

Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı Yönetimi ile Değerlendirilmesi*

Merve TEMİZ TOPSAKAL, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, mervetemiz@comu.edu.tr, Çanakkale, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6662-4399
Alper SAĞLIK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, alpersaglik@gmail.com, Çanakkale, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1156-1201

Öz

Günümüzde, kentler dünya nüfusunun büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Modern toplumların gelişmesi ve kentlere yönelik göçün kontrolsüz bir şekilde artması kentleşmenin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kentleşmenin artması birçok çevresel felaketi de beraberinde getirmiştir. İklim değişikliği, doğal kaynakların azalması, gıda ve su güvenliği, ekstrem hava olayları gibi sorunlar, kentlerin karşılaştığı önemli zorluklardan sadece birkaçıdır. Küresel çapta artan kentleşme ve çevresel sorunlar, kent planlaması ve altyapı sistemlerinde doğa tabanlı ve çevre dostu yaklaşımlara yönelik arayışları hızlandırmıştır. Araştırmada, doğa tabanlı yaklaşımlardan yeşil altyapı sistemleri ve biyomimikri tasarım yaklaşımı ele alınmıştır. Araştırmaya konu olan yeşil altyapı kavramı ve yeşil altyapı yönetimi olan CLERE açıklanarak biyomimikri tasarım anlayışı ile kurgulanan kentler yeşil altyapı yönetimi açısından incelenmiştir. Araştırmada, kent planlaması, tasarımı ve alt yapı sistemlerinde doğa tabanlı ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi ve uygulanmasının büyük bir önem taşıdığı sonucuna varılmıştır. Kentlerde, yeşil altyapı projelerinin geliştirilmesi ve mevcut altyapının doğa tabanlı projeler ile bütünleşmesi ile ilgili öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Biyomimikrik Yaklaşım, Çok İşlevlilik, Doğallaşma, İklim Krizi.*

Evaluation of Biomimicric Cities with Green Infrastructure Management

Abstract

Today, cities account for a large proportion of the world's population. The development of modern societies and the uncontrolled increase in migration to cities have led to the emergence of urbanization. Increasing urbanization has brought with it many environmental disasters. Climate change, natural resource depletion, food and water security, extreme weather events are just some of the major challenges facing cities. Increasing global urbanization and environmental problems have accelerated the search for nature-based and environmentally friendly approaches in urban planning and infrastructure systems. In this research, green infrastructure systems and biomimicry design approach are discussed. The concept of green infrastructure, which is the subject of the research, and CLERE, which is green infrastructure management, were explained and the cities built with the biomimicry design approach were examined in terms of green infrastructure management. The research concluded that the adoption and implementation of nature-based and sustainable approaches in urban planning, design and infrastructure systems is of great importance. Suggestions have been made regarding the development of green infrastructure projects in cities and the integration of existing infrastructure with nature-based projects.

Keywords: *Biomimicric Approach, Multifunctionality, Naturalization, Climate crisis.*

*Bu çalışma, TR Dizin etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

Extended Summary

Today, the majority of the world's population lives in urban areas and the evolution of modern societies has led to an uncontrolled increase in migration to cities. With the increase in urbanization, climate change has become an important problem of cities. Industrialization and increasing energy consumption have increased the release of greenhouse gases into the atmosphere and led to global warming. This situation has exacerbated weather events such as extreme heat, floods and drought, which are frequently seen in cities, and has disrupted the balance of the climate. The rapid depletion of natural resources is an important consequence of urbanization. Factors such as increasing population and industrial activities, overuse of water resources, deforestation and shrinkage of agricultural areas reduce natural resources. The rapidly growing urban population increases food demand and limits agricultural areas. In addition, the water demand of cities threatens natural water resources, raising concerns about the sustainability of water resources. Cities are testing the resilience of their infrastructure in the face of extreme weather events and are becoming more vulnerable to disasters. Events such as floods, hurricanes and earthquakes seriously threaten people and structures living in urban areas.

The increasing trend of urbanization on a global scale has brought with it various environmental problems. Managing urbanization processes in a planned and sustainable manner is of great importance in minimizing environmental impacts. This situation has significantly increased the need to adopt nature-based and environmentally friendly approaches on urban planning, design and infrastructure systems. Nature-based approaches aim to create a livable and sustainable environment while protecting cities from environmental impacts. This approach is based on principles such as protecting green areas, managing the natural water cycle and supporting biodiversity. It aims to increase environmental sustainability by focusing on targets such as energy efficiency and carbon footprint reduction. Environmentally friendly infrastructure systems play an important role in providing solutions to the environmental damage caused by urbanization. Practices based on the principle of environmental sustainability, such as smart energy management, waste reduction, water saving and recycling systems, aim to minimize the ecological footprint of cities. Such infrastructure systems aim to improve the quality of life of future generations by making cities more resilient and sustainable.

Planning that respects natural ecosystems, is based on sustainability and environmentally friendly technologies can shape the future development of urban areas. In the research, the effects of urbanization on nature-friendly planning, design and infrastructure development processes were examined and the increasing importance of environmentally friendly practices was emphasized. Qualitative research methods were used to explain the importance of nature-based approaches in urban planning and design. Green infrastructure systems, CLERE (Community, Landscape, Ecology, Recreation, Economy), the principles of which are green infrastructure management, and the biomimicry design concept are discussed in detail. In the research, a multifunctional evaluation of cities designed with biomimicry design was made in terms of CLERE green infrastructure management.

Green infrastructure and biomimicry design are gaining increasing attention in order to increase sustainability in urban planning and design, provide solutions to environmental problems and create cities compatible with natural ecosystems. Green infrastructure systems are considered as a concept used to support natural processes in urban areas, increase ecosystem services and ensure environmental sustainability. Green infrastructure elements such as green roofs, rain gardens, and natural water purification systems contribute to sustainable urban development by performing functions such as water management, biodiversity protection and air quality improvement in urban areas. In the research, the CLERE green infrastructure management model, which aims to manage green infrastructure effectively, was examined. This management model evaluates green infrastructure projects from a holistic perspective by bringing together environmental, cultural, economic and social factors. CLERE supports sustainable urban development by considering not only the environmental but also the social and economic contributions of green infrastructure in cities.

Human beings have been interacting with nature since their existence, and the effort to constantly obtain information from nature, understand its functioning and adapt to its functionality continues by establishing an intercultural partnership. Nature-based ecological approaches have introduced design approaches that seek solutions to environmental destruction. Biomimicry, a nature-based approach, is a methodology that shapes the design of human-made systems by taking inspiration from nature. In this context, the research examined what potential biomimicry design has in terms of learning from ecosystems in urban areas and integrating this knowledge into design processes.

The research revealed the effects of the concept of green infrastructure, CLERE Green Infrastructure Management and biomimicry design concept on the sustainability of cities designed together. The environmental, cultural, economic and social dimensions of the CLERE model for effective management of green infrastructure have been evaluated in biomimicry city models. The research concluded that the development of green infrastructure projects and the integration of existing infrastructure with nature-based projects are important for the sustainability and livability of cities.

Biomimicry is an approach to imitating the design, functioning and processes of organisms and ecosystems in nature. This approach aims to develop innovative and environmentally friendly solutions by using perfect harmony and efficient solutions in nature. By integrating biomimicry solutions into green infrastructure systems, environmental sustainability goals can be contributed. Inspired by nature, this approach can reduce the environmental impact of man-made systems, protect natural resources and make our cities more livable. Therefore, greater use of biomimicry approaches in green infrastructure projects will be an important step in leaving a healthier environment for future generations. Recommendations regarding biomimicry aim to minimize environmental impacts and use energy and resources more efficiently by taking inspiration from nature in urban green infrastructure projects. This integrity is important to increase sustainability in the future planning and development processes of cities.

1. Giriş

Kentsel alanlardaki büyüme, arazi kullanımındaki değişiklikler ve kirlilik, çevresel sorunları artırarak, gelecekteki iklim değişikliği ile ilgili öngörülen sistemik zorlukları beraberinde getirmiştir. Bu durum, kentsel nüfus ve yapıyı çevre üzerinde artan bir baskıya işaret etmektedir (Dobardzic, 2021). Kentsel nüfusun artış göstermesi, çeşitli ekonomik gerekçelere bağlı olarak kentler arasında ve kırsal alandan kentlere plansız bir şekilde gerçekleşmektedir. Kentleşme sürecinde plansız gelişmeler ve neden olduğu kontrolsüz büyüme, doğal alanları olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkileşim, ekolojik yapının bozularak doğal alanların tahribatına neden olur. Doğal dengenin bozulmasına neden olan tahribatların kontrol altına alınarak kentleşmenin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi; planlı, kontrollü ve sağlıklı bir kentleşme için büyük bir önem taşır (Ergen, 2005).

Çarpık ve düzensiz kentleşmenin doğal alanlar üzerindeki olumsuz etkileri, hava kirliliği, su kirliliği ve toprak tahribi gibi şekillerde görülmektedir. Bu etkilerden özellikle yeşil alanların yok olması biçiminde kendisini en etkin şekilde gösteren toprak tahribidir. Bir kentin hava ve su kalitesi o kentte bulunan yeşil alanların miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla, bu süreçler birbirini etkileyebilecek şekilde iç içe geçmiş durumdadır (Aksoy & Ergun, 2009).

Kentleşme sürecinin beraberinde getirdiği yerleşim yerleri, konut problemi, nüfus artışı, kent ve kentliye sunulan hizmetler ve alt yapı gibi unsurlar, fiziksel mekânları ve yeşil alanları tehdit etmektedir. Bu durum, doğal ekosistemlerin zarar görmesiyle birlikte çevresel sorunlara ve insan sağlığını tehdit eden bir dizi sorunun ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu tehditleri engellemek ve daha sağlıklı, yaşanabilir kentler inşa etmek amacıyla sürdürülebilir kentsel gelişme anlayışı ortaya çıkmıştır. Kentlerde, sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre oluşturabilmek için, yeşil alan ihtiyacında artış gözlenmektedir. Bu ihtiyaç, kentlerin sadece fiziksel gelişimi değil, aynı zamanda insanların genel yaşam kalitesini artırma amacını da içermektedir (Karataş & Kılıç, 2017). Uygulayıcılar ve yöneticiler tarafından geliştirilip yönetilen yeşil alanlar, yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde ve kentsel çevrelere fayda sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanlar, kentleri daha yaşanabilir hale getirmeye yardımcı olmakta ve insanlara dinlenme, spor yapma ve sosyalleşme fırsatları sunmaktadır (Akpınar, 2019).

Sürdürülebilir kent yönetimleri perspektifinden ele alındığında, yeşil alanların varlığı, birçok fayda sağlamaya yönelik büyük bir öneme sahiptir. Yeşil alanlar, kentsel planlama süreçlerinde öncelikli bir yer tutarak sürdürülebilir kent yönetimlerinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilir (Özdemir & Özkaynak, 2023). Kent planlama ve tasarım sürecinde doğal alanların korunması ve yeni yeşil alanların oluşturulması için etkili politika ve stratejilerin geliştirilmesi benimsenmektedir. Bu stratejilerden öne çıkan, doğal ve kültürel süreçleri destekleyen yeşil altyapı sistemleri, kent içerisinde bütünlük sağlayarak doğal sistemlerin sürekliliğini sağlar.

Yeşil altyapı, çeşitli ekosistemlerin korunması, biyoçeşitliliğin desteklenmesi ve ekolojik dengeyi sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Korunan alanların çeşitliliği, doğanın sunduğu çeşitli ekosistem hizmetlerini sağlamak ve toplum refahını artırmak için önemlidir. Bu kapsamda, yeşil altyapı, sadece doğal peyzajları değil aynı zamanda insan etkileşimindeki alanları içererek sürdürülebilir bir kentleşme stratejisi sunar. Yeşil altyapı unsurları arasındaki bu çeşitlilik, planlamacıların ve karar vericilerin kentsel gelişmeleri, doğal çevreyle uyumlu bir şekilde yönlendirmelerine ve çeşitli ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak tanır (Benedict & McMahon, 2006).

Kentsel yeşil alan sistemlerini tutarlı bir planlama varlığı olarak güçlendirmek amacıyla geliştirilen yeşil altyapı, kentlerin sürdürülebilirliği ve yaşanabilirliği açısından önemli bir stratejidir. Yeşil altyapı, tüm yeşil alanların bütünleşmiş bir ağ olarak planlanması ve yönetilmesini hedefler, böylelikle kent ekosistemlerinin korunmasını amaçlar (Sandström, 2002). Yeşil altyapının dinamik bir şekilde planlanması, kentsel gelişimi yönlendirmeden önemli bir potansiyele sahiptir. Bu gelişim ekonomik büyüme ile birlikte doğa koruma arasında bir denge oluşturabilir (Van der Ryn & Cowan, 1996).

Son yıllarda, iklim değişikliği dünya genelinde belirgin şekilde hissedilmekte ve çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Bu durum, özellikle suyun yönetimi gibi kritik alanlarda, yeşil altyapı

sistemlerini yeniden değerlendirme ihtiyacını gündeme getirmiştir. İklim değişikliği etkileriyle başa çıkabilmek için, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve çevresel dengeyi koruyacak altyapı sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Yeşil altyapının yaygınlaşması ve bu anlayışın benimsenmesinde sadece fiziki planlamalar değil, aynı zamanda toplumun sosyal dinamikleri ve ekonomik gereksinimlerini de dikkate alan bir yaklaşım benimsenmelidir. Toplumların bilinçlendirilmesi, eğitim faaliyetleri, ekonomik teşvikler ve politika düzenlemeleri, yeşil altyapının başarılı bir şekilde uygulanması için önemli unsurlardır (Özmen, 2020). Bu noktada, yönetsel çerçevenin yeniden şekillendirilmesi önemli bir konudur. İklim değişikliğiyle mücadelede etkili olabilmek için, yerel yönetimlerin, ulusal ve uluslararası kuruluşların işbirliği içinde çalışması gerekmektedir (Parlak & Partigöç, 2022). Yerel düzeyde alınan kararlarla başlayan bu süreç, ulusal ve uluslararası düzeyde koordineli politika ve stratejilerle desteklenmelidir. Bu stratejilerden biri doğa tabanlı çözümlerdir. Kentlerin yeniden doğallaşması amacıyla doğa tabanlı yeşil altyapı uygulamaları, kente ve kentlilere birçok fayda sağlar. Bu bağlamda araştırma, sürdürülebilir kentsel gelişimi sağlayan yeşil altyapı kavramı ve yönetimini benimseyerek yeşil altyapı uygulamalarında doğa tabanlı çözümlerin nasıl kullanıldığını öğrenmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, yeşil altyapı sistemleri ve biyomimikri tasarım yaklaşımı gibi doğa temelli stratejiler ele alınmıştır. Biyomimikri tasarım prensipleriyle şekillendirilen kentler, yeşil altyapı yönetimi olan CLERE (Community, Landscape, Ecology, Recreation, Economy) kapsamında incelenmiştir. Sonuç olarak kent planlaması, tasarımı ve altyapı sistemlerinde doğa temelli ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi ve uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır. Kentlerde, yeşil altyapı projelerinin geliştirilmesi ve mevcut altyapının doğa tabanlı projeler ile bütünleşmesi ile ilgili öneriler getirilmiştir.

2. Kavramsal Çerçeve

Bu kısımda, çalışmanın kavramsal çerçevesine yönelik bilgiler bulunmaktadır.

2.1. Yeşil Altyapı

Yeşil altyapı kavramı, çevresel kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve kentleşme süreçlerinin ekosistemlere minimum etki ile gerçekleştirilmesi hedefi olarak ortaya çıkmıştır. Yeşil altyapı, doğal kaynakların korunmasına odaklanırken aynı zamanda toplumların çevresel bilinçlenmesini artırmayı amaçlamaktadır (Shakouri, 2006).

Yeşil altyapı, sürdürülebilir toplumların sağlığı ve yaşam kalitesinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilen, doğal ve ekolojik süreçleri destekleyen hem yeni hem de mevcut hem kırsal hem de kentsel çok işlevli yeşil alan ağlarının bütünüdür (Natural England, 2009). Yeşil altyapı kavramı, kentsel ve kırsal alanlarda biyoçeşitliliği destekleyerek, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve ekosistem hizmetlerinin etkin bir şekilde kullanılması üzerine odaklanmaktadır. Bu çerçevede yeşil altyapı, doğanın sunduğu faydaları en üst düzeye çıkarmayı ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlayan kapsamlı bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Tülek & Ersoy Mirici, 2019).

Biagini vd. (2014), iklim değişikliğine uyum sürecini ele aldığındaki yeşil altyapıyı “iklim tehlikelerine karşı doğrudan veya dolaylı koruma sağlamayı amaçlayan her türlü yeni veya geliştirilmiş doğal altyapı” olarak tanımlamaktadır. Yeşil altyapı stratejileri, iklim değişikliğine bağlı risklere karşı toplumları güçlendirmek ve ekosistemlerin dayanıklılığını artırmak için önemli araçlar sunar. Bu doğal altyapı önlemleri, sadece iklim değişikliğinin olası sonuçlarından oluşabilecek tehlikelerini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda ekosistem hizmetlerini iyileştirerek çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Bu nedenle, yeşil altyapı, iklim değişikliğiyle mücadelede ve uyum sürecinde etkili bir strateji olarak önemini korur.

Yeşil altyapı, kentsel alanlarda çeşitli ekosistem hizmetlerini güçlendirmeyi ve sürdürülebilir kent gelişimini teşvik eder. Yeşil ve mavi alanların entegrasyonu, doğal çevre unsurlarını koruma, su yönetimi, iklim değişikliği adaptasyonu ve rekreasyon gibi çeşitli amaçları birleştirerek holistik bir yaklaşım

benimser. Bu sayede, biyoçeşitlilik korunarak ekosistem sağlığı desteklenir, yeşil ekonominin temelleri atılır, toplumsal ve kültürel açıdan olumlu etkiler elde edilir (Yaralıoğlu & Asilsoy, 2021).

Kentsel yeşil altyapı, çeşitli kentsel sorunları çözmek ve fayda üretmek amacıyla tasarlanır. Günümüzde, artan çevresel tahribatın beraberinde getirdiği sorunlarla mücadele etmek için, çeşitli çevresel ve sosyal faydalar içeren çözümlere yönelik ihtiyaç artmıştır. Kentsel yeşil altyapı odaklı çözümler, kentsel alanların daha dayanıklı, sağlıklı ve sürdürülebilir bir geleceğe doğru evrilmesini destekleyen çeşitli faydaları içermektedir (Braubach vd., 2017). Bu bağlamda, kentsel yeşil altyapı, sürdürülebilir ve sağlıklı kent yaşamını desteklemek adına önemli bir stratejik araç olarak öne çıkmaktadır.

2.2. Yeşil Altyapı İlkeleri

Tasarım ve yönetim süreçleri, bir alanın karakterini ve ayırt ediciliğini vurgulayarak habitatlar ile peyzaj türlerini geliştirmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, yeşil altyapının etkin bir biçimde toplulukları desteklemesi ve ekosistem hizmetleri ile yaşam kalitesi avantajlarını sağlaması açısından önemlidir. Yeşil altyapı, içerdiği yeşil alanları yapıyı çevrenin içinden geçirerek onu çevrelemeli ve kentsel alanı daha geniş kırsal alana bağlamalıdır. Böylelikle, hem yerel topluluklar içindeki erişilebilir doğal yeşil alanları hem de genellikle kentsel sınırlarda ve daha geniş kırsal alanlarda büyük alanları barındırarak, alt bölgeden yerel mahalle düzeylerine kadar tüm mekânsal ölçeklerde sunulmalıdır (Natural England, 2009).

Yeşil altyapının değerlendirilmesinde, sadece ekolojik katkılar değil, aynı zamanda bu katkıların nitelik ve miktar yönünden detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamlı değerlendirme, yeşil altyapının çeşitli yönlerini anlamak ve planlama süreçlerinde daha etkili hedefler geliştirmek için önemli bir adımdır (Coşgun, 2022). Bu nedenle yeşil altyapı planlama ilkeleri (Li vd., 2005; Gülgün Aslan & Yazici, 2016; Pauleit, 2019) Şekil 1’de gösterilmiştir.

İlkeler	Hedefler
Çok İşlevlilik	<ul style="list-style-type: none">• Çok çeşitli ekosistem hizmetlerini (abiyotik, biyotik) kapsamalıdır.• Kültürel yapıda olmalıdır.• Farklı işlevleri kullanımları bir araya getirilmelidir.• İşlevler ve kullanımlar arasında önceliklendirme yapılmalı, kapsamlı analizler ve paydaşların katılımı yoluyla net hedefler koyulmalıdır.• Yeşil alt yapının çok yönlü işlevleri konusunda toplum bilinci artırılmalıdır.
Bağlantılılık	<ul style="list-style-type: none">• Yeşil alanlar arasında çeşitli ölçeklerde ve farklı perspektiflerde rekreasyon, biyo-çeşitlilik, kent iklimi, yağmur suyu yönetimi, fiziksel ve işlevsel bağlantılar kurulmalıdır.• Kentsel yeşil alanların kaynakları ve işlevleri üzerine yapılacak olan analizlere dayanmalıdır.
Entegrasyon	<ul style="list-style-type: none">• Kentsel alt yapının diğer alt yapılar ile fiziksel ve işlevsel ilişkiler bağlamında bir bütün olarak ele alınması sağlanmalıdır.• Farklı meslek grupları, idari birimler ve diğer paydaşlar arasında müzakere ve iletişime dayanan ilişkilerin kurulması sağlanmalıdır.
İletişim ve Sosyal içerikli süreç	<ul style="list-style-type: none">• Tüm paydaşların gereksinimleri karşılanmalıdır.• Gerek kamu gerekse özel sektörde yer alan farklı mesleklerden uzmanlar arasında işbirliği sağlamak yoluyla, ilgili paydaşları karar verme süreçlerine dahil edilmelidir.
Uzun vadeli bir strateji	<ul style="list-style-type: none">• Sürdürülebilir gelişim kavramı çerçevesinde ele alınmalıdır. Kısa vadeli ekonomik kazançlar yerine uzun vadeli çıkarları gözetmelidir.• Paydaşlar arasında fikir alışverişi ve karşılıklı öğrenme süreçlerine olanak sağlanmalıdır.

Şekil 1. Yeşil Altyapı Planlaması İlkeleri (Li vd., 2005; Gülgün Aslan & Yazici, 2016; Pauleit, 2019)

2.3. Yeşil Altyapı Yönetimi ve Uygulamaları

Natura England (2009), yeşil altyapının sadece rekreasyonel kullanım değil, aynı zamanda çeşitli peyzajların sunduğu ekosistem hizmetleri aracılığıyla toplum sağlığı, doğal kaynakların korunması ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol oynayabileceğini ifade etmiştir. Bu çerçevede, yeşil

altyapının geniş bir perspektifte ele alınması, kentsel planlama, tasarım ve çevre yönetimi stratejilerinde daha kapsamlı ve sürdürülebilir bir yaklaşımın benimsenmesini teşvik edebilir.

Yeşil altyapı planlamasında Şekil 1’de ifade edildiği gibi çok işlevlilik ve bağlantılılık ilkeleri kentsel ve kırsal alanları bir bütün şekilde ele almaktadır. Yaşadığımız çevrede meydana gelen bir oluşum toplumu, yapılı çevreyi, ekosistemleri, bölgenin peyzajlarını ve ekonomiyi çok yönlü olarak ilgilendirir. Bu nedenle yeşil altyapı ilkeleri arasında yer alan çok işlevlilik, bu yaklaşımın merkezinde yer alır. Yeşil altyapı, geniş ekosistem hizmetleri sunma potansiyeli, yeşil altyapının çeşitli işlevlere sahip olabileme kapasitesini içerir. Her bir saha veya güzergâh tek başına çok işlevli olabilirken, sahalar ve güzergâhlar birleştirildiğinde tam anlamıyla çok işlevli bir yeşil altyapı ağı ortaya çıkar. Tablo 1, tek bir alanın veya bölgenin nasıl çeşitli yeşil altyapı işlevleri sağlayabileceğini göstermektedir.

Tablo 1. Yeşil Altyapıda Çok İşlevlilik (Natural England, 2009)

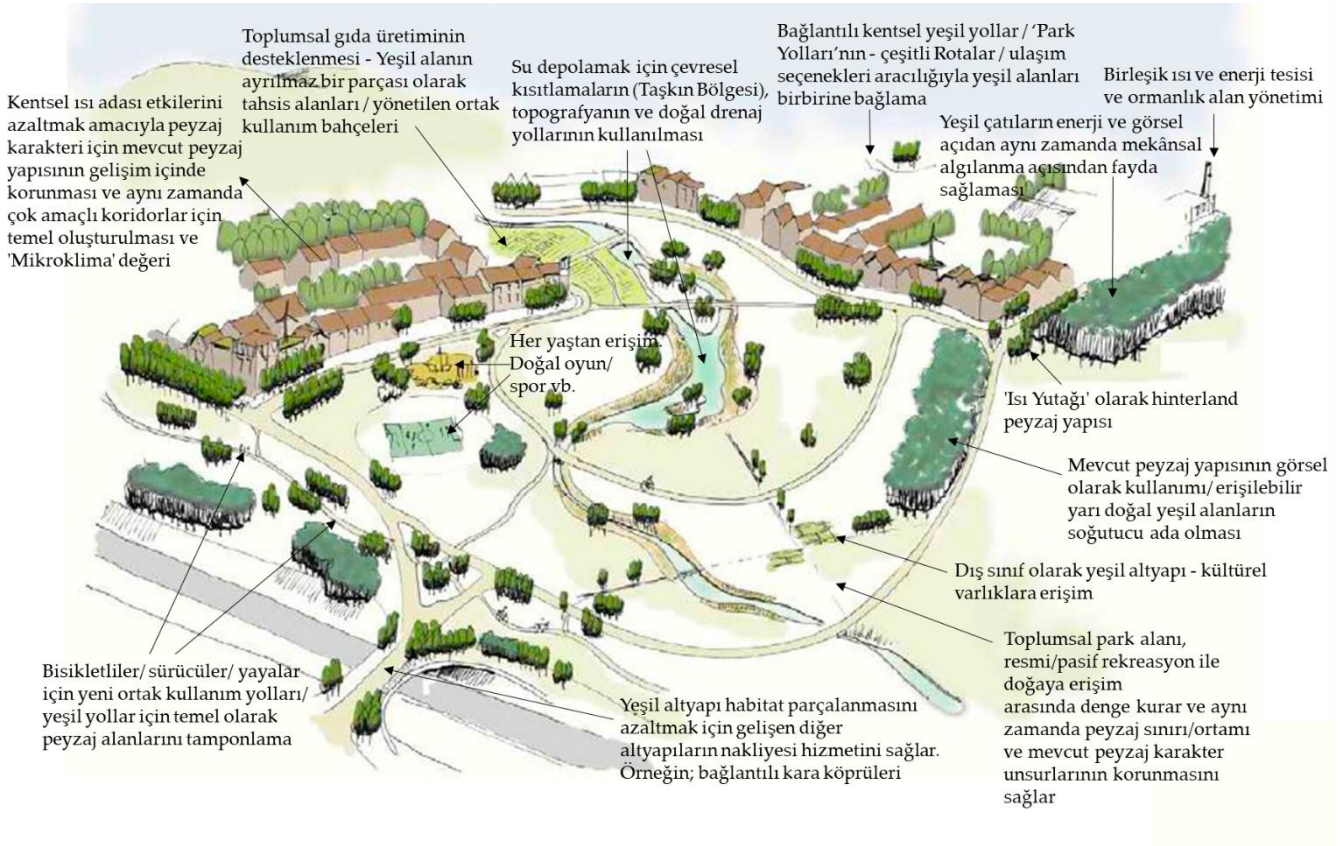
Çok İşlevli Yeşil Altyapı Çalışmaları	
Habitat sağlanması ve doğaya erişim	Erişim, rekreasyon, hareket ve eğlence
Peyzaj düzenlemesi ve bağlam	Taşkın azaltma ve su kaynağı yönetimi

Bir peyzaj terimi olarak yeşil altyapı, doğal kaynakları ve sağlığı birbirine bağlamaya, yaşam kalitesini artırmaya, kentsel yayılmayı sınırlandırmaya ve çevre sorunlarını çözmeye yönelik bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. İnsanlar, yaban hayatı ve kentsel ortamın bir bütünü için çeşitli işlevleri bir araya getirme potansiyeli sağlayan peyzajın işlevselliği, özellikle, kentsel planlama ve gelişim stratejilerinde önemli bir etmendir (Ling, Handley & Rodwell, 2007). Birçok araştırmacı, kentsel alanlarda çok işlevliliği ekolojik, ekonomik, sosyo-kültürel, tarihsel ve estetik olmak üzere beş temel peyzaj işlevini kapsayacak şekilde tanımlamıştır (Şekil 2).



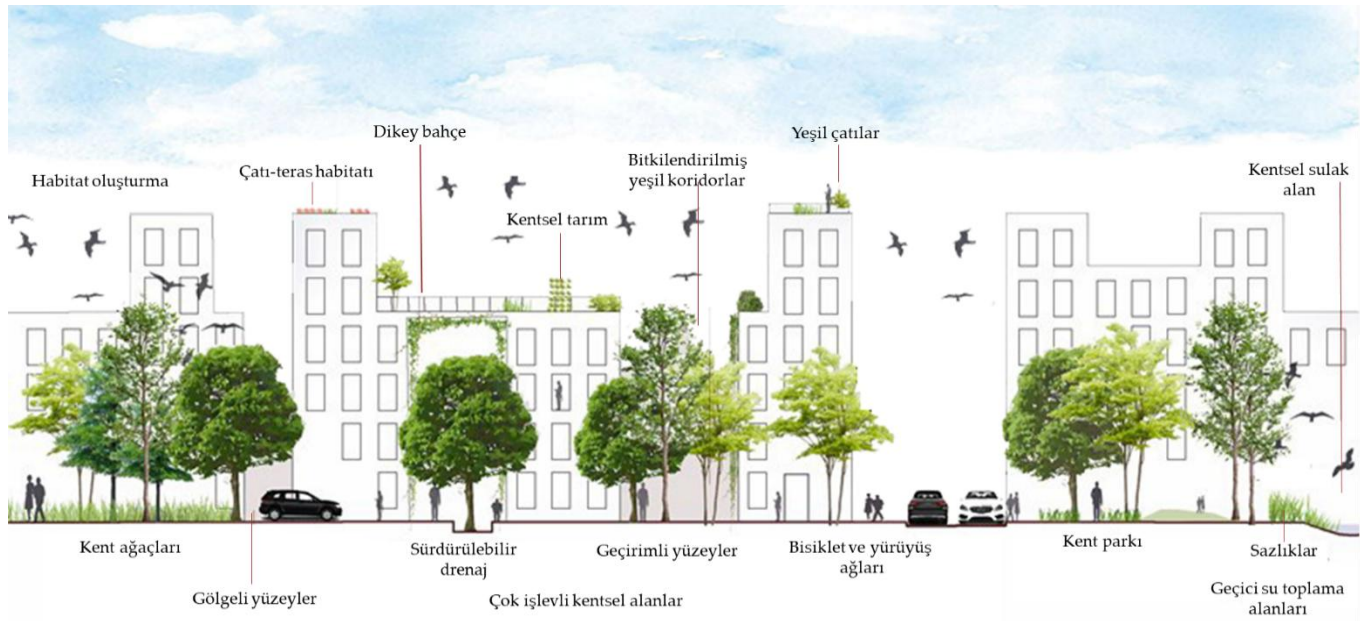
Şekil 2. Kentsel Alanlardaki Beş Temel Peyzaj İşlevi (Ling, Handley & Rodwell, 2007)

Natural England (2019), yaşam, yerleşim, üretim, rekreasyon ve farklı deneyim alanlarını ekolojik sürdürülebilirliği ve toplum yararını sağlayabilmek için ekosistem üzerinde bir bütün ve birbirine bağlantılı olarak Şekil 3'te çok işlevli bir yeşil altyapı kurgusu sunmuştur.



Şekil 3. Çok İşlevli Yeşil Altyapı Kurgusu (Natural England, 2009'dan değiştirilerek)

Cities Alive (2023), hızla artan kentleşmenin, kent alanlarının sınırlı kaynaklarını ve doğal ekosistemlerini zorladığını belirtmiştir. Bu bağlamda, kentsel alanlarda sürdürülebilirlik ve çevresel dengeyi sağlamak amacıyla çeşitli yeşil altyapı uygulamaları geliştirilmektedir. Bu uygulamalardan biri de dikey bahçeler, kent tarımı alanları, gölgeli yüzeyler, kentsel sulak alanlar, kent parkları, yeşil çatılar, drenaj sistemleri ve sürdürülebilir ulaşım planlaması gibi unsurları içeren bütüncül bir yeşil altyapı yaklaşımıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Kentsel Alanlarda Yeşil Altyapı Entegrasyonu (Cities Alive, 2023'den değiştirilerek)

2.3.1. Yeşil Altyapı Yönetimi İçin Çok İşlevli Bir Model: CLERE

CLERE, yeşil alanlarda gelişmiş yönetim yapıları ve uygulamalarının inceleneceği bir çerçeve olarak uyarlanmıştır. Birçok araştırmacı, ekolojik, ekonomik, sosyo-kültürel, tarihi ve estetik işlevleri temel olarak peyzaj tasarım ve planlamalarının çok işlevli bir prensip içerdiği görüşünü belirtmiştir. CLERE, birlikte yönetilen yönetimde gerekli görülen beş farklı işlevi temsil eder. Bu beş temel işlev, kentsel yeşil alanlarda koruma hedeflerini temel amaç olarak kabul eder ve her bir işlev, toplumların refahı, kültürel ve eğitim ihtiyaçları ile bağlantılıdır. CLERE modeli, yöneticilere yönetim süreçlerindeki eksiklikleri tanımlama ve yönetim yapılarını, süreçlerini daha çok işlevli hale getirme yeteneği sağlar. Yöneticiler, CLERE modelini kullanarak mevcut süreçlerdeki zayıf noktaları belirleyebilir ve bu noktalara odaklanarak daha etkili yönetim stratejileri geliştirebilirler (Barber, 2005).

CLERE modeli, Topluluk, Peyzaj, Ekosistem, Rekreasyon ve Ekonomi olmak üzere beş farklı kavramı birleştirerek çok işlevliliği sağlamıştır. Önemli bir şekilde, bu model, stratejilerin geliştirilmesine, kamu kullanım modellerinin belirlenmesine ve yönetimde çok işlevli faydalar elde etme ihtiyacına yönelik çeşitli yaklaşımlar sunar (Shi, 2013). “Topluluk” odaklı bir perspektif, kentsel planlama ve yönetimde sosyal sürdürülebilirlik amacını taşıırken, “Peyzaj”, doğal çevrenin korunması ve estetik değerlerin artırılması için önemli bir rol oynamaktadır. “Ekosistem” boyutu, biyoçeşitliliği destekleme ve ekosistem hizmetlerini güçlendirme amacını taşıırken, “Rekreasyon”, insanların dinlenme ve eğlenme ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir. “Ekonomik” boyut ise, sürdürülebilirlik prensiplerine dayalı olarak ekonomik fayda sağlama amacını taşır.

Topluluk (Community)

Planlama, tasarım ve yönetim sürecinde toplulukları dâhil etmek, temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. CLERE modeline göre, yeşil alanların toplum gelişimi ve refahı üzerindeki etkileri çok boyutlu bir yaklaşımla değerlendirilir. Toplum katılımı, yeşil alanların tasarlanması, planlanması ve yönetilmesinde önemli bir etmendir. Bu katılım, yerel halkın ihtiyaçlarının ve tercihlerinin dikkate alınmasını sağlayarak yeşil alanların daha etkili ve sürdürülebilir olmasına olanak tanır. İnsanların yapılı çevredeki mekânları kullanması toplumsal etkileşimi artırır. CLERE modelinde, toplumun katılımı ve etkileşimi, toplumun önceden belirlenmiş ihtiyaçlarını ve değerlerini dikkate alma sürecini vurgular. Yöneticilere, toplum etkinliklerini destekleme, gönüllülüğü teşvik etme, kuşaklar arası etkileşimi teşvik etme gibi yönetim kalitesini artırma önerilerinde bulunur. Bu yaklaşım, toplulukların yeşil alanları kullanımı üzerindeki etkilerini anlamak ve toplumun yaşam kalitesini artırmak açısından önemlidir (Shi, 2013).

Peyzaj (Landscape)

Yeşil alanlar, mikro ve makro ölçekte geniş kentsel ve kırsal alanlarda çeşitli ekosistem hizmetleri sunarak biyolojik çeşitliliği destekler. Bu alanlar insanlara, yeryüzü üzerinde huzur ve konfor sağlar. CLERE modeli içinde, yeşil alanların sunduğu peyzaj, kültürel anlamda değerlendirilir ve “korunacak manzara” olarak kabul edilir. Yeşil alanlar, kültürel ve tarihi özellikleri barındırma potansiyeli olduğu için bir topluluğun geçmişine, mirasına ve kimliğine bağlı olarak şekillenir. CLERE modeli, bu kültürel bağlamı vurgulayarak, yeşil alanların sadece fiziksel bir çevre olmanın ötesinde, bir topluluğun kültürel ve tarihi mirasının bir parçası olarak görülmesini destekler. CLERE modeli, peyzajın yeşil alanlarda sadece tek bir işlevle sınırlı olmadığını açıklar. Çeşitli peyzaj fonksiyonlarını birleştiren bir özellik olarak kabul edilir. Yeşil alanlar, kültürel ve estetik peyzaj hizmetleri sunmaktadır (Barker, 1997; Shi, 2013).

Ekoloji (Ecology)

Yeşil alanların ekolojik yönden önemli bir işlev olduğu düşünülmektedir. CLERE modeli, kentsel yeşil alanların yaşam alanı sağlama, ekosistem hizmetleri sunma (örneğin toprak filtreleme, su temini ve tarımsal üretim) ve kentsel ekosistemde çeşitli rolleri üstlendiğini göstermektedir. Barber’ın (2005) belirttiği gibi, çok işlevli peyzajlar, doğal kaynakları ve ekosistemleri koruma amacı ile birlikte çeşitli toplumsal ve çevresel faydalar sunar. Taşkın su kontrolü ile kentsel alanlardaki su yönetimini optimize

eder, kentsel sıcaklık ve nem düzenlemesi ile mikro iklimleri iyileştirir ve hava ile su kaynaklı kirliliği azaltarak çevresel kaliteyi artırır. Aynı zamanda bu peyzajlar, biyoçeşitliliği destekleyerek doğal yaşam alanlarını korur. Dolayısıyla, ekolojik yönden bakıldığında, peyzaj tasarımı ve yönetimi potansiyel olarak üretimi artırmanın yanı sıra ekolojik fonksiyonları güçlendirmeli ve peyzajın sürdürülebilirliğini artırmalıdır (CIWEM, 2010; Shi, 2013).

Rekreasyon (Recreation)

Yeşil alanlar, halk sağlığına olumlu etkiler sağlayabilen rekreasyonel bir kaynak olarak değerlendirilirken mekân olarak rekreasyon ve kimliklendirme alanı olarak kabul edilir (Brandt vd., 2000). Bu alanlar, kullanıcılara geniş bir rekreasyonel aktivite imkânı sağlar. Etkinlikleri düzenlemek, sporu teşvik etmek ve sağlıklı yaşam tarzlarını desteklemek, yönetim süreci aracılığıyla eğlence işlevini geliştirmek açısından önemli konuları içerir. Yeşil alanlar doğal, tarihi ve kültürel özellikleri bünyesinde barındırarak kullanıcılara çeşitli deneyimler sunar. Bu yeşil alanlar, kent sakinlerine açık hava aktiviteleri yapma, sporlarla uğraşma ve dinlenme fırsatları sağlar. Bu sayede, toplumsal sağlığın iyileştirilmesine ve sosyal dışlanmanın azaltılmasına katkıda bulunur (Barber, 2005; Shi, 2013).

Ekonomi (Economy)

Yeşil alanlar, turizm, tarım, emlak ve sağlık sektörleri gibi çeşitli alanlarda ekonomik faaliyetlere teşvik sağlayarak yerel ekonomiye önemli katkılarda bulunur. Bu ekonomik işlev, hem akademik hem de pratik araştırmalarda çeşitli peyzaj çalışmalarında tanınmıştır ve çok işlevli planlamada öne çıkan bir konu olarak değerlendirilmiştir (Fry, 2001; CIWEM, 2010; Shi, 2013). Yeşil alanların kalitesi yerel alana birçok ekonomik fayda sağlayabilir (ekonomi, artan emlak fiyatları ve vergilendirilebilir kentsel varlık tabanının değeri gibi). Yeşil alanların kalitesi, bölge ekonomisinin canlanması, emlak fiyatlarının artışı ve vergilendirilebilir kentsel varlık tabanının değerindeki artış gibi birçok ekonomik fayda sağlayabilir. Ekonomik boyut, yeşil alanların diğer işlevleri ile doğrudan bağlantılıdır. Örneğin, yeşil alanların rekreasyonel kullanımı, üretkenliği artırabilir ve yerel ekonomiye daha fazla yatırım çekerek kariyer fırsatlarını artırmak için bir yer hissi oluşturabilir (Barber, 2005; Shi, 2013).

2.4. Doğa Tabanlı Yaklaşım

Günümüzde, çevresel, sosyal ve ekonomik zorluklarla karşılaşan insanlar arasında doğallaşma sürecine dair artan bir farkındalık gözlemlenmektedir. İnsanoğlu, çeşitli nedenlerle ortaya çıkan çevresel tahribatları düzeltmek ve doğaya geri dönmek amacıyla çeşitli planlama ve tasarım yaklaşımları benimsemiştir. Bu yaklaşımlardan biri doğayı esas alan doğa tabanlı yaklaşımlardır. Doğa tabanlı yaklaşımlar, çevresel sürdürülebilirlik ile uyumlu stratejiler sunarak insan etkileşimlerini daha dengeli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu stratejiler, ekosistem hizmetlerine dayalı olarak tasarlanmıştır ve doğal kaynakları koruma, biyoçeşitliliği artırma, iklim değişikliği ile mücadele etme gibi hedeflere odaklanmaktadır. Aynı zamanda, doğa tabanlı çözümler, yerel toplulukların ve ekonominin sürdürülebilirliğini destekleyerek sosyal boyutta olumlu etkiler sağlamaktadır (Eggermont vd., 2015).

Doğa tabanlı yaklaşım, biyolojik çeşitliliğin ve ekosistemlerin korunmasını, geliştirilmesini, restorasyonunu ve aynı anda birden fazla sorunu ele alan bir yöntemdir. Konuyla ilgili “ekosistem tabanlı adaptasyon”, “yeşil altyapı”, “ekosistem tabanlı afet riskinin azaltılması” ve “doğal su tutma önlemleri” gibi yaklaşımlar literatürde önemli yer tutmaktadır. Bu yaklaşımlar, genellikle birbirini tamamlayıcı nitelikte olup, önemli ölçüde birbirleriyle örtüşmektedir. Tüm bu terimler, çevresel baskı ve riskleri ele almak için çözüm olarak sistemik yaklaşımlar geliştirmeye odaklanır (Everard & McInnes, 2013). Doğa tabanlı çözümler, insan yapımı müdahaleleri en aza indirgeyerek doğal ekosistemlerin sağladığı hizmetleri kullanmayı ve yeniden oluşturmayı sağlarlar. Bu tür çözümler, biyoçeşitliliği koruma, suyun temizlenmesi, sel ve taşkın riskini azaltma, iklim değişikliği ile mücadele etme ve toprak verimliliğini artırma gibi konularda etkili olurlar (Kaçmaz, 2021).

Doğal ekosistemler, evrimsel süreçler sonucunda geliştirdikleri adaptasyonlarla çeşitli stres faktörlerine karşı dirençli hale gelmişlerdir. Örneğin, iklim değişikliği gibi çevresel zorluklarla karşılaşıldığında, doğal

ekosistemlerdeki organizmalar ve süreçler, değişen koşullara uyum sağlama ve uygun stratejiler geliştirme yetenekleri ile belirginleşmiştir (Coşkun Hepcan, 2022). Doğa temelli çözümler, toplumsal zorlukların üstesinden gelmede etkili bir rol oynar. Bu çözümler, özellikle ekosistem dirençliliğini artırma, biyolojik çeşitliliği koruma ve iklim değişikliğine uyum sağlama ile afet riskini azaltma gibi konularda çeşitli faydalar sunarlar.

İnsanoğlu, doğal çevresiyle sürekli bir etkileşim içerisinde olmuş ve bu süreçte doğadan çeşitli bilgiler elde etmiştir. Bu etkileşim sadece geçmişte değil, günümüzde de devam etmektedir. Doğa temelli ekolojik yaklaşımlar, çevresel tahribatlara çözüm yolları arayan tasarım yaklaşımlarını ortaya koymuştur. Bu tasarım yaklaşımları biyomimikri, biyomimetik, biyonik, biyo-tasarım, biyomorfik, biyo kullanım, biyofili ve biyo türetme gibi çeşitli tanımlamalarla ifade edilmektedir. Doğadan ilham alarak çeşitli stratejiler sunan biyomimikri, doğa ile insan arasında bir denge oluşturarak ekosistemlere benzeyen benzersiz bir tasarım prensibidir (Versos & Coelho, 2011).

2.3.1. Biyomimikri

1982 yılında Otto Schmitt tarafından öne sürülen "Biyomimikri" terimi, daha sonra 1997 yılında bir inovasyon danışmanı ve Biyomimikri Enstitüsü'nün kurucularından biri olan Janine Benyus tarafından yeniden keşfedilmiştir (Peters, 2011). İnsanlık tarihinde uzun bir geçmişe sahip olmasına rağmen, biyomimikri terimi, Janine Benyus'un 1990'ların sonlarına doğru bu kavramı literatüre kazandırmasıyla önem kazanmıştır. Yunanca kökenli olan "bios" (yaşam) ve "mimesis" (taklit etmek) kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşturulan biyomimikri, doğadan ilham alarak tasarım ve problem çözme süreçlerinde kullanılan bir yaklaşım olarak geniş bir bilinirlik kazanmıştır (Minsolmaz Yeler & Yeler, 2017).

Doğanın davranışı olarak tanımlanan biyomimikri, doğal tasarımları, süreçleri ve sistemleri analiz ederek insan sorunlarına çözümler sunan bir yöntemdir. Biyomimikri, doğadan öğrenme ve bu öğrenmeyi teknolojik yeniliklere dönüştürme amacı ile çeşitli disiplinler arasında köprü kurarak sürdürülebilir ve etkili çözümler bulur (Blok & Gremmen, 2016). Özetle biyomimikri, insan ve çevre sorunlarını çözme tasarımı ve sürecinde doğayı model ve ilham kaynağı olarak alan, yenilikçi teknolojiler geliştiren ve inceleyen bir disiplindir (Şekil 5).



Şekil 5. Biyomimikri Kelime Bulutu (Markut, 2023)

Biyomimikri, sadece bilim ve mühendislik alanlarında değil, aynı zamanda mimari, malzeme bilimi, tıp ve enerji gibi birçok disiplinde uygulama bulmuştur. Doğanın karmaşıklığını ve etkinliğini taklit etme çabaları, çeşitli sektörlerde daha çevre dostu, sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasına olanak tanımıştır.

3.Yöntem

Araştırmada nitel veri toplama yöntemlerine başvurulmuş geniş kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. Yeşil altyapı, yeşil altyapı ilkeleri, yeşil altyapı yönetim modeli CLERE, doğa tabanlı yaklaşımlar ve biyomimikri konuları araştırılarak yeşil alt yapı sistemlerinde doğa tabanlı çözümlerin

nasıl kullanılabileceği ele alınmıştır (Şekil 6). Yeşil altyapı tipolojilerinin sağladığı ekosistem faydaları ve yeşil altyapı yönetimi olan CLERE çerçevesinde biyomimikri tasarım anlayışı ile kurgulanan kentler incelenmiştir. Araştırmada, kent planlaması, tasarımı ve alt yapı sistemlerinde doğa tabanlı ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi ve uygulanmasının büyük bir önem taşıdığı sonucuna varılmıştır. Kentlerde, yeşil altyapı projelerinin geliştirilmesi ve mevcut altyapının doğa tabanlı projeler ile bütünleşmesi ile ilgili öneriler getirilmiştir.



Şekil 6. Yeşil Altyapı Zihin Haritası

4.Bulgular

Yeşil altyapı, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen ve doğal ekosistem işlevlerini taklit eden bir planlama ve tasarım yaklaşımı sunarak kentleşme süreçlerinde çeşitli ekosistem faydaları sağlamaktadır. Bu sistemler, kentsel alanlarda biyoçeşitliliği artırma, su yönetimi sağlama, hava, su ve toprak kalitesini iyileştirme, iklim değişikliğinin olası sonuçları ile mücadele etme, estetik ve psikolojik olmak çeşitli çözümler üretmektedir. Yeşil altyapı ile ilgili birçok araştırmacı çeşitli tipolojiler üzerinde çalışmalar yürütmüştür. Tablo 2'de görülen yeşil altyapı tipolojileri, araştırmacıların farklı perspektiflerden yaklaşarak çeşitli kriterlere bağlı yeşil altyapıyı sınıflandırdığını göstermektedir. Coutts (2016), yeşil altyapıyı bina, sokak, topluluk, bölge ve dünya gibi çeşitli ölçeklerde tanımlamaktadır. Song vd. (2019), kentlerdeki kirlenmiş arazilerin iyileştirilmesi ve terkedilmiş atıl alanların yeniden geliştirilmesi için doğa tabanlı çözümleri, toplumsal sağlıkla ilgili potansiyel bağlantıları olan alanları incelemiştir. Ruangpan vd. (2020), sistematik literatür taramasında kentsel bağlama özgü ayrıntılı bir yeşil altyapı tipolojisi geliştirmiştir. Bu tipolojilerin sınırlılığı, özellikle hidrolojik risk azaltımı olmuştur.

Tablo 2. Yeşil Altyapı Tipolojileri ve Sağladığı Ekosistem Hizmetleri (Coutts, 2016; Song, 2019; Ruangpan vd., 2020; Dobardzic, 2021)

Yeşil Altyapı Tipolojileri	Ekosistem Hizmetleri
TİP-1: Nehir (restorasyon, taşkın önleme, yeşil taşkın yolu, nehir kıyısı tamponları)	Peyzaj değeri sağlama; rekreasyonel değer
TİP-2: Sulak alan (mangrovlar ve tuz bataklıkları)	Kıyı şeridi koruma hizmetlerini sağlama; fırtına dalgalarını azaltabilmesi; tsunamiden koruma sağlayabilmesi
TİP-3: Geçirgen zemin yüzeyi (gözenekli kaldırım dâhil)	Yaygın kirliliğin giderilmesi; yeraltı suyunun yeniden beslenmesinin artırılması
TİP-4: Yeşil çatılar, fotovoltaik yapılar	Besin yüklemesini azaltması; enerji tasarrufu; hava kirliliğini azaltması; ısı adası etkisini azaltması, yaşam kalitesini artırması, mental sağlık faydaları
TİP-5: Yeşil duvarlar (dikey bahçeler, biyolojik cepheler)	Termal konfor; estetiğin iyileştirilmesi; enerji tasarrufu; hava kirliliğinin azaltılması; gürültünün azaltılması; stresin azaltılması
TİP-6: Yağmur bahçeleri (içbükey yeşil kuşaklar)	Manzara güzelliği sağlama; ortalama taşınmaz değerini artırması; biyoçeşitliliği artırması
TİP-7: Bitki örtülü kanallar (savaklar, biyosavaklar), kanallar	Kirletici konsantrasyonlarının azaltılması; biyoçeşitliliğin artırılması
TİP-8: Kuru havuzlar	Rekreasyonel faydalar sağlama
TİP-9: (Islak) su tutma (veya bekletme) havuzları	Biyoçeşitlilik faydalarının sağlanması; rekreasyonel faydaların sağlanması
TİP-10: Biyoretensiyon havuzları	Toplam askıdaki katı madde kirliliğinin azaltılması; toplam fosfor kirliliğinin azaltılması
TİP-11: Sızma hendeği	Su kirleticilerinin azaltılması; yüzey suyu kalitesinin iyileştirilmesi
TİP-12: Doğa tabanlı iyileştirme sahaları	Estetiğin iyileştirilmesi; toplanma/sosyalleşme alanı yaratılması; hava kalitesinin iyileştirilmesi; sağlığa fayda sağlanması; kirleticilerin uzaklaştırılması; atıkların ortadan kaldırılması (biyokömür, yeşil malç ve kompost ile stabilizasyon)
TİP-13: Terkedilmiş endüstriyel alanlar, endüstri bölgeleri	Estetiği geliştirmesi; boş zaman ve eğlence fırsatlarının sağlanması; halk sağlığının iyileştirilmesi; sosyal etkileşim; kamuya açık rekreasyon alanlarının artırılması
TİP-14: Sulak alan (yapılandırılmış veya doğal)	Estetiği geliştirmesi; toplantı/sosyalleşme alanı oluşturması
TİP-15: Bitkisel bariyerler (yeşil kuşaklar dâhil), yeşil ulaşım	Azaltılmış ortam sıcaklığı/arttırılmış termal konfor; buharlaşmanın azalması/toprak neminin artması; azaltılmış gürültü; hava kirliliğinin azalması; azaltılmış erozyon
TİP-16: Kentsel tarım/bahçecilik	Beslenme sağlığı; gıda güvenliği; eğlence değeri; topluluk değeri; fiziksel egzersiz; psikolojik ve sosyal değer; biyolojik çeşitlilik; toprak erozyonunun azaltılması; yeraltı suyu kirliliğinin azaltılması; hava kirliliğinin azaltılması; biyoremediasyon / fitoremediasyon
TİP-17: Botanik bahçeleri, parklar ve doğa rezervleri	Estetik değer sağlama; rekreasyonel değer; topluluk/sosyalleşme alanı; ruh sağlığı faydaları sağlama

Tablo 2’de belirtildiği gibi yeşil altyapı tipolojileri, doğal ekosistemlerin korunmasına katkı sağlamaktadır. Yeşil altyapı tipolojileri, doğal süreçleri anlayarak ve doğadan ilham alarak çeşitli çevresel sorunları çözmeyi amaçlar. Bu sistemler, doğal ekosistemleri taklit ederek çevre üzerinde olumlu etkiler oluşturmayı hedefler. Günümüzde doğa tabanlı planlama ve tasarım yaklaşımları çerçevesinde, çevresel tahribatlara çözüm aramak ve çevresel yıkımın iyileştirilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Mimarlık, mühendislik, sanayi gibi birçok alanda tasarım stratejileri sunan biyomimikri ile kent ölçeğinde çeşitli planlama ve tasarım yaklaşımları ortaya koyulmuştur. Bu yaklaşımlar doğa tabanlı planlama ve tasarım prensibiyle yeşil altyapı sistemlerini de içermektedir. Tablo 3’te biyomimikri yaklaşımı ve yeşil altyapı ile kurgulanan kent örneklerinin tasarım modelleri ve çeşitli sorunlara çözümlerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Yeşil Altyapı ile Kurgulanan Biyoyimikrik Kentler (Minsolmaz Yeler & Yeler, 2017; Temiz & Sağlık, 2021)

Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı ile Kurgusu	Biyomimikrik Tasarım Yaklaşımı	Problemin Çözümü
 <p>Hindistan’daki Lavasa Şehri</p>	Lavasa şehrinde, akıllı şehir ve biyomimikri yaklaşımı ile Muson ormanları ve karınca yuvaları taklit edilmiştir.	Tasarım kriterleri arasında, muson ormanlarının çeşitli ekosistem özellikleri içerir. Güneş enerjisi kazanımı, su toplama ve arıtma, ekosistemdeki su döngüsünü düzenlerken, karbon tutumu ise atmosferdeki karbon dengesini sürdürür. Azot-fosfor döngüsü, toprak verimliliği için ve buharlaşma ise su kaynaklarının yönetiminde önemli bir rol oynar. Bu yaklaşım sayesinde, muson yağışlarına bağlı erozyon sorunu önlenmiştir. Ayrıca, karınca yuvalarından esinlenerek kanal sistemi kullanılmış ve şehir sellerine karşı koruma sağlanmıştır. Bina temelleri, ağaç kökleri gibi yamaçları sıkıca kavrayacak şekilde planlanmıştır.
 <p>Sahra Ormanı Projesi Katar, Tunus ve Ürdün</p>	Sahra Ormanı Projesinde, kendi tatlı suyunu üretme yeteneği ile vücut ısını düzenleme konusunda özgün özelliklere sahip olan Namibya sis baskın böceğinden ilham alınmıştır.	Sahra Ormanı Projesi, çöl ortamında tarım yapma ve bitki örtüsü oluşturma amacı taşıyan, enerji tüketimini ve maliyeti düşük, verimli bir tesis kurma hedefiyle Exploration Architecture tarafından tasarlanmıştır. Proje, kurak bölgede iklim değişikliğiyle mücadele etmek amacıyla tasarlanan seralar içermektedir. Bu seralar, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve kurak bölgelerde tarımın desteklenmesi gibi önemli konularda çözümler sunar. Bu teknolojik yaklaşım, su tasarrufu, enerji verimliliği ve tarımın sürdürülebilirliği gibi alanlarda katkı sağlar.
 <p>Danimarka’daki Kalundborg Şehri</p>	Kalundborg şehrinde, biyomimikri yaklaşımı ile ekosistem taklit edilmiştir.	Kalundborg modeli, endüstriyel işletmeler arasında bir tür simbiyotik ilişki kurarak atık ve yan ürünlerin etkili bir şekilde değerlendirilmesine odaklanmıştır. Balık çiftlikleri, sera tesisleri, konutlar ve benzeri faaliyetler sırasında oluşan fazla ısı, bir başka endüstri veya işletme tarafından değerlendirilerek kaynak tüketiminin azaltılmasına katkı sağlar. Bu yaklaşım, atıkların ve yan ürünlerin ekonomik olarak kullanılması ve çevresel etkilerin minimize edilmesi yoluyla sürdürülebilir kaynak yönetimi prensiplerini benimser.

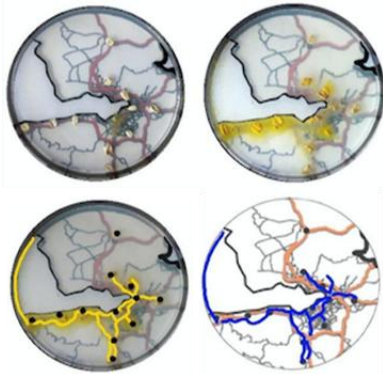
Tablo 3.'ün Devamı



Zira Island Projesi

Zira Island Projesinde, biyomimikri yaklaşımı ile ekosistem taklit edilmiştir.

Bjarke Architecture Group tarafından sıfır enerji tüketimi hedefi ile kurgulanan Zira Island Projesi, ekosistem düzeyinde biyomimikri ilkesine örnek teşkil etmektedir. Projede kullanılan fotovoltaik paneller, rüzgâr tribünleri ve su arıtma sistemleri, doğadaki ekosistem özelliklerini taklit etmek üzere tasarlanmıştır. Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisi elde etmek amacıyla kullanılmakta olup, su arıtma sistemleri denizden çekilen tuzlu suyu tatlı suya dönüştürmek için kullanılır. Bu su kaynakları, ısıtma-soğutma sistemleri için veya bitkilerin su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmıştır.



İzmir Kentinin Yol Ağları

Proje, literatürde "Slime Mould" olarak bilinen ve Türkçe'ye cıvık mantar Physarum polycephalum'dan ilham alarak tasarlanmıştır.

Besine ulaşmada mevcut kaynaklarını maksimum verimle kullanabilen ve çevresel uyum yetenekleri açısından zengin olan cıvık mantarlar, hafıza ve yön bulma yetenekleriyle akıllı mantarlar olarak adlandırılırlar. Cıvık mantar dört farklı çıkışı olan bir labirente olası tüm rotaları keşfettikten sonra bunların içindeki en kısa rotayı seçebilmektedir. Yapılan araştırmalar, cıvık mantarların bu yol bulma özelliklerinin, kentsel ulaşım sistemleri üzerinde test edildiğinde, özellikle kent haritaları, metro ağları ve antik dönem yolları gibi mevcut ulaşım ağlarıyla büyük ölçüde çakıştığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, TÜBİTAK desteğiyle gerçekleştirilen çalışmalar, cıvık mantarların İzmir kentinin yol ağları üzerindeki denemelerle, bu organizmanın etkili bir şekilde yol bulma kabiliyetini kanıtlamıştır.



Masdar Şehri-Abu Dabi

Masdar şehri, ayçiçeğinden (günebakan) ilham alarak tasarlanmıştır.

2008 yılında Abu Dabi çölünde inşasına başlanan Masdar şehri, dünyanın ilk "sıfır-karbon" şehridir. Şehirde dev solar ayçiçeği şemsiyeleri, yaşanabilir alanlar oluşturmak amaçlanmıştır. Bu dallanmış strüktürler, mekânları gölgelendirme, güneşe yönelme ve ısı depolama gibi fonksiyonları yerine getirirler. Şehrin enerji ihtiyacı, güneş enerjisi kaynaklarından elde edilen elektrik üretimi ile büyük bir ölçüde desteklenir. Şehirdeki enerji dengesini güçlendirmek üzere tasarlanmış bir sistem, yiyecek atıklarını sürdürülebilir enerji kaynaklarına dönüştürme sürecini içerir. Şehirde benzinli araçların kullanımı yasak olup, halk temiz enerji kullanan taşıma sistemlerini tercih etmektedir.



Meixi Lake-Çin Wuhan

Meixi Lake projesi, yerel ekosistemlerden ilham alarak uygulanmıştır.

Proje, yeni bir konut bölgesi olarak planlanmıştır. Doğa ile denge içinde yaşayan insan teması kurgulanarak yerel ekosistemlerden ilham alınmıştır. Projede, yerel enerji üretimi ile deniz ulaşımı bütünleşmiş, taşkın önleme sistemi ve su yönetimi düşünülerek kümelenmiş mahalle merkezleri yer almaktadır. Tasarımda benimsenen ve ormandaki ağaçlar gibi düşünülen konutlar, güneş ışığından eşit ve etkili bir şekilde yararlanmayı sağlamıştır. Bu çeşitlilik, farklı konut birimlerinin farklı zamanlarda gün boyunca güneş ışığını yakalamasına olanak tanır. Böylelikle, konut sakinlerine enerji tasarrufu sağlanması ve doğal aydınlatmanın etkili bir şekilde kullanılması amacıyla hizmet edilir.



Lilypad

Lilypad şehir projesinde, Amozonia Victoria Regia bitkisinin yaprağının özgün formu, tasarım sürecinde dikkate alınmış ve şehir bu organik özelliklerin büyütülmesiyle oluşturulmuştur.

Vincent Callebaut'un tasarladığı şehir projesi, kendi kendine yetebilen ve çevre dostu bir konsepti benimsemektedir. Şehir, enerji talebini karşılamak üzere çeşitli yenilenebilir kaynakları kullanmaktadır. Bu kaynaklar arasında güneş enerjisi, gelgit enerjisi, fotovoltaik enerji, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji ve termal enerji bulunmaktadır. Ayrıca, içme suyu ihtiyacının şehirdeki bitkiler tarafından toplanan yağmur sularından sağlanması planlanmaktadır. Şehrin önemli bir avantajı, karbon dioksit ve diğer atık maddeleri geri dönüşüm yoluyla kullanabilme yeteneğidir.

5.Sonuç ve Değerlendirme

Artan nüfus ve nüfusun kentlerde yoğunlaşması, dünya çapında sayısız çevresel ve sosyo-ekonomik sorunu ortaya çıkarmaktadır. Doğa tabanlı çözümler ve döngüsel ekonomi gibi kavramların kentlere getirilmesi, çevrenin korunması ve toplum refahının desteklenmesi açısından zorunludur. Doğa temelli ve döngüsel kentler, çeşitli fonksiyonları bir araya getirerek kentsel alanların çok yönlü ve dayanıklı olmasını sağlamayı amaçlar (Calheiros vd., 2021). Doğa tabanlı çözümler, sürdürülebilir kentlerin temelini oluşturur. Bu çözümler, doğal kaynakları koruyarak ve insanlarla doğayı yeniden bağlayarak gelecek nesiller için sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre oluşturmaya katkıda bulunur. Bu çözümler, doğanın işleyişini anlamak ve doğal süreçleri çevreye entegre ederek ekolojik dengeyi sağlamak adına önemlidir.

Kentsel alanlarda doğal alanları koruma ve yenileme amacını taşıyan birçok doğa tabanlı planlama ve tasarım yaklaşımı bulunur. Bunlardan biri yeşil altyapı yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, yeşil alanlar, parklar, ağaçlık bölgeler, sulak alanlar ve koridorlar gibi doğal öğeleri kent dokusuna bütünleştirmeyi amaçlar. Yeşil alanlar, doğal habitatları korur ve kentsel alanlarda yaşayan bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarını destekler. Bu, yerel biyoçeşitliliğin korunması için önemlidir. Doğal peyzaj öğeleri, farklı bitki türlerinin ve ekosistemlerin oluşturulmasına ve çeşitli canlıların yaşama ve beslenmelerine olanak tanır. Böylelikle yeşil altyapı, çeşitliliği teşvik eder ve ekosistemlerin direncini güçlendirir (Ortaççeşme & Zeğerek Altunbey, 2022).

Tablo 2’de belirtildiği gibi yeşil altyapı tipolojileri, doğal ekosistemlerin korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu, farklı bitki türlerinin, kuşların, böceklerin ve diğer organizmaların yaşam alanlarını destekleyerek ekosistem çeşitliliğini artırır. Zengin biyoçeşitlilik, ekosistem dayanıklılığını artırarak çeşitli çevresel tehditlere karşı direnci güçlendirir. Yeşil altyapının bir diğer önemli faydası, su yönetimi konularında etkili olmasıdır. Yağmur suyu toplama, suyun yer altına sızdırılması ve akarsuların erozyonunu azaltma gibi stratejiler, sürdürülebilir su kaynakları yönetimine katkıda bulunur. Bu, sel riskini azaltırken aynı zamanda yerel su kaynaklarını koruma amacını taşır. Yeşil altyapı, hava kalitesini iyileştirmede katkıda bulunur. Bitki örtüsü, karbon dioksit emilimi ve oksijen üretimi yoluyla atmosferdeki hava kalitesini olumlu yönde etkiler. Bitkilerin hava kirleticileri absorbe etme kapasitesi, kentsel alanlardaki hava kirliliğini azaltabilir. İklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynayan yeşil altyapı, karbon tutma, su buharını atmosfere salma gibi işlevleri ile kentlerdeki mikro iklimleri düzenleyebilir. Toprak verimliliği konusunda bitki örtüsü, toprak erozyonunu önleyerek toprak kalitesini artırabilir, toprak mikroorganizmalarının sağlığını koruyabilir ve besin döngüsüne katkıda bulunabilir.

Son zamanlarda, biyolojik çeşitlilik ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlanabilmesi için yeşil altyapı sistemlerine biyomimikrik çözümler entegre edilmektedir. Bu yaklaşım, doğadan ilham alarak çevresel tahribatları azaltabilir, doğal kaynakları koruyabilir ve kentlerimizi daha yaşanabilir hale getirebilir. Von Meijenfeldt (2014), doğadan ilham almanın tasarımcılara çevresel olarak duyarlı, enerji verimli ve biyolojik çeşitliliği destekleyen tasarımlar oluşturma konusunda rehber edebileceğini vurgulamıştır. Doğal sistemlerin anlaşılması, tasarım sürecinin daha derinlemesine kavranması amacıyla tasarımcılar, biyologlar ve uzmanların disiplinler arası bir çalışma sürdürmeleri önerilmektedir.

Çeşitli uzmanlar tarafından kent ölçeğinde biyomimikri prensibi ile farklı planlama ve tasarım yaklaşımları ortaya koyulmuştur. Bu yaklaşımlar, kentlerde biyomimikri yaklaşımıyla yeşil altyapı sistemlerini içermektedir. Yapılı çevrede yer alan her şey, toplumu, bölgenin peyzajlarını, ekosistemleri ve ekonomiyi çok yönlü olarak kapsar. Tablo 3’te biyomimikri yaklaşımı ve yeşil altyapı ile kurgulanan kent örnekleri, yeşil altyapı yönetimi olan CLERE modelinde değerlendirilmiştir (Şekil 7).

Biyomimikrik Kentler	Yeşil Altyapı Tipolojileri																	CLERE					
	TIP-1	TIP-2	TIP-3	TIP-4	TIP-5	TIP-6	TIP-7	TIP-8	TIP-9	TIP-10	TIP-11	TIP-12	TIP-13	TIP-14	TIP-15	TIP-16	TIP-17	C-Topluluk	L-Peyzaj	E-Ekoloji	R-Rekreasyon	E-Ekonomi	
Lavasa	●	●					●					●		●				●	●	●	●	●	●
Sahra					●		●					●			●	●		●	●	●			●
Kalundborg	●											●	●		●		●	●	●	●	●	●	●
Zira Island	●		●	●	●	●						●		●	●		●	●	●	●	●	●	●
İzmir															●			●					●
Masdar				●	●							●					●	●	●	●	●	●	●
Meixi Lake	●		●				●					●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Lilypad	●			●	●	●	●		●					●			●	●	●	●	●	●	●

Şekil 7. Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı Tipolojileri ve CLERE Yönünden Değerlendirilmesi

“Topluluk (Community)”, kent dinamikleri arasında yer alarak bulunduğu mekânda varlık gösterir. Kentler ise toplumların fiziksel, sosyal ve algısal ihtiyaçlarını karşıladıkları ortak mekânlardır. Toplum katılımı sayesinde yapılı çevrenin kalitesi ve işlevselliği artar. Sürdürülebilirlik amacıyla planlanan ve tasarlanan kentlerde, doğal ve kültürel dokunun korunması hedeflenir. Bitkiler, su kaynakları, endüstri, tarım alanları, yapılar ve tüm diğer çevresel unsurlar bir alanın peyzajını ortaya koyar. Bu nedenle kentin bütünü ele alındığında barındırdığı “Peyzaj (Landscape)” unsurları önemlidir. Peyzajın ve yaşam alanlarının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için “Ekoloji (Ecology)” nin korunması ve ekolojik fonksiyonların güçlendirilmesi gerekir. Toplum refahının artırılması ve yoksun bölgelerdeki eşitsizliklerin ortadan kaldırılması için de “Rekreasyon (Recreation)” önemlidir. Rekreasyonel alanlar kente kimlik kazandırırken toplum sağlığının iyileşmesine katkıda bulunur. Tüm kaynak değerlerinin korunması ve yaşam kalitesinin artması ile yerel “Ekonomi (Economy)” de kalkınmış olur.

Araştırma kapsamında incelenen sekiz projede, toplum/topluluk önemli bir göstergedir. Doğa temelli yaklaşımla planlanan ve tasarlanan alanların temeli, kaynak değerlerinin korunması, biyoçeşitliliğin devamı ve toplumsal faydaya dayanır. Lavasa şehri, endüstriyel ekosistem ile oluşturulan Kalundborg şehri, Zira Island projesi, Masdar şehri, Meixi Lake projesi ve Lilypad şehri, içinde bulundurduğu toplumu karma kullanımlarla bir araya getirerek onlara, dinlenme, eğlenme, rekreasyon ve komşuluk ilişkileri sunarlar. Lavasa şehrinde, yoğun muson yağmurlarından kurtulmak hedeflenmiştir. Muson ormanları, yağışlı mevsimlerden sonra suyun kurak mevsimde muhafaza edilmesini ve toprak kalitesinin korunmasını sağlar. Bu nedenle, muson ormanları taklit edilerek şehirde, su toplanmasının sağlanması ve su yönetimi öncelikli hedef olmuştur. Böylelikle, şehir peyzajı ve ekosistemi düşünülerek kaynak değerlerinin korunması amaçlanmıştır. Sahra Orman Projesi, Namibya sis baskın böceğini taklit ederek çöl ikliminde sürdürülebilir tarım ve bitki örtüsü oluşturma konularında yenilikçi ve çevre dostu bir yaklaşım sunmuştur. Kaynak değerlerinin korunması hedeflenirken iklim değişikliğinin olası tahribatlarının da ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Yeşil bir iş parkı olarak tasarlanan ve endüstri şehri olan Kalundborg’da, kaynak tüketimi azaltılırken enerji verimliliği sağlanmış ve ekonomiye katkı sunulmuştur. Zira Island projesi, çevresel sürdürülebilirlik amacı taşıyan bir yaklaşım benimseyerek, enerji üretimi ve su kullanımı gibi unsurları ekosistemdeki doğal dengeleri koruma çabasıyla birleştirmeyi amaçlamaktadır. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir kentsel ulaşımın sera gazı emisyon etkisini azaltarak iklim değişikliğine ve hava kirliliğine katkısı önemlidir. İzmir kentinin yol ağlarında, cıvık mantarların doğal adaptasyon yetenekleri taklit edilerek kentteki en kısa rotaların ulaşım ağını oluşturması amaçlanmıştır. Böylelikle sürdürülebilir ulaşım sağlanarak ekoloji ve ekonomiye katkı sağlanmış olur. Masdar şehri ve

Lilypad projesi, sürdürülebilir enerji üretimi, su kaynaklarının verimli kullanımı ve atık yönetimi konularında çevre dostu bir yaklaşımı benimsemiştir. Şehirler, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak ve kapalı bir döngü olarak atıkların kullanımının sağlanması ile işleyen bir yapıya sahiptir. Doğa ile dengede ve bir bütün halinde yaşayan insan teması kurgulanan Meixi Lake projesi, ekosistemi taklit ederek oluşturulmuştur. Sürdürülebilir ulaşım sistemleri, kentsel tarım, su ve enerjinin etkin kullanımı ve yönetimi ile sürdürülebilir ve doğa dostu bir kent olması amaçlanmıştır.

Doğa tabanlı yaklaşımla kurgulanan kentler, toplum refahına, yaşam kalitesine katkı sağlarken, kentlerin peyzajı, ekolojisi ve döngüsel ekonomisine önemli olumlu katkılar sağlamıştır. Biyomimikrik yaklaşımla ve yeşil altyapı sistemi ile planlanan ve tasarlanan bu projeler, çok işlevli olarak bir bütün oluştururlar. Bu doğrultuda, kentlerde yeşil altyapı projelerinin geliştirilmesi ve mevcut altyapının yeşil altyapı sistemleriyle entegre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yerel yönetimler, peyzaj mimarları, şehir planlamacıları ve karar alıcılar, yeşil altyapı projelerini desteklemek için politika ve stratejiler oluşturmalıdır. Kentlerde yeşil alanların korunması, suyun etkin bir şekilde yönetilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi gibi önlemler alınarak çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bununla birlikte, gelecekte yapılacak çalışmalarda, yeşil altyapı sistemlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi, farklı coğrafi bölgelerde uygulanabilirliğinin incelenmesi ve toplumun bu sistemlere katılımının artırılması gibi konular üzerinde durulması önemli olacaktır. Böylelikle, doğa tabanlı yaklaşımların kentsel alanlarda yaygınlaştırılması ve çevresel felaketlerin önlenmesine yönelik daha etkili stratejiler geliştirilebilecektir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Destek Bilgi: Bu makale, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı'nda tamamlanan Doktora tezi ve ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından Proje No: FDK-2021-2626 ile desteklenen tez projesinden üretilmiştir.

Etik Onayı: Makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde **GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences** Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.

Etik Kurul Onayı: Bu çalışma, TR Dizin etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

Çıkar Çatışması: Makalede herhangi bir çıkar çatışması ya da kazancı yoktur.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Çalışma, iki yazarın katkısı ile hazırlanmıştır. Katkı oranları; 1. Yazar = %50. 2. Yazar = % 50.

Kaynaklar

- Akpınar, A. (2019). Kentsel Yeşil Alanların Kalitesinin İnsan Sağlığı ve Fiziksel Aktivitesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Artoin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 36-46. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://ofd.artvin.edu.tr/tr/pub/issue/42218/447220> adresinden erişildi.
- Aksoy, Y. & Nilgün Ergun, N. (2009). Kentleşme ve Yeşil Alan Sorunu Üzerine Bir Araştırma İstanbul Kenti Bakırköy İlçesi Örneği. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 2(4), 426-438. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tubav/issue/21517/230898> adresinden erişildi.
- Barber, A. (2005). *Green future: A Study of the Management of Multifunctional Urban Green Spaces in England*. England: GreenSpace Forum, Reading, Berks.
- Barker, G. (1997). *A Framework for The Future: Green Networks with Multiple Uses in And Around Towns and Cities - Working Today for Tomorrow*. English Nature Research Reports No: 256, 39s.
- Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington DC: Island Press.

- Topsakal Temiz, M., & Sağlık, A.(2024). Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı Yönetimi ile Değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*,7 (1): 239-259
- Biagini, B., Bierbaum, R., Stults, M., Dobardzic, S. & McNeeley, S.M. (2014). A typology of Adaptation Actions: A Global Look At Climate Adaptation Actions Financed Through The Global Environment Facility. *Global Environmental Change*, 25, 97-108. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.01.003.
- Blok, V. & Gremmen, B. (2016). Ecological innovation: Biomimicry as A New Way of Thinking and Acting Ecologically. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(2), 203217. doi:10.1007/s10806-015-9596-1
- Braubach, M., Egorov, A., Mudu, P., Wolf, T., Thompson, C.W. & Martuzzi, M. (2017). Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience. Nadja Kabisch, Horst Korn, Jutta Stadler & Aletta Bonn (Ed.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas içinde* (87-205). Yer: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-56091-5_11
- Calheiros C.S.C., Castiglione B. & Palha B.P. (2021). Nature-Based Solutions For Socially and Environmentally Responsible New Cities: The Contribution of Green Roofs. *Circular Economy and Sustainability*, 2, 235-255. doi: 10.1016/B978-0-12-821664-4.00015-7
- CIWEM, (2010). Multi-Functional Urban Green Infrastructure a Ciwem Briefing Report London: The Chartered Institution of Water and Environmental Management. 28 Ekim 2023 tarihinde <https://www.ciwem.org/policy-reports/multi-functional-urban-green-infrastructure> adresinden erişildi.
- Cities Alive. (2023). Cities Alive: Rethinking Green Infrastructure. Erişim Adresi (04 Kasım 2023): <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-rethinking-green-infrastructure>
- Coşgun, (2022). *Kentlerde Yaşam Kalitesinin İyileştirilmesinde Yeşil Altyapının Önemi: Bartın Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Bartın, Türkiye. YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. Erişim Adresi (27.10.2023): <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Coşkun Hepcan, Ç. (2022). Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(2), 19-40. 2 Kasım 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/csid/issue/72150/1126966> adresinden erişildi.
- Coutts, C. (2016). *Green Infrastructure and Public Health*. New York: Taylor and Francis Group.
- Dobardzic, S. (2021). *Urban Green Infrastructure and Human Health: A Scoping Review of the Evidence and Implications for Planners* (Yüksek Lisans Tezi). Umeå University, Faculty of Science and Technology, Department of Ecology and Environmental Sciences. Digitala Vetenskapliga Arkivet veri tabanından erişildi. Erişim Adresi (22.10.2023): <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1693129&dsid=-7088>
- Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J.M.N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J.,...& Le Roux, X. (2015). Nature-Based Solutions: New Influence For Environmental Management and Research In Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243-248. doi: 10.14512/gaia.24.4.9
- Ergen, Y.B. (2005). Kentleşmenin Baskısı Altında Doğal Alanların Planlama ve Tasarım İlişkisi ile Korunmasına Yönelik Bir Araştırma. Poster Sunumu. Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu, 8-10 Eylül, Isparta, s. 155-156.
- Everard, M. & McInnes, R. (2013). Systemic Solutions For Multi-Benefit Water And Environmental Management. *Science of the Total Environment*, 461-462, 170-179. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.010
- Fry, G.L.A. (2001). Multifunctional Landscapes - Towards Transdisciplinary Research. *Landscape and Urban Planning*, 57(3,4), 159-168. doi: 10.1016/S0169-2046(01)00201-8
- Gülgün Aslan, B. & Yazıcı, K. (2016). Yeşil Altyapı Sistemlerinde Mevcut Uygulamalar. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 0(363), 31-37. 19 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/zm/issue/38892/454275> adresinden erişildi.
- Kaçmaz, G. (2021). İklim Değişikliği İle Mücadelede Doğa Temelli Çözümler. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 3(2), 82-92. doi: 10.53784/peyzaj.1022369
- Karataş, A. & Kılıç, S. (2017). Sürdürülebilir Kentsel Gelişme ve Yeşil Alanlar. *Siyasal: Journal Of Political Sciences*, 26(2), 53-78. doi: 10.26650/siyasal.2017.26.2.0003

- Topsakal Temiz, M., & Sağlık, A.(2024). Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı Yönetimi ile Değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*,7 (1): 239-259
- Li, F., Wang, R., Paulussen, J. & Liu, X. (2005). Comprehensive Concept Planning of Urban Greening Based on Ecological Principles: A Case Study In Beijing, China. *Landcape and Urban Planning*, 72(4), 325-336. doi: 10.1016/j.landurbplan.2004.04.002
- Ling, C., Handley, J. & Rodwell, J. (2007). Restructuring The Post-Industrial Landscape: A Multifunctional Approach. *Landscape Research*, 32(3), 285-309. doi: 10.1080/01426390701318171
- Markut. (2023). Tasarımda Doğanın Bilgisinden Yararlanmak: Biyomimikri. Erişim Adresi (08.11.2023): <https://markut.net/sayi-2/biyomimikri-nedir-tasarimda-dogadan-yararlanmak/>
- Minsolmaz Yeler, G. & Yeler, S. (2017). Models From Nature For Innovative Building Skins. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-165. 18 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/klujes/issue/33639/369274> adresinden erişildi.
- Natura England. (2009). Green Infrastructure Guidance. Erişim Adresi (20.10.2023): <https://publications.naturalengland.org.uk/publication/35033>
- Ortaçesme, V. & Zeğerek Altunbey, P. (2022). İklim Adaptasyonunun Anahtarı Olarak Yeşil Altyapı: Kentsel Doğa ve İklim Değişikliği. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 4(2), 123-132. doi: 10.53784/peyzaj.1220747
- Özdemir, Z. & Özkaynak, M. (2023). Kentsel Yeşil Alanları Sürdürülebilir Kentleşme Üzerinden Okumak: Amasya Kenti Örneği. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 270-292. 24 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/csid/issue/75639/1207222> adresinden erişildi.
- Özmen, B.A. (2020). *Neveşehir Kent Peyzajının Yeşil Altyapı Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bartın, Türkiye. YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. Erişim Adresi (25.10.2023): <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Parlak, C. & Partigöç, N.S. (2022). İklim Değişikliği İle Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Yetki ve Sorumluluklar Üzerinden Bir İnceleme. *Dirençlilik Dergisi*, 6(2), 321-334. doi: 10.32569/resilience.1210273
- Pauleit, S. (2019). Urban Green Infrastructure For Better Living Adapting Cities & Planning Practice. Türkiye Peyzajları 3. Uluslararası Konferansı, 07-09 Kasım, Antalya, s. 24-35.
- Peters, T. (2011). Nature As Measure: The Biomimicry Guild. *Architectural Design*, 81(6), 44-47. doi:10.1002/ad.1318
- Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L.S., Capobianco, V., Oen, A.M.P.,...& Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based Solutions for Hydro-Meteorological Risk Reduction: A State-Of-The-Art Review Of The Research Area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(1), 243-270. doi: 10.5194/nhess-20-243-2020
- Sandström, U.F. (2002). Green Infrastructure Planning In Urban Sweden. *Planning Practice&Research*, 17(4), 373-385. doi: 10.1080/0269745032000074461373
- Shakouri, N. (2016). *Kentlerde Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Peyzaj Planlama ve Tasarım Yaklaşımı: Sakarya-Hendek Örneği* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi veri tabanından erişildi. Erişim Adresi (23.10.2023): <https://dergiler.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/85047>
- Shi, W. (2013). *Landscape Management for Urban Green Space Multifunctionality: A Comparative Study in Sheffield (UK) and Yuci (China)* (Doktora tezi). University of Sheffield, Department of Landscape University, Sheffield, United Kingdom Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Bartın, Türkiye. White Rose eTheses Online veri tabanından erişildi. Erişim Adresi (27.10.2023): <https://etheses.whiterose.ac.uk/5190/>
- Song, Y., Kirkwood, N., Maksimović, C., Zheng, X., O'Connor, D., Jin, Y. & Hou, D. (2019). Nature Based Solutions For Contaminated Land Remediation and Brownfield Redevelopment In Cities: A Review. *Science of The Total Environment*, 663, 568-579. doi: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.347
- Temiz, M. & Sağlık, A. (2021). Act Like Nature For Sustainability. 5.Asia Pacific International Modern Sciences Congress, Sydney, Avustralya, 16 - 18 Temmuz, s. 31-40.

- Topsakal Temiz, M., & Sağlık, A.(2024). Biyomimikrik Kentlerin Yeşil Altyapı Yönetimi ile Değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*,7 (1): 239-259
- Tülek, B. & Ersoy Mirici, M. (2019). Kentsel Sistemlerde Yeşil Altyapı ve Ekosistem Hizmetleri. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 1(2), 1-11. 21 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/peyzaj/issue/51771/651252> adresinden erişildi.
- Van der Ryn, S. & Cowan, S. (2007). *Ecological Design*. Island Press. 12 Ekim 2023 tarihinde https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=PEBs_eoIOdgC&oi=fnd&pg=PR5&ots=0azghF6oM&sig=EkPW4Jrt_YaXH-iXpK2yUc80VpE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false adresinden erişildi.
- Versos, C.A. & Coelho, D.A. (2011). Biologically Inspired Design: Methods and Validation. *Industrial Design-New Frontiers*, 101-120. doi: 10.5772/20326
- Von Meijenfeldt, V.M.C. (2014). *Facilitating Change: Biomimicry As a Way to Create Adaptable Urban Environments* (Yüksek Lisans Tezi). Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Department of Urbanism, Delft, Hollanda. TUDelft Online veri tabanından erişildi. Erişim adresi (07.11.2023): <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A9a31aec8-9d31-491e-bdda-78e5317c59c8>
- Yaralıoğlu, İ. & Asilsoy, B. (2021). Yeşil Altyapı Kavramının Teorik Bir Çerçevde Değerlendirilmesi. *Yakın Doęu Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(1), 46-58. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/neujfa/issue/65312/1006341> adresinden erişildi.