PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR - 2024



Editörler

Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ

Murat ZENCİRKIRAN

LIVRE DE LYON

2024

Mimarlık Bilimleri

PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR - 2024

Editörler

Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ

Murat ZENCİRKIRAN

LIVRE DE LYON

Lyon 2024

PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR - 2024

Editörler

Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ

Murat ZENCİRKIRAN

LIVRE DE LYON

Lyon 2024

Peyzaj Mimarlığında Bilimsel Yaklaşımlar - 2024

Editors • Prof. Dr. Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ • Orcid: 0000-0001-6789-4473
Prof. Dr. Murat ZENCİRKIRAN • Orcid: 0000-0003-0051-8937

Cover Design • Motion Graphics
Book Layout • Motion Graphics
First Published • November 2024, Lyon

e-ISBN: 978-2-38236-746-9
DOI: 10.5281/zenodo.14024537

copyright © 2024 by Livre de Lyon
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission from the Publisher.

Publisher • Livre de Lyon
Address • 37 rue marietton, 69009, Lyon France
website • http://www.livredelyon.com
e-mail • livredelyon@gmail.com

LIVRE DE LYON

ÖNSÖZ

Peyzaj Mimarlığı doğal ve kültürel kaynakları koruma ve yönetmeyi ilke edinen, çevre ve insan etkileşiminin ve ihtiyaçlarını anlayan bir meslek disiplinidir. Son yıllarda tüm Dünya'da doğal ekosistemi bozan küresel iklim değişikliği göz önüne alındığında, bu çerçevede ekolojik ve ekonomik önemde toplumsal refahı yükseltecek sürdürülebilir mekanlar yaratmak için Peyzaj Mimarlığının ne denli önemli olduğu açıkça görülmektedir. Bu bağlamda meslek disiplini içerisinde planlama, tasarım ve peyzaj bitkileri başta olmak üzere çok farklı konularda farklı yaklaşımlar kullanarak günümüz koşullarına uygun çözümler üreten ve aynı zamanda gelecek perspektifi ile sürdürülebilir mekanlar ve objeler geliştiren çalışmalar yürütülmektedir.

Bu noktadan hareketle birincisini 2023 yılında paydaşlarımız ile buluşturduğumuz "PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR" isimli uluslararası kitap serimizin ikincisini ortak bir çalışmayla "PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR - 2024" ismi ile yayın hayatına kazandırılarak bilgi paylaşımında sürdürülebilirliği devam ettirme sürecinde ülkemizin seçkin üniversitelerinde yer alan akademisyenlerin güncel konulara yenilikler getiren önemli çalışmalarına yer verilerek farklı bakış açıları ortaya konulmuştur.

Kitabın hazırlanması aşamasından, bölüm yazarlığı yaparak katkıda bulunan ve emeği geçen değerli akademisyenlerimize teşekkürlerimizi sunar, kitabımızın paydaşlarımıza ve konuya ilgi duyanlara faydalı olmasını dileriz.

Prof. Dr. Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ
Prof. Dr. Murat ZENCİRKIRAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I

BÖLÜM I. TÜRK BAHÇELERİNİN GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE EVRİMİ 1
Emirhan AKSU & Alper SAĞLIK

BÖLÜM II. ÜNİVERSİTE KAMPÜSLERİNDE AĞAÇLARIN ROLÜ: ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, SOSYAL FAYDA VE EKONOMİK KAZANIMLAR 21
Gamze ALTUN & Murat ZENCİRKIRAN

BÖLÜM III. GELECEĞİN KENTSEL TASARIMINDA BLOCKCHAİN TEKNOLOJİSİNİN POTANSİYEL ROLÜ 45
Elif SAĞLIK & Fatma YETİŞİR & Merve TEMİZ TOPSAKAL

BÖLÜM IV. KENTSEL ERGONOMİ ÇERÇEVESİNDE ZİHİNSEL VE RUHSAL AÇIDAN ÖZEL GEREKSİNİMLİ KULLANICILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 59
Elvan ENDER ALTAY & Özgür Ekin VARDAR

BÖLÜM V. BİTKİSEL TASARIMDA FORM: AĞAÇLAR 83
Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ & Ş. Doğanay YENER

BÖLÜM VI. KÜRESEL YERİNDEN EDİLME POLİTİKALARI VE KENTLERİN KAPASİTESİ 101
Osman ZEYBEK

BÖLÜM VII. ÇANAKKALE ORMAN YANGINI ALANININ REHABİLİTASYON VE YANGINA DİRENÇLİLİK KAPSAMINDA İRDELENMESİ 113
Deniz ÇELİK & Füsun ERDURAN NEMUTLU

BÖLÜM VIII. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞME VE YAVAŞ KENT HAREKETİNİN KESİŞİM NOKTASI: KENTSEL TASARIMA GENEL BİR BAKIŞ 131
Elif SAĞLIK & Umahan ALTINATA & Merve TEMİZ TOPSAKAL

BÖLÜM IX. KENTSEL HAVA KALİTESİ VE YEŞİL ALAN İLİŞKİSİ 151
Osman ZEYBEK

BÖLÜM X. BAZI AĞAÇLARIN SEMBOLİK ÇAĞRIŞIMLARI 171
Betül Hümeyra ÇELİK & Murat ZENCİRKIRAN

BÖLÜM IX

KENTSEL HAVA KALİTESİ VE YEŞİL ALAN İLİŞKİSİ

Relationship between Urban Air Quality and Green Spaces

Osman ZEYBEK

(Araş. Gör. Dr.) Bursa Uludağ Üniversitesi
E-mail: osmanzeybek@uludag.edu.tr
ORCID: 0000-0002-2752-407X

1. Giriş

Kentsel yeşil altyapı, halkın hava kirliliğine maruziyetini azaltarak olumlu sağlık sonuçları sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Kentte yeşil alan kullanımı, geleneksel emisyon kontrol stratejilerini etkili bir şekilde tamamlayabilecek hava kirliliğini azaltma seçenekleri sunabilmektedir. Bitki örtüsü, atmosferdeki kirleticilerin akışını ve dağılımını kontrol etmede önemli bir rol oynamaktadır (Ender Altay ve Pirselimoğlu Batman, 2019; Yener ve ark., 2020; Seyidoğlu Akdeniz ve Yener, 2023; Sönmez ve Zencirkıran, 2023).

Genel olarak, hava kirliliğinin olumsuz etkileri üç temel yöntemin uygulanmasıyla azaltılabilmektedir (IES, 2022):

- Emisyonları kaynakta azaltma: Bu yöntemle bağlantılı önlemler arasında daha az kirletici endüstriyel prosesler kullanmak, daha az kirletici hammadde kullanmak, proses verimliliğini artırmak, emisyon kontrol teknolojileri kullanmak, trafiği sakinleştirmek, araçlardaki emisyonları düzenlemek ve daha temiz yakıtlar kullanmak gibi önlemler yer almaktadır. Emisyonları kaynağında azaltmak, kirletici maruziyetini azaltmanın en etkili yolu olduğundan bu yönteme öncelik verilmelidir.
- Kirlilik kaynakları ve alıcılar arasındaki mesafeyi uzatma: Kirleticiler daha temiz hava ile karıştıkça, kirleticilerin konsantrasyonu kaynaktan uzaklaşılması ile azalır.

- Alıcıları koruma: Bu yöntem, alıcı bölgesindeki azaltılmış konsantrasyonları hedefleyen doğrudan müdahaleleri içermektedir.

Yeşil altyapı, bahsedilen üç yöntemin de uygulanmasında çeşitli derecelerde yardımcı olabilmektedir. Bitki örtüsünü bir bariyer olarak yerleştirmek, kaynaklar ve alıcılar arasındaki mesafeyi uzatabilir. Bu yaklaşımda çitler, araçları ve yayaları ayıran yeşil tamponlar olarak kullanılabilir. Yeşil alanlar ayrıca, bitkilerin nispeten büyük yüzey alanının yardımıyla kirleticilerin birikme oranlarını artırarak insanları hava kirliliğinden koruyabilir (Hewitt et al. 2022). Kentsel yeşil alanlar, emisyon kaynakları ile mücadele ederek veya sağladığı rekreatif rotalar ile daha az kirlenmeye neden olan yürüme, bisiklet sürme, elektrikli bireysel taşıtlar kullanma gibi aktif taşımacılığı teşvik ederek dolaylı yoldan emisyonları azaltmaya bile yardımcı olabilir (IES, 2022).

2. Hava Kalitesini Etkileyen Süreçler

Kentsel yeşil alanlar, dağılma ve birikme olmak üzere iki temel süreçle insanları hava kirliliğinden koruyabilir. Dağılma, hava kirliliğinin atmosfere dağıtıldığı bir süreçtir. Kentteki bitki örtüsü, dağıtıcı etkisiyle kirleticilerin hızını ve kirleticilerin insanlara ulaşmadan önce kat ettiği mesafeyi değiştirmektedir. Bu, yerel olarak kirleticilerin konsantrasyonunda önemli azalmalara yol açabilir (Greater London Authority, 2019).

Ağaçlar ve çalılar, doku yoğunluklarına bağlı olarak hava akışına engel oluşturur, türbülans yaratır ve atmosferdeki kirletici unsurların seyrelmesini sağlar. Sonuç olarak, kaynak ile alıcı arasındaki mesafe bir nebze uzar. Bir bitki örtüsünün bariyer olarak kullanılması, kirleticilerin akışını yukarı doğru kaydırır; havanın kaynaktan alıcıya olan mesafesini uzatırken seyreltme sağlanmış olur (Hewitt ve ark., 2022).

Yoğun bir taşıt yolu ortamında, bir bitki örtüsü bariyerinin yüksek bir çit şeklinde kullanılması, yakın çevresindeki kirleticilerin konsantrasyonlarını yarıya indirebilmektedir (IES, 2022). Yollar ve yayalar arasına çitler yerleştirmek, yayılma yoluyla kirletici konsantrasyonlarını azaltmada özellikle etkilidir. Surrey Üniversitesi tarafından yapılan bir çalışma, yol kenarları boyunca tesis edilen çitler aracılığıyla hassas partikül maddelerin önemli bir bileşeni olan karbon konsantrasyonunun %63'e kadar azaltılabileceğini göstermiştir (Şekil 1). Çalışma, ayrıca çitlerin veya çitlerle ağaçların bir kombinasyonunun, otomobillerin yaydığı kirliliğe maruziyeti azaltmak için en etkili bitkisel tasarım biçimleri olduğunu doğrulamıştır (Abhijith ve Kumar, 2019; Blevin, 2019).

Çalışmada gaz halindeki kirleticiler için daha küçük azalmalar kaydedilmiştir (Barrett, 2019).

Birikim, kirleticilerin yer çekimi ile katı yüzeylere inmesi ve havadan uzaklaştırılmasıdır (Greater London Authority, 2019). Yeşil altyapı, kirleticiler daha pürüzsüz yapay yüzeylere göre bitki örtüsünde daha verimli bir şekilde biriktiğinden, yerel ölçekte hava kirleticilerinin konsantrasyonunu azaltabilmektedir (Neft, et al. 2015). Ağaçlar ve çalılar, kirleticiler için doğal bir yutak işlevi görebilen, yüksek bir yüzey alanına sahip unsurlardır. Biriktirme hızı, mevcut yüzey alanının yanı sıra yüzeyin aerodinamik pürüzlülüğüne de bağlıdır (Hewitt ve ark., 2022).

Dağılım ve birikim dışında, yeşil altyapının hava kalitesini iyileştirebileceği üçüncü bir mekanizma, partikül maddenin modifikasyonudur. Bu modifikasyonlar, birikimi hızlandırabilecek daha küçük partiküllerin koagülasyonunu (birleşme, büyüme, pıhtılaşma) ve partikül maddenin toksisitesini azaltabilecek kirletici bileşimlerin yapısının değişmesini sağlamaktadır (Diener ve Mudu, 2021).



Şekil 1. Surrey Üniversitesi tarafından yürütülen çalışma kapsamında oluşturulan bir çit (Blevin, 2019).

Bakteriler, mayalar ve mantarlar gibi yaprakla ilişkili organizmalar, hava kirleticilerinin biyoremediasyonunda rol oynamaktadır. Bitki yapraklarının yüzeyini ve iç kısımlarını kolonize eden mikrobiyal toplulukların kirleticileri absorbe edip biyolojik olarak parçalayabildiği veya daha az toksik moleküllere dönüştürebildiği kanıtlanmıştır (Wei ve ark., 2017).

3. Yeşil Alan Kullanımıyla Hava Kirliliğini Azaltmaya Yönelik Pratik Yaklaşımlar

Bazı ağaçlar hava kirleticilerini diğerlerinden çok daha etkili bir şekilde hapsedebilmektedir (Traverso, 2020). Kirletici yakalama için uygun bitki türlerinin seçilmesinde bir dizi fizyolojik özelliğinin dikkate alınması gerekir.

Ağaçların havayı filtreleme kapasitesi, esas olarak oluşturduğu hacme bağlıdır. Beklendiği üzere, çok boylanan ve geniş bir taç geliştiren ağaçlar daha küçük ağaçlara göre daha fazla kirleticiyi absorbe edebilmektedir (Traverso, 2020). Yaprakların yoğunluğu, aslında biriktirme için mevcut yaprak yüzey alanını belirlemesinden dolayı önemli bir faktördür (Janhäll, 2015).

Bir ağacın yoğunluğu, tacın dallanma ve yapraklanma yoğunluğu ile tayin edilir (Hirons ve Sjöman, 2018). Geniş bir taç geliştirmiş olgun ağaçlar, genç ağaçlara kıyasla kirleticileri gidermede önemli ölçüde daha etkilidir (Nowak, 1994). Araştırmalar, gövde çapı 75 cm'nin üzerinde olan büyük ve sağlıklı ağaçların, aynı türde gövde çapı 25 cm'nin altında olan küçük ve sağlıklı ağaçlara göre 70 kat daha fazla hava kirliliğini giderdiğini göstermektedir (Nowak, 2000).

Bir ağacın boyu ve yaprak yoğunluğunun yanı sıra, taç formu da önemlidir. Örneğin, küresel bir taç gelişiminin, piramit formlu bir taçtan daha etkili olduğu saptanmıştır (Janhäll, 2015; Barwise ve Kumar, 2020).

Yaprakların uzun ömürlü olması bir diğer önemli husustur. Kışın yapraklarını döken ağaçların aksine, her dem yeşil türler yıl boyu filtre görevi görebilmektedir (Traverso, 2020; Barwise ve Kumar, 2020). Ancak, her dem yeşil türler kuraklık, sıcaklık ve don gibi belirli çevresel stres faktörlerine karşı daha hassas olabilmektedir. Yaprak döken türler arasında ise yaprak mevsimleri daha uzun olanlar tercih edilmelidir (Barwise ve Kumar, 2020). Daha küçük yapraklı türlerin, daha büyük yapraklı türlere göre daha etkili olma eğiliminde olduğuna dair bir veri bulunmaktadır. Yoğun iğne yapraklara sahip açık tohumlu ağaç türlerinin, yaprak döken türlere göre partiküllerin daha etkili bir şekilde birikmesini sağladıkları görünmektedir. Yaprak yüzeyinin özellikleri de bitkilerin filtrasyon potansiyelini etkilemektedir. Oluklar ve sırtlar içeren pürüzlü, tüylü ve engebeli yüzeyler partiküller için en iyi biyofiltreler görevi görmektedir (Watanabe, 2015). Yaprakların yapışkanlığının da partikülleri yakalamada önemli olduğu bulunmuştur (Isaifan ve Baldauf, 2020). Tüylü yaprakları nedeniyle *Betula pendula*, *Taxus baccata* ve *Sambucus nigra,* insan sağlığı için önemli tehlikeler oluşturabilen ultra ince partikülleri yakalamada özellikle etkili olmaktadır (Wang ve ark., 2019).

Gaz alışverişini kontrol eden, yaprak yüzeylerinde bulunan küçük gözenekler olan stomalar, özellikle gaz halindeki kirleticileri yakalamada önemli bir role sahiptir (Lawson ve Blatt, 2014). Kavak (*Populus sp.*) ve bazı meşe türleri gibi (*Quercus sp.*) geniş açılma dönemlerine sahip stomaları olan türlerin seçilmesiyle hava kirleticilerinin giderilme potansiyeli artırılabilmektedir (Grote, 2016).

Yaprakların sadece yapısı ve diğer özellikleri partikül yakalama verimliliği için son derece önemli olduğu gibi, aynı zamanda taç formu ve sürgün yapısı da önemlidir. Daha karmaşık sürgün yapılarına sahip ağaç türlerinin daha yüksek partikül yakalama verimliliğine sahip olduğuna dair bulgulara ulaşılmıştır (Watanabe, 2015).

Hava kirleticilerini yakalama yeteneğine rağmen yeşil alanlar, aynı zamanda bir kirlilik kaynağı da olabilmektedir. Ağaçlar ve diğer bitkiler, güneş ışığına maruz kaldıklarında, esas olarak araçlardan ve endüstriyel kaynaklardan yayılan nitrojen oksitlerle reaksiyona girerek ozon oluşturan ve yer seviyesindeki duman oluşumuna yol açabilen uçucu organik bileşikler üretir. Ayrıca, birçok ağaç türü alerjik reaksiyonlara neden olabilen polen üretmektedir (Barwise ve Kumar, 2020). Yerleşim alanlarının yakınında yeşil alanlar planlarken *Betula sp., Fraxinus sp., Quercus sp., Ulmus sp*. (Kerr, 2024) gibi son derece alerjenik polen üreten ağaç türlerini veya *Robinia pseudoacacia, Populus sp., Platanus sp.* (Gallis ve Shin, 2020) gibi önemli miktarda uçucu organik bileşik yayan ağaç türlerini sık kullanmaktan kaçınmak akıllıca olacaktır.

Yakalama verimliliğini etkileyen çeşitli faydalı bitki örtüsü özellikleri, belirli bitki türlerinin herhangi bir bağlama uygun olmasını otomatik olarak sağlamaz. Hava kirliliğini azaltma potansiyeli yüksek olan bitki türlerini seçmek, istenen sonuçları vermeyecektir. Havadaki kirleticileri yakalamak için yeşil alan tasarlarken, yerel çevre koşullarına uyum sağlamış bitki türleri seçilmelidir. Kentsel ortamlarda ve özellikle yol kenarında ağaçlar, kuru veya zayıf toprak koşulları, çeşitli hastalıklar, toprak sıkışması, kök boşluğu eksikliği, kök bölgesinde aşırı su ve buna eşlik eden anaerobik koşullar, hava kirliliği veya tuzlanma gibi birden fazla stres faktörüyle başa çıkmak zorundadır (Barwise ve Kumar, 2020). Kent sistemindeki bu aşırı koşullar göz önünde bulundurulduğunda, çeşitli türlerin uygunluğunu değerlendirirken, bitkilerin stres toleransı diğer tüm işlevselliklerden daha öncelikli olmalıdır (Tiwary ve ark., 2015).

Yeşil alanların, hava kirleticileri dağıtma veya biriktirme için kullanılmasına bağlı olarak farklı yaprak yoğunlukları arzu edilir. Bariyerin kalınlığı azaldıkça,

kirletici ile hedef arasındaki etkili yol uzunluğu kısalır. Bununla birlikte, bitki örtüsünün dağıtıcı etkisi azalır, ancak aynı zamanda, biriktirme yoluyla kirliliğin giderilmesi fırsatı artar (Hewitt ve ark., 2020). Bitki örtüsü bariyeri ne kadar yoğunsa, kirli havayı yerinden oynatma ve seyreltme konusunda o kadar etkili olacaktır. Bu nedenle, dağıtım için kullanılan yeşil bariyerler mümkün olduğunca kalın olmalıdır (Greater London Authority, 2019; Hewitt ve ark., 2020). Buna karşılık, kirleticilerin filtrelenmesini amaçlayan bitki bariyerleri, geniş bir yüzey alanıyla birikimi teşvik etmek için yeterince yoğun olmalı, aynı zamanda nüfuz etmeyi desteklemek için aşırı yoğun olmamalı, bunun yerine hava akışını saptırmalıdır (Janhäll, 2015).

3.1 Yollarda Hava Kirliliği ile Mücadele

Greater London Authority tarafından yayımlanan "Hava Kirliliğinden Korunmak İçin Yeşil Altyapının Kullanımı" başlıklı kılavuz, yollar boyunca kentsel hava kirliliğine maruz kalmayı azaltmaya yönelik olarak yeşil altyapı tasarımına ilişkin bir dizi pratik öneri sunmaktadır. Kılavuz, kentsel yol tipine bağlı olarak uygun yeşil altyapı müdahalelerinin belirlenmesine yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bazı kentsel koşullarda hatalı bitki örtüsü tercih etmenin yerel kirlilik konsantrasyonlarını artırabileceği vurgulanarak, tasarım sürecinde dikkatli olunmasının gerekliliği öne çıkarılmaktadır. Kılavuzun bazı temel önerileri aşağıda sıralanmıştır (Greater London Authority, 2019):

- Her iki tarafı binalarla çevrili olan yoğun trafikli yollarda, hava kirliliği cadde zemininde daha yüksek olabilmektedir. Bu durumlarda sık ağaç sıralarının yerel hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmektedir. Zira ağaçların yoğun yaprak örtüsü, araçlardan yayılan kirliliğin alt kısımlarda tutulmasına neden olabilir. Bu tür durumlarda, araçlar ve yayalar arasına yerleştirilen bitki bariyerlerinin, alıcı taraftaki kirletici konsantrasyonunu etkili bir biçimde azaltabileceği öne sürülmektedir.
- Havanın, binaların üstünde cadde seviyesinden daha kirli olduğu örneklerde ise geniş taç hacmine sahip yoğun ağaçlı geçitlerin, hava kirleticilerinin aşağıya doğru yayılmasını azaltarak sokak seviyesindeki insanları koruma işlevi görebileceği ifade edilmektedir. (Bu örnekteki yol tipinde trafik yoğunluğu az, yapıların bacalarından atmosfere salınan kirletici miktarı fazladır.)
- Açık yollarda, yol kenarındaki yayaların korunması amacıyla çitlerin etkili bir bariyer olarak işlev görebileceği ve çit yüksekliğinin artırılmasıyla koruma alanının genişleyeceği belirtilmektedir.

• Eğer hedef, daha geniş bir alanda insanları korumak ise çit sıraları gibi daha uzun bariyerlerin, kirleticilerin konsantrasyonunu daha büyük ölçekte azaltabileceği vurgulanmaktadır.

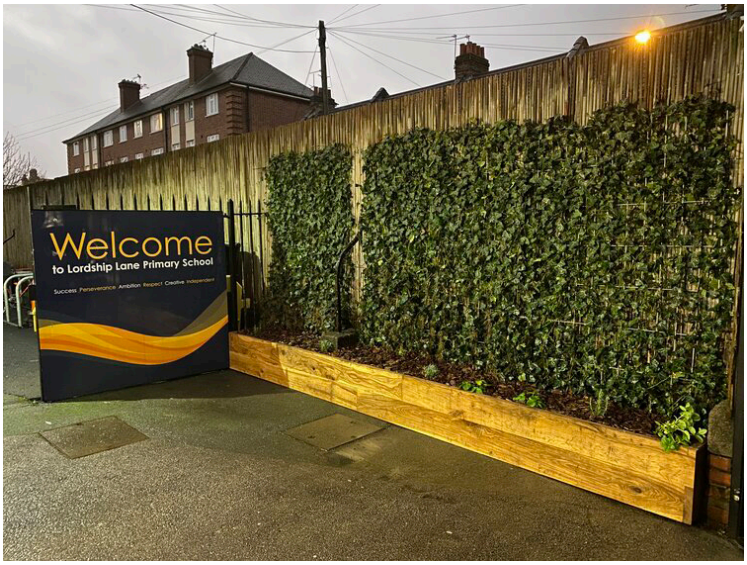
• Bir yolun yanında yer alan açık ve yeşil alanların, kirleticilerin dağılmasına izin vererek ulaşım kaynaklı kirliliğe maruziyeti azaltmada önemli bir rol oynayabileceği belirtilmektedir.

• Son olarak, daha kalın bitki örtüsü bariyerlerinin, karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyonların yer değiştirmesini ve seyrelmesini daha etkili bir biçimde destekleyeceği ifade edilmektedir.

3.2 Çit Kullanımı

Çitlerin, özellikle okul bahçeleri ve oyun alanlarının hava kirliliğinden korunmasında oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Pirselimoğlu Batman ve ark., 2024). Surrey Üniversitesi tarafından yürütülen bir çalışmada, bitki örtüsü bariyerleri için her dem yeşil türlerin önerildiği ve bu türlerin tüm mevsimlerde hava kirliliğine maruziyeti etkili bir şekilde azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Abhijith ve Kumar, 2017).

Channel 4'ün Dispatches programı kapsamında, Kings College ve Queen Mary Üniversitesi'nden araştırmacılarla iş birliği yapılarak, Londra'daki Lordship Lane İlkokulu'nda öğrencilerin hava kirleticilerine maruziyetini azaltmak amacıyla yeşil altyapı müdahaleleri ile ilgili çeşitli önlemler uygulanmıştır. Bu çerçevede, kirleticileri absorbe etmesi amacıyla okulun oyun alanının çevresine 1,8 metre yüksekliğinde ve 1 metreden geniş sarmaşık perdeleri yerleştirilmiştir (Şekil 2). Çelik çerçeveler üzerine her dem yeşil sarmaşık türleri sardırılmıştır (Anonymous, 2024a).



Şekil 2. Londra'daki Lordship Lane Primary School'da uygulanan proje (Anonymous, 2024a).

Müdahale öncesinde, okul çevresindeki NO_2 seviyelerinin önerilen değerlerin %50 üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar testleri, çocukların akciğerlerinde isli parçacıkların dahi bulunduğunu göstermiştir. Müdahale sonrasında ise oyun alanındaki kirlilik seviyelerinde %53 oranında bir azalma kaydedilmiştir; ancak okul çevresindeki kirletici konsantrasyonu yüksek kalmaya devam etmiştir. Ayrıca, laboratuvar testleri sonucunda, öğrencilerin kirleticilere maruziyetinin azaldığı tespit edilmiştir. Londra genelinde uygulanan bir program kapsamında, hava kirliliğiyle mücadele kapsamında 29 okulun ilkokul oyun alanlarının çevresine bitki bariyerleri kurulması için desteklenmesi sağlanmıştır (Anonymous, 2024b, Anonymous, 2024c).

3.3 Yeşil Çatı ve Yeşil Duvar Uygulamaları

Yeşil çatılar ve yeşil duvarların, havadaki büyük miktardaki kirleticilerin ortadan kaldırılmasına katkıda bulunabileceği belirtilmektedir. Ağaçların, bazı kentsel durumlarda kirliliği taçlarının altında hapsedebileceği öne sürülürken, yeşil çatılar ve duvarların havanın serbest dolaşımına olanak sağladığı ve aynı zamanda kirleticileri yok edebildiği ifade edilmiştir (Zakrisson, 2019). Avustralya'da gerçekleştirilen bir araştırmada, yeşil çatılar sayesinde emisyonların %35 ile %83 oranında azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, çevresi yüksek binalarla çevrili sokak ve caddelerde yeşil duvarların

PM10 konsantrasyonlarını %50'ye kadar ve NO_2 konsantrasyonlarını %35'e kadar azalttığı tespit edilmiştir (Abhijith ve Kumar, 2017; Rasul ve Arutla, 2020).

Stuttgart Şehri'nde, 2017'den bu yana şiddetli hava kirliliğiyle mücadele etmek amacıyla yenilikçi çözümler denenmektedir. Bu çözümlerden biri olarak, 100 metreden uzun ve üç metre yüksekliğinde bir yosun duvarı tesis edilmiştir (Şekil 3). Yosunların genellikle nemli ortamlarda, orman zeminlerinde, ağaç gövdelerinde, bataklıklarda, uçurumlarda ve yapay yüzeylerde yetiştiği ve su ile besin maddelerini depolayabildiği bilinmektedir. Ayrıca, yapışkan yüzeylerine tutunan hava kirleticilerini filtreleyebilme özellikleri bulunmaktadır. Filtrelenen kirleticiler, bakteriler yardımıyla bitkinin biyokütlesine dönüştürülmektedir (Anonymous, 2024d).



Şekil 3. Stuttgart'ta kullanılan yosun duvarlar (Anonymous, 2024d).

Stuttgart'ta bu amaçla hassas partikül maddeleri yakalamak ve parçalamak için iki yosun türü (*Ceratodon purpureus* ve *Racomitrium canescens*) özel olarak kullanılmıştır. Yosun duvarlarının, partikül madde ve NOx konsantrasyonlarını azaltmada diğer bitkilerden daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Yosunların diğer bitkilere kıyasla 30 kat daha büyük bir yüzey alanına sahip olduğu ve bu sayede filtrasyon verimliliğini artırdığı vurgulanmıştır. Yosunların yüzeylerinin negatif yüklü olması, havadaki partiküllerin elektrostatik çekim yoluyla yosunlara yapışmasını sağlamaktadır. Bu sürecin özellikle ince partiküllerin filtrelenmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Her dem yeşil olan yosunlar, yıl boyunca kirleticileri filtreleyebilmekte ve özellikle kış aylarında, hava kirleticilerinin daha yüksek olduğu dönemlerde daha aktif olmaktadırlar.

Kirleticilerin organik bileşenlerinin, yosunların yüzeyinde bulunan bakteriler tarafından biyolojik olarak parçalandığı veya daha az toksik moleküllere dönüştürüldüğü ifade edilmiştir (Anonymous, 2024d; Anonymous, 2024e).

3.4 Daha Büyük Yeşil Alanlar Planlamak

Yeşil alanlar hava kirletici unsurları biriktirme amacıyla tasarlandığında, çeşitli faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu faktörlerin en önemlilerinden biri, bitki örtüsünün yüksekliğidir. Yer örtücüler ve bodur otsu bitkilerin en düşük filtreleme kapasitesine sahip olduğu, buna karşın iğne yapraklı ormanların en yüksek filtreleme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Filtreleme etkisinin, boylu yer örtücüler ve otsu bitkiler, çalılar ve yaprak döken ormanlar sırasıyla artış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar, peyzajdaki alçak bitki örtüsünden ormanlık alanlara geçişlerin, hava kirleticilerinin biriktirilme sürecini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, 'kenar etkisi' nedeniyle, bir ormanın merkezinde biriken kirleticilerin miktarının, kenar bölgelerdekinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Ormanlık alanların kenar geçişleri daha keskin olduğunda, birikimin daha fazla artacağı ve birikim bölgesinin genişleyeceği belirtilmiştir (Bobbink ve ark., 2012).

Avrupa Birliğinin Kentsel Yenilikçi Eylemler (UIA – Urban Innovative Actions) girişimi kapsamında başlatılan CLAIRO projesi, yeşil alanların kapsamlı bir şekilde planlanması yoluyla hava kirliliğinin sistematik olarak azaltılmasını hedeflemektedir. 2021 yılında Çek Cumhuriyeti'nin Ostrava kentinde, Yukarı Silezya metropol alanındaki ve çevresindeki şehirler için bir laboratuvar işlevi görecek ve hava kalitesinin iyileştirilmesi konusunda uzun vadeli bilgi sağlayacak yeni yeşil alanlar oluşturulmuştur. Bu yeşil alanlar, Ostrava'nın en kirli bölgelerinde, bir metalurji tesisinin yakınında yer alan iki alanda tesis edilmiştir. Kullanılan bitki türleri ve bitkisel tasarım, hava kirleticilerinin ve iklim koşullarının ölçümleri dikkate alınarak projelendirilmiştir. Projenin uzun vadeli amacı, bu kentsel yeşil alan laboratuvarında edinilen deneyimlerin diğer yerleşim yerleri ile paylaşılması ve onlara yenilikçi yeşil çözümlerle ilham verilmesidir. Yeşil alan yapısının ve kompozisyonunun ayrıntılı tasarım süreci, 2020 yazında tamamlanmıştır. Bu süreçte, hava filtrasyonunun etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yoğun kanopiler oluşturan ağaç ve çalı topluluklarının oluşturulması hedeflenmiştir. Bitki toplulukları, benzer ekolojik ihtiyaçlara sahip birden fazla türden seçilmiş ve hedef alanlar bitkilerin talep ettiği habitat koşullarına uygun hale getirilmiştir. Türlerin seçiminde, artan kirlilik birikimini destekleyen geniş yaprak yüzeyleri önemli bir kriter olarak belirlenmiştir. Yoğun dallara sahip taç yapısı ve büyük hacimli yeşil yüzeye sahip türlere, ayrıca yıl boyunca kirliliği yakalayabilen her dem yeşil türlere

öncelik verilmiştir. Yeni bitki örtüsü, taç yoğunluğunu ve filtrasyon verimliliğini maksimize etmek amacıyla ağaç, ağaççık ve çalı katmanlarını içermektedir. Ayrıca, hava kirliliğine karşı direnci yüksek türler tercih edilmiştir. Dikilen ağaçlar, sanayi bölgesine yakın iki hedef alanda hava kirliliği ve diğer abiyotik stres faktörlerine maruz bırakılmıştır. Bu ağaçların, hava kirleticilerine ve kirliliğe karşı toleranslarını artırmak amacıyla, toprak ve bitkiler özel preparatlar ile işlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, bu bitki örtüsünün kullanıldığı alanlarda partikül yakalama kapasitesinin başlangıçtaki duruma kıyasla üç katına çıkması beklenmektedir (Anonymous, 2024f).

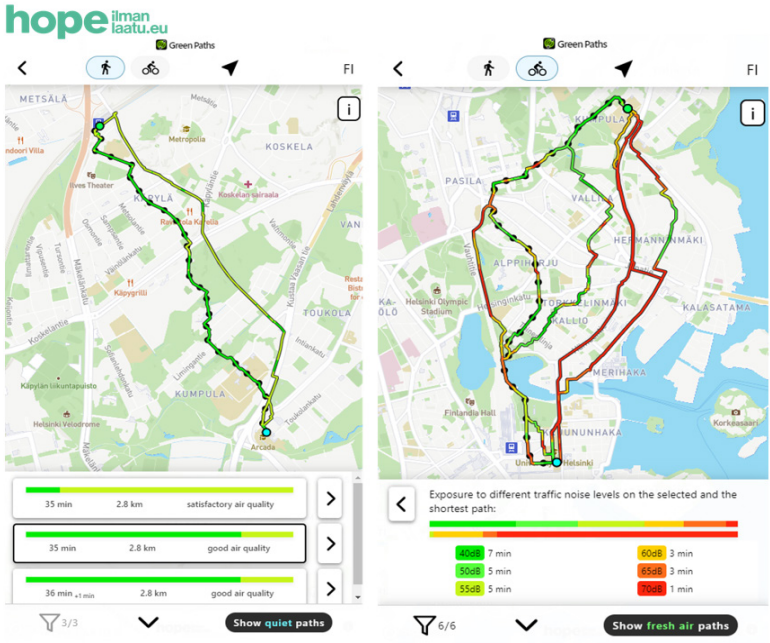
3.5 İnsanları Daha İyi Hava Kalitesine Sahip Bölgeleri Kullanma Konusunda Cezbetmek için Yeşil Alanlardan Faydalanmak

Peyzaj mimarları, kent sakinlerinin daha iyi hava kalitesine sahip kamusal alanlarda daha fazla zaman geçirmelerini teşvik etmek amacıyla yeşil altyapıyı kullanabilirler. Bu tür alanlar, yeşil alanların genişletilmesi veya daha işlevsel hale getirilmesi ile daha davetkar ve konforlu hale getirilebilir. Parklar, insanları kirli alanlardan temiz alanlara yönlendirerek dolaylı yoldan hava kirliliğinden korunmalarına yardımcı olabilir. Trafiğin yoğun olduğu geniş caddelerde, refüj ve kaldırım bölümünde bitki varlığının artırılması ile insanların hava kirliliğinin etkisinden fiziksel ve psikolojik olarak uzaklaşması ve uzakta hissetmesi sağlanabilir (World Economic Forum, 2015; Ferranti ve ark., 2019; Anonymous, 2024g).

Kopenhag'da, Google'ın Hava Görünümü verileri ile Gehl Mimarlık ofisinin, çocuklar ve kreş çalışanlarının günlük hareketlerine dair araştırmalarının birleştirildiği benzersiz bir girişim gerçekleştirilmiştir. Bu girişim, hava kirliliğine maruziyeti azaltmayı ve daha iyi hava kalitesine erişimi artırmayı hedefleyen kentsel tasarım çözümlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. 2013 yılında, Google tarafından kentsel alanlarda sokak bazında hava kalitesini ölçmek amacıyla Hava Görünümü Projesi başlatılmıştır. Bu ölçümler için hava kalitesi sensörleri ile donatılmış Google Street View araçları kullanılmıştır. Bu ayrıntılı ölçümler, hava kirliliği seviyelerinin tek bir şehir bloğu içinde 5-8 kat kadar önemli farklılıklar gösterebileceğini ortaya koymuştur. İlgili araştırmalar, kalp hastalıkları ile sokak düzeyindeki hava kalitesi varyasyonları arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular, hava kirliliğinin hiper-lokal haritalarının, kirlilik seviyelerini azaltmaya yönelik politikaları bilgilendirmede etkili olabileceğini önermiştir. 2018 yılında, Google, Kopenhag'da hava kalitesini ölçmek ve yıllık ortalama sokak bazında harita oluşturmak amacıyla Gehl Mimarlık ofisiyle işbirliği yapmıştır. Gehl, hava kalitesi verilerini, çocuklar ve kreş çalışanlarının günlük hareketlerini analiz ederek uygulamaya koyma

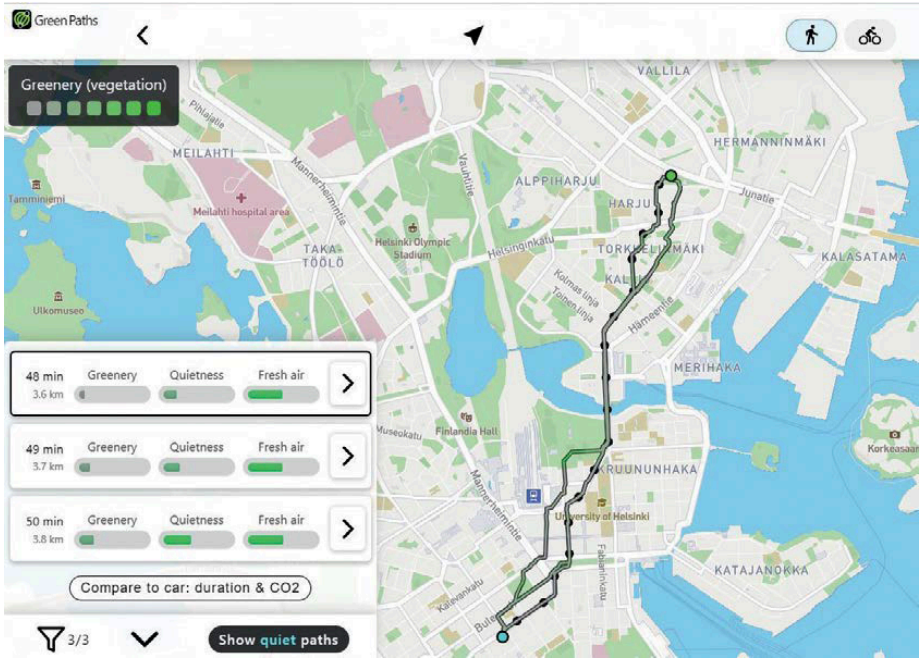
görevi üstlenmiştir. Vesterbro mahallesindeki çocuk bakım kurumları ve oyun alanları haritalanmış, küçük çocukların şehirdeki hareket kalıpları incelenmiştir. Haritalama, birçok çocuğun kötü hava kalitesine sahip sokaklardan geçtiğini ortaya koymuştur. Yüksek trafik ve düşük hava kalitesine sahip Vesterbro'daki bölgeler belirlenmiş ve hava kirleticilerine maruziyeti minimize etme amacı güdülmüştür. Bu alanlar için, Gehl tarafından trafik yavaşlatma önlemleri, park alanlarının kaldırılması ve kirlilik bariyeri olarak yeşil tamponların kurulması önerilmiştir. Aynı zamanda, küçük çocukların daha fazla zaman geçirmeleri teşvik edilecek daha iyi hava kalitesine sahip alanlar da tespit edilmiştir. Bu alanlar için, geniş kaldırımlar ve yeni yeşil alanlar ile çekiciliği artırmak amacıyla, yolları daraltılma ve araç hızlarını azaltma stratejileri geliştirilmiştir (Ferranti ve ark., 2019; Anonymous, 2024g).

HOPE (Healthy Outdoor Premises for Everyone) projesi kapsamında, Helsinki Üniversitesi'nin Dijital Coğrafya Laboratuvarı, Helsinki Metropol Alanı için gerçek zamanlı hava kalitesi verilerine dayanarak yeni bir Yeşil Yollar rota planlayıcısı geliştirmiştir (Şekil 4). Uygulama, kullanıcıların hava kalitesinin düşük olduğu, daha yoğun ve gürültülü sokaklardan kaçınarak hızlı rotalar bulmalarını sağlamaktadır (Anonymous, 2024h; Anonymous, 2024i; Anonymous, 2024j).



Şekil 4. HOPE projesi kapsamında geliştirilen uygulamada iyi hava kalitesine sahip yürüyüş ve bisiklet rotalarını sorgulatma (Anonymous, 2024h).

Uygulama, şu anda Helsinki Metropol alanındaki dört belediyeyi kapsamaktadır: Helsinki, Vantaa, Espoo ve Kauniainen. Çoğu rota planlayıcı, en hızlı veya en doğrudan rotaları sunmakta, ancak estetik veya sağlık ve refahı dikkate almamaktadır. Bununla birlikte, bisiklet sürme ve yürüyüş sırasında olumlu deneyimler, insanların motorlu seçeneklere kıyasla aktif hareketliliği tercih etmelerini teşvik edebilir. Yeşil Yollar rota planlayıcısı, en iyi hava kalitesine sahip, en az gürültüye sahip veya en yeşil sokak manzaralarına sahip bisiklet ve yürüyüş rotalarını bulmaktadır. Uygulama, çevresel maruziyet ve seyahat süresine dayalı olarak rota tercihlerini optimize etmektedir (Şekil 5). Araç, sokak ve patika ağını görüntülemek için topluluk destekli OpenStreetMap veritabanını kullanmaktadır (Anonymous, 2024h; Anonymous, 2024i; Anonymous, 2024j).



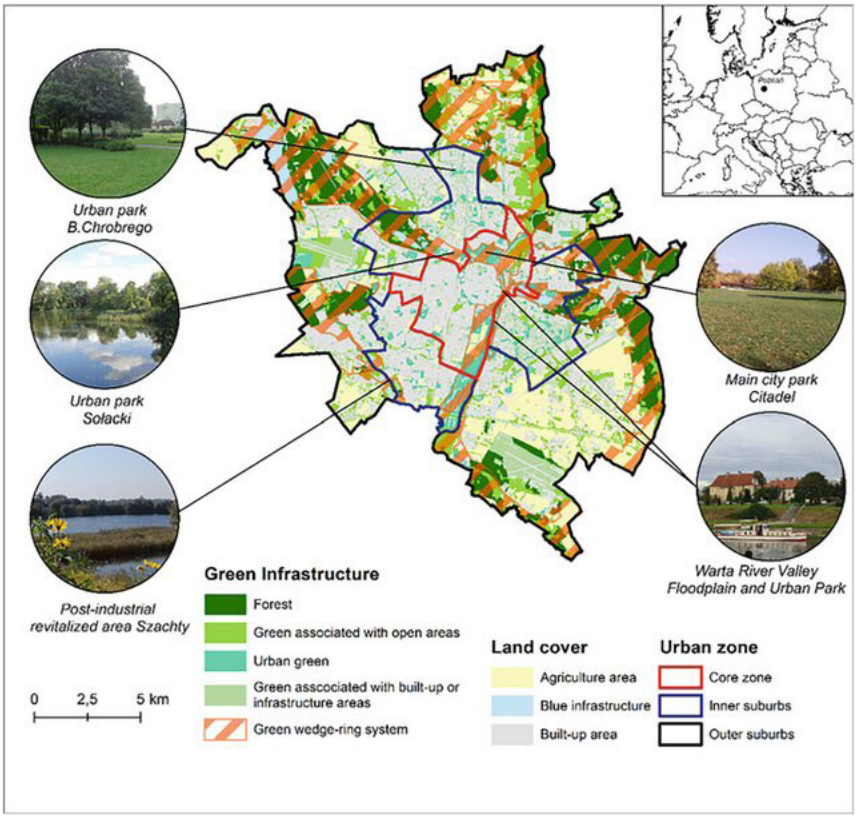
Şekil 5. HOPE projesi kapsamında geliştirilen uygulamada yürüyüş ya da bisiklet rotalarındaki yeşil alan, sessizlik, temiz hava analizlerini sorgulatma (Anonymous, 2024i).

3.6 Ventilasyonu Geliştirmek için Yeşil Alanlar Planlamak

Yeşil koridorlar ve parklar, kentsel doku içinde ventilasyonu teşvik etmekte ve bu sayede hava kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilmektedir. Stratejik kentsel planlama, bir şehirde havanın doğal dolaşımını artırabilir. Doğal rüzgar desenleriyle uyumlu olarak tasarlanan yeşil koridorlar, durağan

hava içinde kirliliği azaltabilecek hava yolları oluşturmaktadır. Bir şehirde ventilasyonun desteklenmesi, geniş lineer parkların yaratılması, stratejik yerlerde (vadiler, tepeler, yamaçlar ve sırt benzeri topoğrafyalar gibi) inşaat yasaklarının uygulanması ve birbirine bağlı parklar ile küçük yeşil alanlar ızgarasının geliştirilmesiyle sağlanabilir. Ventilasyon koridorlarındaki yeşil dokunun daha az yoğun bir düzen içinde dikilmesi, rüzgarın bu alanlardan geçişini kolaylaştırmak açısından önemlidir (Anonymous, 2024j; Anonymous, 2024k; Anonymous, 2024l; Anonymous, 2024m).

Poznań, "wedge-and-ring" yeşil altyapı sistemi olarak tanımlanan iyi bir şekilde geliştirilmiş bir yeşil altyapıya sahiptir (Şekil 6).



Şekil 6. Poznan kentinin yeşil altyapısı (Zwierzchowska ve Stępniewska, 2022).

Yeşil üçgenler, şehrin ana su yolları olan Warta, Cybina ve Bogdanka nehirlerini takip ederek şehir sınırlarını şehir merkeziyle birleştirmektedir. Üçgenlere ek olarak, yeşil altyapı sistemine ait iki yeşil halka bulunmaktadır. İç halka, ortaçağ şehir surları boyunca uzanmaktadır. İkinci halka ise Poznań'ın

eski Prusya tahkimatlarının kalıntıları üzerine kurulmuştur. Bu başarılı yeşil alan düzeni, 1930-1934 yılları arasında mimar ve şehir plancısı Władysław Czarnecki ile botanikçi Adam Wodziczko tarafından geliştirilmiştir. Üçgen sistemin ana amacı, sakinlere rekreasyon fırsatları sağlamak dışında, şehri havalandırmak ve yüzey sularını korumaktır. Bu geniş yeşil ağ, içsel bütünlüğü ve mekânsal bağlantıyı sağlamak, yeşil alanların biçim ve işlevlerinde içsel farklılaşmayı artırmak ve şehrin sınırlarının ötesindeki doğal çevre ile bağlantılar kurmak amacıyla tasarlanmıştır. Üçgenler, şehir merkezinde parklar oluştururken, şehrin kenarlarında kentsel ormanlar, bahçe alanları, meralar ve otlakları bir araya getirmektedir. Bu yeşil alan sisteminin bazı parçaları yapılaşmaya dönüştürülmüş veya yeni yatırımlarla tehdit altına girmiş olsa da, bu uyumlu sistemin varsayımları hâlâ geçerlidir. Poznań'ın mekânsal planlama belgeleri, arazi kullanım planı dahil, yeşil üçgenler ve yeşil halkaları şehrin mekânsal yapısını şekillendiren temel unsurlar olarak belirtmektedir. Açık ve yeşil alanlarla donatılmış olan üçgenler, şehirdeki hava değişimini sağlayarak sirkülasyonu artıran hava koridorları olarak işlev görmektedir. Üçgenler, şehir sınırlarının ötesine uzanarak, kentsel olmayan alanlardan hava temin etmekte ve bu sayede iç şehirdeki kirleticilerin seyreltilmesine etkili bir katkı sağlamaktadır (Wronska-Pilarek ve Malinski, 2008; Raszeja ve Galecka-Drozda, 2015; Zwierzchowska ve Fagiewicz, 2019; Dymek ve ark., 2021).

4. Sonuç ve Tartışma

1972'de Stokholm'de gerçekleştirilen BM İnsan Çevresi Konferansı'nın sonunda yayınlanan bildirinin, pek çok ülkenin anayasasına dahi girmiş maddesi "Her insan sağlıklı bir çevrede yaşama hakkına sahiptir" olmuştur. Ancak bugünün neoliberal politikaları neticesinde, piyasada pek çok markanın konut ve iş yerlerinde kullanılmak üzere hava temizleme makinaları satılmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde yaşayan insanların bu cihazları satın almayı tercih etmesi, daha doğrusu bu kararı vermek zorunda bırakılması, yukarıdaki madde ile çelişmekte ve kapital düzenin sürekli kendini yenilediğinin önemli bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentlerdeki havayı temizleyecek önlemleri alma konusunda o kadar yetersiz kalınmakta ki, böyle cihazların geliştirilme ve pazara sürülme ihtiyacı hasıl olmaktadır. İnsanlar, yaşam alanlarındaki havanın temizlenmesi ile ilgili gerekli önlemlerin alınmasında devlet ya da yerel yönetimlere güvenmeyip, özel şirketlerin ürettiği bu cihazları satın alarak temiz havaya ulaşma gayesi güdebilmektedir.

Temiz hava solumak kişinin en temel hakları arasında olması gerekirken, bu açıdan bakıldığında usulsüz yapılaşma, sanayileşme, kentleşme gibi faktörler nedeni ile havanın kirletilmesi sonucunda kentlerde yaşayan insanların kişilik hakları dahi ihlal edilmektedir. Her ne kadar, konu ile ilgili temel argüman yönetim sistemi ve ekonomik düzene kaysa da bugün bu parametreleri değiştirmek hiç de kolay değildir. O nedenle yapabildiğimiz her şekilde kent ekosistemini güçlendirmeli, hava, su, toprak kirliliği gibi sorunları doğa tabanlı çözümler ile değerlendirmeli, son derece yoğunlaşmış ve doğadan kopmuş kentsel alanları tüm canlıların temiz bir çevrede yaşama hakkı olduğunu idrak ederek yeniden düşünmeliyiz.

Kaynaklar

Abhijith, K. V., Kumar, P. (2019). Field investigations for evaluating green infrastructure effects on air quality in open-road conditions. *Atmospheric Environment,* 201: 132 – 147.

Anonymous, 2024a. Britain's Toxic Air: How Hedging Can Help To Reduce Air Pollution. Channel 4's Dispatches , Hedges Direct Reduced Air Pollution by 53%. https://www.hedgesdirect.co.uk/advice/hedging-reduce-air-pollution. (Erişim Tarihi: 22.09.2024).

Anonymous, 2024b. Air Pollution – Invest Now to Safeguard our Children. Web Sitesi: https://futureclimateinfo.com/air-pollution-invest-now-to-safeguard-our-children/. Erişim Tarihi: 10.10.2024.

Anonymous, 2024c. Sadiq Khan's air pollution project: £1 million scheme will put 'green barrier' plants around London school playgrounds. https://www.standard.co.uk/futurelondon/cleanair/air-pollution-london-sadiq-khan-a4054416.html. (Erişim Tarihi: 12.10.2024).

Anonymous, 2024d. www.waste.uni-stuttgart.de/download/18.pdf. (Erişim Tarihi: 10.10.2024).

Anonymous, 2024e. www.dw.com/en/stuttgart-builds-moss-covered-wall-to-fight-air-pollution/a-37866760. (Erişim Tarihi: 09.09.2024).

Anonymous, 2024f. CLAIRO - CLear AIR and Climate Adaptation in Ostrava and other cities. https://uia-initiative.eu/en/uia-cities/ostrava. (Erişim Tarihi: 19.09.2024).

Anonymous, 2024g. Inviting Londoners to better air quality streets; by Gehl Architects. https://urbandesignlab.in/inviting-londoners-to-better-air-quality-streets-gehl-architects/. (Erişim Tarihi: 24.09.2024).

Anonymous, 2024h. The new Green Path route planner finds the cycling and walking routes with the best air quality. https://www.uia-initiative.eu/en/news/new-green-path-route-planner-finds-cycling-and-walking-routes-best-air-quality. (Erişim Tarihi: 14.10.2024).

Anonymous, 2024i. www2.helsinki.fi/en/researchgroups/digital-geography-lab/green-paths. (Erişim Tarihi: 18.09.2024).

Anonymous, 2024j. Green corridors: Ventilation corridors network, Stuttgart. https://oppla.eu/casestudy/21264. (Erişim Tarihi: 21.09.2024).

Anonymous, 2024j. www.hel.fi/uutiset/en/kaupunginkanslia/new-green-path-route-planner?pd=v. (Erişim Tarihi: 14.10.2024).

Anonymous, 2024k. Stuttgart green corridors. https://wwf.panda.org/wwf_news/?204461/Stuttgart-green-corridors. (Erişim Tarihi: 09.09.2024).

Anonymous, 2024l. Stuttgart: combating the heat island effect and poor air quality with ventilation corridors and green-blue infrastructure. https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/stuttgart-combating-the-heat-island-effect-and-poor-air-quality-with-green-ventilation-corridors. (Erişim Tarihi: 09.10.2024).

Anonymous, 2024m. Green-blue grids make cities sustainable and resilient. https://urbangreenbluegrids.com/. (Erişim Tarihi: 13.10.2024).

Barrett, T. (2019). A hedge could cut air pollution by 50%. https://airqualitynews.com/health/a-hedge-could-cut-air-pollution-by-50/. (Erişim Tarihi: 02.09.2024).

Barwise, Y., Kumar, P. (2020). Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: A practical review for appropriate plant species selection. *Climate and Atmospheric Science*, 3: 12.

Blevin, R. (2019). Plant hedges to combat near-road pollution exposure. https://www.surrey.ac.uk/news/plant-hedges-combat-near-road-pollution-exposure. (Erişim Tarihi: 01.01.2024).

Bobbink, R., Bal, D.V., Dobben, H.F., Jansen, A.J., Nijssen, M., Siepel, H., Schaminée, J.H., Smits, N.A., Vries, W.D. (2012). The effects of nitrogen deposition on the structure and functioning of ecosystems. *Ecol. Appl.* 39 – 79.

Diener, A., Mudu, P. (2021). How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective - with implications for urban planning. *Science of The Total Environment*, 796, 148605.

Dymek, D., Wilkaniec, A., Bednorz, L., Szczepanska, M. (2021) Significance of allotment gardens in urban green space systems and their

classification for spatial planning purposes: A case study of Poznań, Poland. *Sustainability*, 13: 11044.

Ender Altay, E., Pirselimoğlu Batman, Z. (2019). Açık ve Yeşil Alanların Çok Ölçütlü Algı Değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21 (3): 655 – 664.

Ferranti, E., Levine, J., MacKenzie, R. (2019). Role of trees , other green infrastructure in urban air quality. https://www.the-ies.org/analysis/role-trees-and-other-green. (Erişim Tarihi: 11.10.2024).

Gallis, C., Shin, W. S. (2020). Forests for public health. Cambridge Scholars Publishing, ISBN (10) 1-5275-5029-X.

Greater London Authority (2019). Using green infrastructure to protect people from air pollution. https://www.london.gov.uk/sites/default/ files/green_ infrastruture_air_pollution_may_19.pdf. (Erişim Tarihi: 05.09.2024).

Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Humberto Amorim, J., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Le Thiec, D., Niinemets, Ü., Norgaard Mikkelsen, T., Paoletti, E., Tiwary, A., Calfapietra, C. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Front. Ecol. Environ.* 14: 543–550.

Hewitt, C. N., Ashworth, K., MacKenzie, A. R. (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio,* 49: 62 – 73.

Hirons, A., Sjöman, H. (2018). Tree Species Selection for Green Infrastructure: A Guide for Specifiers.Trees, Design Action Group. Issue 1.3/2019.

IES (2022). Role of trees, other green infrastructure in urban air quality. https://www.the-ies.org/analysis/role-trees-and-other-green. (Erişim Tarihi: 10.10.2024).

Isaifan, R. J., Baldauf, R. W. (2020) Estimating Economic and Environmental Benefits of Urban Trees in Desert Regions. *Front. Ecol. Evol.,* Vol. 8 – 2020, https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00016

Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment,* 105: 130 – 137.

Kerr, M. (2024). Pollen Library: Plants That Cause Allergies. https://www.healthline.com/health/allergies/pollen-library. (Erişim Tarihi: 04.09.2024).

Lawson, T., Blatt, M. R. (2014) Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiol.* 164: 1556–1570.

Neft, I., Scungio, M., Culver, N., Singh, S. (2015). Simulations of aerosol filtration by vegetation: Validation of existing models with available lab data

and application to near-roadway scenario. *Aerosol Science and Technology,* 50 (9): 937 – 946.

Nowak, D. J. (1994). Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest," in Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. General Technical Report NE-186, eds McPherson, E. G., Nowak, D. J., Rowntree R. A. (Chicago, IL: US Department of Agriculture, Forest Service), 83–94.

Nowak, D. J. (2020). The Effects of Urban Trees on Air Quality. USDA Forest Service, Syracuse, NY, 1–4.

Pirselimoğlu Batman, Z., Ender Altay, E., Şengül, S., Yıldız, M. C. (2024). Landscape Design Approach in Special Education School. *PLANARCH - Design and Planning Research,* 8 (2): 322 - 333.

Rasul, M.G., Arutla, L.K.R. (2020) Environmental impact assessment of green roofs using life cycle assessment. *Energy Reports,* 6 (1): 503-508.

Raszeja, E., Gałecka-Drozda, A. (2015) Współczesna interpretacja idei poznańskiego systemu zieleni miejskiej w kontekście strategii miasta zrównoważonego. *Studia Miejskie,* 2015, 19, 75-86.

Seyidoğlu Akdeniz, N., Yener, D. (2023). Botanik Parkların Rekreasyonel İşlevlerinin Kullanıcı Katılımı ile Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14 (1): 152-162.

Sönmez, A.C., Zencirkıran, M. (2023). Odunsu Peyzaj Bitkilerinin Stres Faktörlerine Karşı Tolerans Durumlarının Değerlendirilmesi: Ankara-Altınpark Örneği. *D.Ü Ormancılık Dergisi,* 19 (1): 116-137.

Tiwary, A., Williams I.D., Heidrich, O., Namdeo, A., Bandaru, V., Calfapietra C. (2015). Development of multi-functional streetscape green infrastructure using a performance index approach. *Environmental Pollution,* 208 (Pt A): 209-220, doi: 10.1016/j.envpol.2015.09.003.

Traverso, V. (2020). The best trees to reduce air pollution. Web Sitesi: https://www.bbc.com/future/article/20200504-which-trees-reduce-air-pollution-best. Erişim Tarihi: 10.09.2024.

Wang, H., Maher, B. A., Ahmed, I. A. M., Davison, B. (2019). Efficient Removal of Ultrafine Particles from Diesel Exhaust by Selected Tree Species: Implications for Roadside Planting for Improving the Quality of Urban Air. *Environmental Science , Technology*, 53 (12): 6906 – 6916.

Watanabe, Y. (2015) Canopy, leaf surface structure and tree phenology: Arboreal factors influencing aerosol deposition in forests. *Journal of Agricultural Meteorology,* 71(3):167-173.

Wei, X., Lyu, S., Yu, Y., Wang, Z., Liu, H., Pan, D. , Chen, J. (2017). Phylloremediation of Air Pollutants: Exploiting the Potential of Plant Leaves and Leaf-Associated Microbes. *Front. Plant Sci.,* 8:1318. doi: 10.3389/fpls.2017.01318.

World Economic Forum (2015). Why traffic lights are pollution hotspots? Web Sitesi: https://www.weforum.org/agenda/2015/02/why-traffic-lights-are-pollution-hotspots/. Erişim Tarihi: 15.10.2024.

Wronska-Pilarek, D., Malinski, T. (2008). Dendroflora of the Citadel Park in Poznan. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 7 (2): 59-70.

Yener, D.; Seyidoğlu Akdeniz, N., Zencirkıran, M. (2020). Ecological Tolerance and Woody Landscape Plants. In book: Trends in Landscape, Agriculture, Forest and Natural Science, Chapter: 1. Publisher: Cambridge Scholars Publishing. ISBN: 978-1-5275-4300-3. p1 – 21.

Zakrisson, A. (2019). Green Roofs Mitigate Air Pollution. Web Sitesi: https://www.purple-roof.com/post/green-roofs-mitigate-air-pollution. Erişim Tarihi: 12.10.2024.

Zwierzchowska, I., Fagiewicz, K. (2019) Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań. *Land Use Policy,* 85: 161-175.

Zwierzchowska, I , Stępniewska, M. (2022). Green Infrastructure and Social Perception of Its Ecosystem Services Within Spatial Structure of the City – Examples from Poznań, Poland. In book: Human-Nature Interactions. Exploring Nature's Values Across Landscapes. Publisher: Springer. ISBN 978-3-031-01980-7. p221 – 235.