdür.

Koloni veya kıyı odaklı sayımlar hedefleniyorsa:

→ İHA ile yarı otomatik sayım yapılmalı, davranışsal etkiyi azaltmak için güvenli irtifalar tercih edilmelidir.

Gece aktif veya gizli türler söz konusuysa:

→ Termal ve akustik hibrit sistemler kullanılarak işgal/N-mixture modellerine veri sağlanabilir.

Bu tablo, farklı koşullarda hangi yöntemin öncelikli olabileceğini özetleyen pratik bir yol haritası sunar.

Risk Yönetimi ve QA/QC İlkeleri

Sensör tabanlı izleme yaklaşımlarında güvenilirlik, sadece cihaz seçimiyle değil, kalibrasyon ve kalite güvencesi (QA/QC) süreçlerinin ne kadar özenli yürütüldüğüyle belirlenir.

Başlıca ilkeler şunlardır:

Kalibrasyon: Menzil, algılama bölgesi veya GSD gibi parametreler deneysel olarak ölçülmeli ve düzenli olarak doğrulanmalıdır (Darras et al., 2016).

Alan-özgü doğrulama: Farklı habitat tipleri için saha verileriyle çapraz kontrol yapılmalıdır.

Veri tutarlılığı: Farklı kaynaklardan gelen veriler (örneğin PAM + transekt) karşılaştırılarak sapmalar belirlenmelidir.

Karar eşiği raporlaması: Otomatik sınıflandırmalarda hangi doğruluk düzeyinin “kabul edilebilir” sayıldığı açıkça belirtilmelidir.

Meta-veri ve arşivleme: Açık meta-veri şemaları ve kalıcı arşivleme, verilerin yeniden kullanılabilirliğini ve uzun vadeli karşılaştırılabilirliğini güçlendirir (Sullivan et al., 2014).

Bu ilkeler, sahadan yapay zekâ temelli analizlere uzanan zincirin her halkasında veri kalitesinin korunmasını sağlar.

6. VERİ YÖNETİMİ VE ANALİZ TEKNİKLERİ

Burada, kuş izleme verisinin yaşam döngüsünü (toplama, temizleme, analiz ve paylaşım) sadeleştirdik. Tespit olasılığının hiçbir zaman tam (1) olmadığı gerçeği unutulmamalıdır. Bu nedenle yöntem ve model seçimi, uygulanabilir pratik ilkelerle yönlendirilmelidir (Michener & Jones, 2012).

Veri Yönetimi, Meta-Veri ve Sürümleme

Saha formlarında bazı temel bilgilerin mutlaka yer alması gerekir: konum (koordinat sistemi), tarih-saat, gözlemci, çaba bilgileri (süre, rota ya da yarıçap, hız), hava durumu, kullanılan cihazın modeli ve protokol sürümü (Ralph, Sauer & Droege, 1995). Meta-veri eksik olduğunda, verileri bir araya getirmek ve

belirsizlikleri açık biçimde göstermek zordur. Bu yüzden, FAIR ilkeleri (yani verilerin bulunabilir, erişilebilir, birlikte çalışabilir ve yeniden kullanılabilir olması) temel alınarak açık veri şemaları ve kalıcı tanımlayıcılar kullanılmalıdır (Sullivan et al., 2014).

QA/QC'yi üç katmanda kurgulamak etkilidir:

(i) alan içi doğrulama (ör. çift kayıt),

(ii) laboratuvar içi kontroller (çift veri girişi, otomatik alan kuralları),

(iii) coğrafi/zamansal anormallik taraması ve bağımsız doğrulama setleri (Michener & Brunt, 2000). Kod ve türev veriler, Git gibi sürüm kontrol araçlarıyla düzenli olarak takip edilmelidir. Karar eşikleri ve filtreleme adımları ise kılavuzda açıkça belirtilmelidir.

Analiz Çerçevesi: Tespit Olasılığı, Model Aileleri ve Seçim

Tespit olasılığı 1'den küçük olduğunda, ham sayımlar doğrudan nüfus ölçütü olarak yorumlanırsa sonuçlar yanıltıcı hale gelir. (Yoccoz, Nichols & Boulinier, 2001). Bu nedenle analitik çerçeve üç ana aile etrafında şekillenir:

(i) mesafe örnekleme,

(ii) işgal (occupancy) modelleri,

(iii) tekrarlı sayımlara dayalı bolluk (N-mixture) — gerektiğinde GLM/GLMM genişletmeleriyle (Buckland et al., 2001).

Mesafe Örnekleme (Çizgi/Nokta)

Varsayımlar: Hat üzerinde $p \approx 1$; tespit olasılığı mesafe ile azalır; mesafeler hatasız ölçülür; bireyler bağımsızdır (Buckland et al., 2001).

Uygulama: Lazer telemetre ve açı pusulası, tabakalı tasarım; DISTANCE ile tespit fonksiyonu seçimi (Thomas et al., 2010).

Kovaryatlar (bir modelde bağımlı değişkeni (örneğin kuş yoğunluğu) etkileyen ama asıl ilgilenilen değişken olmayan yardımcı veya kontrol değişkendir): günün saati, hava durumu, gözlemci, habitat yapısı vb.

Çıktılar: yoğunluk/bolluk ve katmanlı tahminler; güven aralıklarıyla raporlanır.

Duyarlılık/tanı: q-q grafikleri, tespit fonksiyonu karşılaştırmaları, RMSE. Mesafe hataları ve kuş-hat etkileşimi varsa uygun alternatif fonksiyonlar veya çoklu-kaynak kalibrasyonu uygulanır (Buckland et al., 2001).

İşgal (Occupancy) Modelleri

Amaç: işgal (ψ) ile tespit (p) süreçlerini ayırmak.

Tasarım: aynı sezonda çoklu tekrar ya da çok yıllık dinamik işgal (kolonizasyon/sönüm) (MacKenzie et al., 2002). Kovaryatlar ψ ve p için ayrı ayrı modele girer; gerektiğinde yanlış pozitif/negatif içeren genişletmeler kullanılır.

Tanı: iyi-uyum testleri, artık incelemeleri, karışım terimleri (gözlemler arasında farklı tespit olasılıklarını (örneğin gizli gruplar, habitat farkları, birey davranışları) istatistiksel olarak temsil eden bileşenlerdir.). Çıktılar haritalanabilir. Ancak örnekleme çabasındaki mekânsal farklar unutulmamalıdır (Link & Sauer, 2002).

Tekrarlı Sayımlarda Bolluk: N-mixture

Aynı birimin tekrarlı sayımlarından yerel bolluk (λ) ile tespit (p) süreçlerini ayırıştırır; Poisson/Negatif binom ve rastgele etkilerle GLMM biçiminde uygulanır (Royle, 2004).

Varsayımlar: kısa sürede kapanım (popülasyonun değişmemesi), bağımsız tespitler (her tespitin diğerinden bağımsız olması), doğru tanımlama.

Riskler: kapanım ihlali ve aşırı saçılma yanlışlık doğurabilir; bu yüzden tanı ve duyarlılık analizleri zorunludur.

Tanı/sağlamlık: alternatif hata dağılımları, simülasyon-tabanlı p-değerleri, artık analizi, saçılma göstergeleri; bilgi ölçütü karşılaştırmaları (Burnham & Anderson, 2002). Modelin güvenilirliği büyük ölçüde ziyaret sayısı ve örneklem büyüklüğüne bağlıdır. Bu yüzden, çalışmanın tasarım aşamasında güç analizi yapmak önemlidir.

Model Seçimi (AIC) ve Belirsizlik Yönetimi

Aday modeller, test edilmek istenen ekolojik hipotezleri yansıtmalı ve sadelik (parsimoni) ilkesiyle değerlendirilmelidir. AIC veya AICc değerleri ile ΔAIC farkları raporlanmalı; sadece tek bir “en iyi” modeli seçmek yerine, modellerin ortalamasına ve tahmin belirsizliğine dikkat edilmelidir. (Burnham & Anderson, 2002). Çoklu test/keşifsel ekleme tuzaklarına karşı ön-kayıt/analiz planı yararlı olacaktır.

Belirsizlik genellikle dört ana kaynaktan gelir: örnekleme varyansı, tespit veya süreç belirsizliği, model seçimi farkları ve ölçüm ya da konum hataları.

Bu nedenle, sonuçlar sunulurken güven aralıkları, tahmin aralıkları ve duyarlılık analizlerinin birlikte verilmesi önemlidir (Link, 2020).

Çok Değişkenli Analiz ve Habitat İlişkilendirmeleri

Tür topluluklarının yapısını ve habitatla ilişkilerini incelemek için PCA ve kanonik ordinasyon yöntemleri (RDA, CCA) en sık kullanılan araçlardır (Legendre & Legendre, 2012). Bu yaklaşımlar, tespit modellerinden gelen bias-düzeltilmiş ölçütlerle (işgal olasılığı, yoğunluk vb.) birlikte kullanıldığında daha sağlam çıkarımlar üretir. GLM/GLMM ile kovaryat etkileri ve etkileşimler sınanabilir; aşırı uyumu önlemek için çapraz doğrulama ve AIC (Akaike Information Criterion) tabanlı seçim önerilir (Quinn & Keough, 2002).

PCA (Temel Bileşen Analizi), çok değişkenli verilerdeki karmaşık yapıyı basitleştirerek topluluk örüntülerini özetler ve tür-çevre ilişkisinden bağımsız olarak verideki ana eğilimleri ortaya çıkarır. RDA (Redundancy Analysis) ise tür verisindeki varyasyonu çevresel değişkenlerle **doğrusal** biçimde ilişkilendirir ve türlerin çevreye verdiği tepkileri görselleştirmeye olanak tanır. CCA (Canonical Correspondence Analysis) benzer şekilde tür-çevre ilişkilerini inceler, ancak türlerin çevresel gradyanlara **doğrusal olmayan** (eğrisel) tepkilerini de yakalayabilir. PCA verinin iç yapısını tanımlamak için, RDA ve CCA ise tür-habitat ilişkilerini açıklamak için en yaygın kullanılan çok değişkenli analizlerdir.

Kavram karışıklığını gidermek için aşağıya bakınız.

PCA, RDA, CCA → çok değişkenli indirgeme (ordination) yöntemleridir.

Amaç: tür topluluklarını veya çevre değişkenlerini birlikte özetlemek.

Çıktı: eksenler, biplot diyagramları, varyans açıklama oranları.

GLM ve GLMM → istatistiksel modelleme yöntemleridir.

Amaç: belirli bir türün bolluğunu, varlığını veya çeşitliliğini açıklamak (nedensel veya tahmin odaklı).

Çıktı: katsayılar, tahmin değerleri, olasılık ve belirsizlik ölçütleri.

AIC (Akaike Information Criterion) → model seçimi ölçütüdür.

GLM/GLMM (vb. modeller) arasında karşılaştırma yaparken hangi modelin en uygun olduğunu belirler.

Açık Veri, Kod ve Paylaşım İlkeleri

Veri analizi süreci, ham veriden raporlamaya kadar uzanan tüm adımları kapsar: temizleme, modelleme, sonuç üretimi ve görselleştirme. Bu sürecin otomatikleştirilmesi, hata payını azaltır ve tekrarlanabilirliği artırır. Kod ve

parametre dosyalarının sürüm kontrolüyle yönetilmesi, çalışma ortamının belgelenmesi ve yazılım bağımlılıklarının sabitlenmesi (örneğin conda veya renv kullanarak) önemlidir. Son olarak, veri ve kodun açık arşivlerde lisanslı ve kalıcı tanımlayıcılarla (DOI) paylaşılması, büyük ölçekli karşılaştırmalar ve gelecekteki tekrar kullanımlar için temel bir gerekliliktir. (Sullivan et al., 2014).

Farklı İzleme Amaçları İçin Yöntem Önerileri

Aşağıdaki önerileri, sahada çalışan uygulayıcının veri toplama, model seçimi ve raporlama süreçlerinde hızlı karar verebilmesini kolaylaştırmak amacıyla hazırladık.

Yoğunluk hedefleniyorsa: çizgi/nokta + mesafe örnekleme; kalibrasyon ve DISTANCE ile model kontrolü (Buckland et al., 2001).

Varlık/işgal ve eğilim için: tekrar ziyaretli tasarım + işgal modelleri; tespit kovaryatlarını ayrı modelle (MacKenzie et al., 2002, 2006).

Yerel bolluk ve küçük parseller için: N-mixture; kapanım varsayımını test et, aşırı saçılmayı değerlendir (Royle, 2004).

Çok değişkenli ilişkilendirme: PCA/ordinasyon + GLM/GLMM; çapraz doğrulama ve AIC ile model seçimi (Legendre & Legendre, 2012).

Raporlama: karar eşiği, belirsizlik ve meta-veri alanlarını açıkça yaz; kod/veriyi kalıcı depoda paylaş (Sullivan et al., 2014).

7. VAKA ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR

Türkiye'den ve dünyadan seçilmiş saha çalışmalarını (i) kıyı/darboğaz göç izleme ve ulusal atlas/uzun dönem programları, (ii) kıtasal şemalar, vatandaş bilimi ve sensör-temelli uygulamalara dikkate alınarak özetlendi.

7.1. Türkiye'den Örnek Saha Çalışmaları

Türkiye, Afro-Paleartik göç yollarının tam kesişim noktasında yer alır ve bu coğrafi konum, özellikle İstanbul ve Çanakkale Boğazları gibi dar geçitlerde yırtıcı kuşların yoğun şekilde toplanmasına neden olur. 2010 sonbaharında her iki boğazda eşzamanlı olarak yürütülen gözlemler, tür bileşimi ile uçuş stratejilerinin mekânsal olarak farklılaştığını göstermiş; bu da Boğazlar'ın kıtasal ölçekte göç izleme açısından taşıdığı kritik önemi pekiştirmiştir (Panuccio, Agostini & Premuda, 2017). İstanbul Boğazı'nda gerçekleştirilen uzun dönem ilkbahar ve sonbahar sayımları ise, standart protokollerle on binlerce bireyin kaydedildiğini ortaya koyarak eğilim analizleri için güvenilir ve sürdürülebilir bir veri tabanı oluşturmuştur (Arslangündoğdu, Smith,

Yardim, Vanmarcke & Payne, 2018). Doğal süreçlerle insan etkinliklerinin iç içe geçtiği bu bölgede, rüzgâr yönü, termal akımlar ve topoğrafik yapılar gibi meteorolojik ve jeomorfolojik faktörler, göç rotası ve uçuş yüksekliği üzerinde belirleyici rol oynar. Özellikle İstanbul gibi yoğun kentleşmiş alanlarda yüksek binalar, enerji hatları ve rüzgâr türbinleri, göçmen kuşların davranışlarını etkileyebilen antropojenik engeller oluşturabilir. Bu nedenle, saha çalışmalarında yalnızca kuş gözlemlerinin değil, eşzamanlı hava durumu ve arazi koşullarının da düzenli olarak kaydedilmesi; doğal ve insan kaynaklı etkilerin birlikte analiz edilmesine olanak tanır (Panuccio et al., 2017).

Batı Anadolu'daki Gediz Deltası, Türkiye'de kuş atlası çalışmalarının öncülerindendir. 1×1 km kare tabanlı atlas yaklaşımıyla yapılan araştırmalar, 291 karede 92 türün ürediğini göstermiştir (Onmuş, Durusoy & Eken, 2009). 1990–2007 sayımları ve 2002–2006 üreme verileri birlikte değerlendirildiğinde, kıyı kuşlarının mevsimsel dağılım ve nüfus eğilimleri izlenebilmiştir (Onmuş & Sıkı, 2011). Bu bulgular, uzun dönemli standart gözlemlerin sulak alanlardaki ekolojik değişimleri izlemek açısından önemini vurgulamaktadır.

Kızılırmak Deltası'nda, 2010 yılında yapılan çalışmalarda 926 leylek yuvası tespit edilmiş ve üreme başarısı standart bir formatta raporlanmıştır (Yavuz, Yavuz, Tavares & Barış, 2012). 1987–2011 dönemine ait uydu görüntülerinin analizi, kıyı çizgisindeki değişimlerin kuş habitatlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, uzaktan algılama verilerinin alan yönetiminde etkin biçimde nasıl kullanılabileceğine dair somut bir örnek sunmaktadır (Öztürk, Beyazıt & Kılıç, 2015).

Doğu Anadolu'daki Aras ve Kuyucuk halkalama istasyonlarında yürütülen uzun süreli çalışmalar, Türkiye'nin Afro-Paleartik göç yolları üzerindeki ekolojik bağlantı noktalarını ortaya koymuştur. Sistemantik halkalama verileri, göç zamanlaması, tür zenginliği ve habitat kullanımı gibi konularda önemli bilgiler sağlamış; ayrıca Phthiraptera biyoçeşitliliği, DNA barkodlama ve filoğrafik analizler gibi araştırmalara temel oluşturmuştur (Dik et al., 2010; Bilgin et al., 2016). Bu veriler, göçmen kuşların korunması ve izlenmesi için güçlü bir bilimsel dayanak sunmaktadır.

Türkiye Üreyen Kuş Atlası, kare tabanlı dağılım ve üreme verilerini ortak bir formatta birleştirerek sahadan merkeze standart bir veri akışı oluşturmuştur. EBBA2 ile sağlanan yöntemsel uyum, Türkiye verilerinin Avrupa atlas projeleriyle bütünleşmesini ve hücre düzeyinde değişimlerin haritalanmasını mümkün kılmıştır (Boyla, Sınay & Dizdaroğlu, 2019; Keller et al., 2020). Sulak

alan çalışmalarında ise izleme planlarının, alan yönetimiyle birlikte tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Ataol & Onmuş, 2021).

7.2. Dünya’dan rnek Saha alışmaları

Dünya genelinde yürütülen kuş izleme programları, standart yöntemler, gönüllü ağları ve güçlü analiz modelleri sayesinde, türlerin zaman içindeki değişimini ve dağılımını güvenilir biçimde takip etmeyi mümkün kılmaktadır.

Kuzey Amerika’daki Breeding Bird Survey (BBS) programı, gönüllüler tarafından belirli rotalarda yapılan uzun dönemli sayımlardan elde edilen verileri hiyerarşik modellerle değerlendirir. Bu sayede, kuş popülasyonlarındaki eğilimler kıta ölçeğinde yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir (Sauer et al., 2017). Avrupa’daki Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PECBMS) ise farklı ülkelerde yürütülen ulusal izleme programlarını bir araya getirerek, Avrupa Birliği evre politikalarına entegre edilen ortak göstergeler üretmektedir (Gregory et al., 2005). Benzer şekilde, European Breeding Bird Atlas 2 (EBBA2), 50’den fazla ülkeden toplanan dağılım ve bolluk verilerini ortak bir sınıflama altında birleştirerek kıtasal ölçekte tür dağılımındaki değişimleri ortaya koymuştur (Keller et al., 2020).

Vatandaş biliminin en yaygın örneklerinden biri olan eBird, gönüllü gözlemleri standart veri toplama protokolleriyle birleştirir. Otomatik kalite kontrol ve hiyerarşik modelleme sistemleri sayesinde, türlerin küresel dağılımı ve eğilimleri hakkında güvenilir tahminler üretir (Sullivan et al., 2014). Günümüzde eBird, dünyanın en geniş biyolojik gözlem veritabanlarından biridir.

Pasif akustik izleme sistemleri (ARU), özellikle tropik ve ılıman bölgelerde uzun süreli kayıt yaparak birçok türün tespitinde yüksek başarı sağlamaktadır. Araştırmalar, bu yöntemin nokta sayımları kadar hatta bazı durumlarda daha fazla tür kaydı üretebildiğini göstermektedir (Aide et al., 2013). Derin ğrenme tabanlı sistemler de hem ses hem de görüntü verilerinde tür tanımayı ve birey sayımını otomatikleştirerek veri işleme süresini büyük ölçüde kısaltmıştır (Kahl, Wood, Eibl & Klinek, 2021).

İHA’lar, özellikle koloni ve kıyı kuşlarının sayımında doğruluğu artırmış ve rahatsızlık riskini azaltarak etik standartlara uyumu kolaylaştırmıştır (Hodgson et al., 2016). Kamera tuzakları ise türlerin varlık ve davranış örüntülerini düzenli biçimde izlemeye imkân tanımış; elde edilen veriler küresel ağlarla paylaşılmıştır (Steenweg et al., 2017).

Mesafe örnekleme, yoğunluk ve bolluk tahminlerinde en yaygın kullanılan standart yöntemlerden biridir (Buckland et al., 2001). Çok türlü göstergelerde ve vatandaş bilimi verilerinde örnekleme çabasının eşitlenmesi, eğilim analizlerinin doğruluğunu büyük ölçüde artırmaktadır (Gregory et al., 2005).

Son olarak, uzaktan algılama verilerinin ekolojik modellerle birleştirilmesi, çevresel değişkenlerle kuşların dağılımı arasındaki ilişkileri daha net ortaya koymakta ve mekânsal tahmin gücünü artırmaktadır (Elith & Leathwick, 2009). Ayrıca açık veri paylaşımı ve sürüm kontrolü, farklı kurumların ortak yürüttüğü izleme programlarında veri tutarlılığını koruyarak uzun vadeli kullanım imkânı sunmaktadır (Brlik et al., 2021).

7.3. Teknoloji Entegrasyonu ile Başarı Hikâyeleri

Son on yılda teknolojinin ekolojik izlemeye entegrasyonu, kuş araştırmalarının kapsamını ve doğruluğunu büyük ölçüde geliştirdi. Geleneksel sayımlar sensörler, uzaktan algılama ve veri işleme yöntemleriyle desteklendiğinde, farklı ölçeklerde tekrarlanabilir bir izleme sistemi oluşmaktadır (Sullivan et al., 2014).

Vatandaş bilimi ve kıtasal entegrasyon.

eBird, erişilebilirlik ve gözlem çabası farklılıklarını istatistiksel olarak dengeleyerek yıl boyunca mekânsal ve zamansal bolluk haritaları üretir (Sullivan et al., 2014). Bu haritalar, özellikle göç dönemlerinde tür önceliklendirme ve koruma planlaması için doğrudan veri girdisi sağlar (Fink et al., 2020). Avrupa'da PECBMS, farklı ülke programlarından gelen verileri uyumlaştırıp tarım/orman kuşları gibi politika göstergelerine dönüştürür (Gregory et al., 2005). EBBA2, farklı ülkelerdeki izleme çalışmalarını ortak bir yöntem çerçevesinde birleştirerek, kıtasal düzeydeki değişimlerin karşılaştırılabilir biçimde izlenmesini sağlamıştır (Keller et al., 2020).

Açık standartlar ve yeniden kullanım.

Darwin Core, biyolojik çeşitliliğe ilişkin verilerin düzenlenmesi ve paylaşımı için geliştirilmiş ortak bir veri standardıdır. Bu sistem, tür gözlemleri, müze örnekleri, halkalama kayıtları ve DNA dizileri gibi farklı veri türlerinin tutarlı biçimde tanımlanmasını ve paylaşılmasını kolaylaştırır. (Wieczorek et al., 2012). FAIR ilkeleri (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) ve kalıcı tanımlayıcılar (DOI) ile birlikte kullanıldığında, çok kurumlu projelerde veri paylaşımı ve birlikte çalışabilirlik önemli ölçüde artar. Böylece Geniş ölçekli meta-analizlerin yürütülmesi kolaylaşır ve veri bütünlüğü ile izlenebilirliğin güçlenmesine katkı sağlanır. (Brlik et al., 2021).

Sensörler ve otomatik tanıma.

Pasif akustik izleme (PAM), zaman çözünürlüğü yüksek kayıtlarla türlerin etkinlik ve varlık durumlarını izlemeye olanak tanır. Fakat otomatik sınıflandırma hataları (yanlış pozitif veya negatif) sık görülebilir; bu nedenle insan doğrulaması ve açık karar eşiği kullanımı büyük önem taşır (Aide et al., 2013). Kamera tuzakları, türlerin işgal ve farklı aktivitelerini tekrarlanabilir şekilde ortaya koyar; derin öğrenme ile otomatik tür tanıma ve sayım veri işleme hızını önemli biçimde artırmıştır (Steenweg et al., 2017). İHA tabanlı ortofoto ve termal görüntüleme, koloni ve kıyı kuşlarında kısa sürede geniş alan sayımları yapılmasına olanak verir; standart uçuş protokolleri olası rahatsızlığı da azaltmaktadır (Hodgson et al., 2016).

Modelleme ve kalibrasyon.

Yoğunluk ve bolluk tahminlerinde, mesafe örnekleme ve ilgili yazılımlar günümüzde de en yaygın ve güvenilir standartlardandır (Buckland et al., 2001). Geleneksel sayımlar ile sensör verilerinin birlikte kullanılması, işgal ve bolluk modellerinde tespit ve sınıflandırma hatalarının aynı çerçevede ele alınmasına imkân vererek eğilim analizlerindeki yanlılığı azaltır (MacKenzie et al., 2006). Rota ve gözlemci farklılıklarının hiyerarşik modellerle ayrıştırılması, uzun dönemli eğilim indekslerinin daha doğru ve karşılaştırılabilir yorumlanmasını sağlar (Link & Sauer, 2002).

Çevresel bağlam ve mekânsal kestirim.

Uzaktan algılama katmanlarının dağılım/bolluk modellerine entegrasyonu, çevresel etkenlerle ilişkileri daha iyi açıklarken yüksek çözünürlüklü çeşitlilik haritaları üretir (Elith & Leathwick, 2009). Bu entegrasyonlar, saha verileriyle kalibre edildiğinde politika ve yönetim için belirsizliği açıkça ifade edilmiş göstergeler sunmaktadır.

8. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Bu çalışmanın ana mesajı şudur: geleneksel sayımlar ile modern sensör tabanlı yaklaşımlar birbirinin rakibi değil, tamamlayıcıdır. Tespit olasılığının 1'den küçük olduğu gerçeği gözetilerek uygun hiyerarşik modeller kurulduğunda, kıtasal ölçekte eğilim göstergeleri de, yerel ölçekte güvenilir nüfus tahminleri de üretilebilir (Buckland et al., 2001). EBBA2 ve BBS gibi programlar, standart yöntemlerin ve gönüllü ağlarının sensör verileriyle birleştiğinde güçlü ve etkili çıktılar üretebildiğini göstermektedir (Sauer et al., 2017). Bu bütünsel yaklaşım, farklı ölçeklerde elde edilen verilerin koruma

planlaması ve politika geliştirme süreçlerinde güvenilir bir dayanak oluşturmaya yardımcı olur.

Karar vericilerin ihtiyacı, belirsizliği açıkça raporlanmış ve karşılaştırılabilir göstergelerdir. Bunun için:

(i) standardize protokoller,

(ii) meta-veri disiplini,

(iii) model seçimi ve duyarlılık analizlerinin şeffaf biçimde raporlanması zorunludur (Gregory et al., 2005).

Kent planlaması ve arazi yönetiminde kuş zenginliği/işgal haritaları ve eğilim göstergeleri, habitat restorasyonu ve yeşil altyapı yatırımlarının önceliklendirilmesi için doğrudan girdi sağlar (He et al., 2015).

Büyük hacimli sensör verilerinin yeniden kullanılabilir olması, yalnızca ham verilerin değil; işlenmiş çıktılar, karar eşikleri ve kullanılan kod/iş akışlarının da birlikte arşivlenmesine bağlıdır (Sullivan et al., 2014). FAIR ilkelerine uygun DOI'li depolama, sürümleme ve lisanslama, ulusal/kıtasal düzeyde karşılaştırılabilirliği güçlendirir. Vatandaş bilimi platformları ve kurumsal arşivlerde cihaz ayarları, konum doğruluğu ve temel meta-veri alanları zorunlu olmalıdır.

Derin öğrenme, akustik ve görüntü verilerinden tür tanımayı artık çok daha hızlı hale getirmiştir. Ancak modelin farklı alanlarda geçerliliğini koruması ve az sayıda örneğe sahip türlerin doğru sınıflandırılması hâlâ güçtür. Transfer veya aktif öğrenme yaklaşımları bu doğruluğu artırabilir, fakat insan doğrulamasında stratejik örnek seçimi büyük önem taşıyor (Kahl et al., 2021). Akustik, termal ve LiDAR verilerinin bir arada kullanılması, nüfus tahminlerindeki belirsizliği azaltma potansiyeli gösteriyor. Ancak yine de bu tür sistemlerde kalibrasyon ve etik denge süreçlerinin özenle uygulanması gerekmektedir (Hodgson et al., 2016).

İHA uçuşları ve playback gibi yöntemler rahatsızlık ve davranışsal etki riski taşır. Etik kurullar ve yasal izin çerçeveleri; güvenli irtifalar, sezon/yarıçap sınırlamaları ve olay eşiği raporlaması ile desteklenmelidir (Conway & Gibbs, 2001). Ayrıca veri mahremiyeti ve hassas tür/koloni konumlarının paylaşımı risk değerlendirmesi ile yönetilmelidir (Sullivan et al., 2014).

Türkiye’de kuş izleme çalışmaları, farklı iklim kuşakları, karmaşık şehir peyzajları ve zengin habitat çeşitliliğinin kesiştiği özgün bir ekolojik bağlamda yürütülmektedir. Bu durum, standart yöntemlerin doğrudan uygulanmasından

çok, yerel koşullara uyarlanmış protokoller ve tür-özel kalibrasyonlar gerektirir. Özellikle kentsel alanlarda insan etkisi ve gürültünün tespit olasılığı üzerindeki etkileri henüz yeterince modellenmemiştir. Ulusal ölçekte geliştirilecek izleme çerçevelerinin, hem kırsal hem kentsel stratejileri içermesi; akustik, kamera ve termal sistemlerde tür-özel algılanabilirlik kalibrasyonlarını kapsaması; az gözlemlenen türler için veri zenginleştirme ve model genelleme yaklaşımlarını içermesi önemlidir. Açık veri ve paylaşılabilir iş akışları, EBBA, BBS ve eBird gibi uluslararası programlarla entegrasyonu güçlendirerek uzun dönemli karşılaştırılabilirliği destekleyecektir.

9. KAYNAKLAR

- Aide, T. M., Corrada-Bravo, C., Campos-Cerqueira, M., Milan, C., Vega, G., & Alvarez, R. (2013) Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification. *PeerJ*, 1, e103. <https://doi.org/10.7717/peerj.103>
- Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013) Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(3), 138-146. <https://doi.org/10.1890/120150>
- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E., & McArdle, B. H. (2011) Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, 14(1), 19-28. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Arslangündoğdu Z., Smith L., Yardim U., Vanmarcke P. J., Payne M. (2018) Soaring bird migration at the Bosphorus Strait, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(6), 7953-7968. https://doi.org/10.15666/aecer/1606_79537968
- Ataol, M., & Onmuş, O. (2021) Wetland loss in Turkey over a hundred years: implications for conservation and management. *Ecosystem Health and Sustainability*, 7(1), 1930587. <https://doi.org/10.1080/20964129.2021.1930587>
- Bairlein, F. (2001) Results of bird ringing in the study of migration routes. *Ardea*, 89, 7-19.
- Barber, J. R., Crooks, K. R., & Fristrup, K. M. (2010) The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(3), 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.06.002>
- Beery, S., Van Horn, G., & Perona, P. (2018) Recognition in terra incognita. In *Proceedings of the European conference on computer vision* (pp. 456-473). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.04975>
- Berthold, P. (2001) *Bird migration: A general survey (2nd ed.)*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Bilgin, R., Ebeoğlu, N., İnak, S., Kırpık, M. A., Horns, J. J., & Şekercioğlu, Ç. H. (2016). DNA barcoding of birds at a migratory hotspot in eastern Turkey highlights continental phylogeographic relationships. *PLoS ONE*, 11(6), e0154454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154454>
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000) *Bird census techniques (2nd ed.)*. London, UK: Academic Press. ISBN: 978-0120958313
- Boyla, K. A., Sınay, L., & Dizdaroğlu, D. E. (2019) *Türkiye Üreyen Kuş Atlası*. İstanbul, Türkiye: WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı). Rapor.

- Brlík, V., Šilarová, E., Škorpilová, J., Alonso, H., Anton, M., Aunins, A., ... Klvaňová, A. (2021) Long-term and large-scale multispecies dataset tracking population changes of common European breeding birds. *Scientific Data*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00804-2>
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (1993) *Distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. London, UK: Chapman & Hall. ISBN: 978-0412351006
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., & Thomas, L. (2001) *Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford, UK: Oxford University Press. ISBN: 978-0198509271
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002) *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach (2nd ed.)*. New York, NY: Springer. ISBN: 978-0387953649
- Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., & Steenweg, R. (2015) Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675-685. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12432>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... Naeem, S. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Chabot, D., & Bird, D. M. (2015) Wildlife research and management methods for aerial surveys using small unmanned aircraft systems: A review. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(4), 159-170. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0006>
- Darras, K., Batáry, P., Furnas, B., Celis-Murillo, A., Van Wilgenburg, S. L., Mulyani, Y. A., & Tschardtke, T. (2018) Comparing the sampling performance of sound recorders versus point counts in bird surveys: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2575-2586. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13229>
- Darras, K., Furnas, B., Fitriawan, I., Mulyani, Y. A., & Tschardtke, T. (2018) Estimating bird detection distances in sound recordings for standardizing detection ranges and distance sampling. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(9), 1928-1938. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13031>
- Darras, K., Pütz, P., Fahrurrozi, R., Rembold, K., & Tschardtke, T. (2016) Measuring sound detection spaces for acoustic animal sampling and monitoring. *Biological Conservation*, 201, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.021>

- Dik, B., Şekercioğlu, Ç. H., Kırpık, M. A., Inak, S., Uslu, U. (2010) Chewing Lice (Phthiraptera) Species Found on Turkish Shorebirds (Charadriiformes). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(5), 867-874. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2010.2971>
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009) Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 677-697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
- Farnsworth, G. L., Pollock, K. H., Nichols, J. D., Simons, T. R., Hines, J. E., & Sauer, J. R. (2002) A removal model for estimating detection probabilities from point-count surveys. *The Auk*, 119(2), 414-425. <https://doi.org/10.1093/auk/119.2.414>
- Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Ruiz-Gutierrez, V., Hochachka, W. M., & Kelling, S. (2020). Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. *Ecological Applications*, 30(3), e02056. <https://doi.org/10.1002/eap.2056>
- Greenwood, J. J. D. (2007) Citizens, science and bird conservation. *Journal of Ornithology*, 148(Suppl. 1), S77-S124. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0239-9>
- Hodgson, J. C., Baylis, S. M., Mott, R., Herrod, A., & Clarke, R. H. (2016) Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles. *Scientific Reports*, 6, 22574. <https://doi.org/10.1038/srep22574>
- Hutto, R. L., Pletschet, S. M., & Hendricks, P. (1986) A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk*, 103(3), 593-602.
- Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021) BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236>
- Karanth, K. U., & Nichols, J. D. (1998) Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79(8), 2852-2862. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[2852:EOTDII\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2852:EOTDII]2.0.CO;2)
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015) Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012) *Numerical ecology (3rd English ed.)*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. ISBN: 978-0444538680
- Linchant, J., Lisein, J., Semeki, J., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2015). Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A

- review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45(4), 239–252. <https://doi.org/10.1111/mam.12046>
- Link, W. A., & Sauer, J. R. (2002) A hierarchical analysis of population change with application to Cerulean Warblers. *Ecology*, 83(10), 2832–2840. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2832:AHOPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2832:AHOPC]2.0.CO;2)
- Link, W. A., Sauer, J. R., & Niven, D. K. (2020) Model selection for the North American Breeding Bird Survey. *Ecological Applications*, 30(6), e02137. <https://doi.org/10.1002/eap.2137>
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Royle, J. A., & Langtimm, C. A. (2002) Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8), 2248–2255. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2248:ESORWD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2)
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L., & Hines, J. E. (2006) *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Burlington, MA: Academic Press. ISBN: 978-0120887669
- Meek, P., & Fleming, P. (2014) *Camera trapping: Wildlife management and research*. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing. ISBN: 978-1486300391
- Michener, W. K., & Brunt, J. W. (2000) *Ecological data: Design, management, and processing*. Oxford, UK: Blackwell Science. ISBN: 978-0867201291
- Michener, W. K., & Jones, M. B. (2012). Ecoinformatics: supporting ecology as a data-intensive science. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(2), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.016>
- Nichols, J. D., Hines, J. E., Sauer, J. R., Fallon, F. W., Fallon, J. E., & Heglund, P. J. (2000) A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. *The Auk*, 117(2), 393–408. <https://doi.org/10.1093/auk/117.2.393>
- Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., & Clune, J. (2018) Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(25), E5716–E5725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719367115>
- Onmuş, O., Durusoy, R., & Eken, G. (2009). Distribution of breeding birds in the Gediz Delta, Western Turkey. *Zoology in the Middle East*, 47(1), 39–48. <https://doi.org/10.1080/09397140.2009.10638345>
- Onmuş, O., & Siki, M. (2011). Shorebirds in the Gediz Delta (İzmir, Turkey): Breeding and wintering abundances, distributions, and seasonal

- occurrences. *Turkish Journal of Zoology*, 35(5), 615–629. <https://doi.org/10.3906/zoo-1002-14>
- Öztürk, D., Beyazıt, I., & Kılıç, F. (2015). Spatiotemporal analysis of shoreline changes of the Kızılırmak Delta. *Journal of Coastal Research*, 31(6), 1389–1402. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00159.1>
- Panuccio, M., Duchi, A., Lucia, G., & Agostini, N. (2017). Species-specific behaviour of raptors migrating across the Turkish straits in relation to weather and geography. *Ardeola*, 64(2), 305–324. <https://doi.org/10.13157/arla.64.2.2017.ra2>
- Priyadarshani, N., Marsland, S., & Castro, I. (2018). Automated birdsong recognition in complex acoustic environments. *Journal of Avian Biology*, 49(5), e01447. <https://doi.org/10.1111/jav.01447>
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002) *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN: 978-0521009760
- Ralph, C. J., Sauer, J. R., & Droege, S. (Eds.). (1995) *Monitoring bird populations by point counts*. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. General Technical Report PSW-GTR-149.
- Rovero, F., & Zimmermann, F. (2016) *Camera trapping for wildlife research*. Exeter, UK: Pelagic Publishing. ISBN: 978-1784270489
- Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T., & Carbone, C. (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1228–1236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x>
- Royle, J. A. (2004) N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics*, 60(1), 108–115. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x>
- Shonfield, J., & Bayne, E. M. (2017) Autonomous recording units in avian ecological research: Current use and future applications. *Avian Conservation and Ecology*, 12(1), 14. <https://doi.org/10.5751/ACE-00974-120114>
- Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J. T., & Burton, C. (2017) Scaling-up camera traps: Monitoring the planet’s biodiversity with networks of remote sensors. *Biological Conservation*, 214, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.019>
- Stowell, D. (2022). Computational bioacoustics with deep learning: A review and roadmap. *PeerJ*, 10, e13152. <https://doi.org/10.7717/peerj.13152>

- Sueur, J., Farina, A., Gasc, A., Pieretti, N., & Pavoine, S. (2014) Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acustica united with Acustica*, 100(4), 772-781. <https://doi.org/10.3813/AAA.918757>
- Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., & Kelling, S. (2014) The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological Conservation*, 169, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.00>
- Sutherland, W. J. (Ed.). (2006) *Ecological census techniques: A handbook (2nd ed.)*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN: 978-0521608116
- Şekercioğlu, Ç. H., Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (2004) Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(52), 18042-18047. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408049101>
- Thomas, L., Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Laake, J. L., Strindberg, S., Hedley, S. L., Bishop, J. R. B., Marques, T. A., & Burnham, K. P. (2010). Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 5-14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x>
- Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J. (2008) Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 25-60. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Winiarska, D., Szymański, P., & Osiejuk, T. S. (2024). Detection ranges of forest bird vocalisations: Guidelines for passive acoustic monitoring. *Scientific Reports*, 14(1), 894. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51297-z>
- Wood, C. M., Kahl, S., Chaon, P., Peery, M. Z., & Klinck, H. (2021) Survey coverage, recording duration and community composition affect observed species richness in passive acoustic surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(5), 885-896. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13571>
- Yavuz, K. E., Yavuz, N., Tavares, J., & Barış, Y. S. (2012). Nesting habits and breeding success of the White Stork, *Ciconia ciconia*, in the Kızılırmak delta, Turkey: (Aves: Ciconiidae). *Zoology in the Middle East*, 57(1), 19-26. <https://doi.org/10.1080/09397140.2012.10648959>
- Yoccoz, N. G., Nichols, J. D., & Boulinier, T. (2001) Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(8), 446-453. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02205-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02205-4)

