

## Ahşap ve Biyomimikri İle Karbonsuz Yaşam: İklim Dostu Tasarımın Geleceği

İsmail Derda Güler<sup>1</sup>

Önder Tor<sup>2</sup>

### Özet

*İklim değişikliği ve karbon emisyonları; ekolojik ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca doğal kaynakların sınırlı olduğu ve çevre kirliliğinin giderek arttığı günümüz dünyasında, sürdürülebilir tasarım yaklaşımları ve üretim malzemeleri önem kazanmaktadır. Bu noktada ahşap; karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olan doğal ve yenilenebilir bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Ahşabın bu özelliği, biyomimikri tasarımları ile birleştirildiğinde, iklim değişikliğinin etkisini azaltıcı çözümler sunmaktadır. Biyomimikri ise doğadaki canlıların çevresel koşullara uyum sağlama biçimlerini analiz edilerek benzer şekil ya da işlevlere sahip versiyonlarını hayata geçirmeyi amaçlamaktadır. Doğadan ilham alınan tasarımlar, dayanıklılık, enerji tasarrufu ve işlevsellik açısından optimize edilerek sürdürülebilir tasarım ön plana çıkarılmaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir bir yaklaşım olarak geleceğin tasarımlarına yönelik tasarımda ahşap ve biyomimikri kullanımının potansiyelini ve katkılarını sıfır karbon perspektifinden ele almaktadır. Ahşap ürünlerin karbon depolama kapasitesi ile biyomimikri stratejilerinin enerji verimliliği ve malzeme sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik potansiyeli incelenerek, karbonsuz bir yaşam hedefine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.*

### GİRİŞ

Ağaçlar ve ahşap ürünler, antropojenik faktörlerin iklim değişikliğini hafifletmesinde oynayabileceği rolün ayrılmaz bir parçasıdır ve küresel karbon döngüsünde kritik rollere sahiptir. Bununla birlikte, bozulan atmosferik dengenin yeniden sağlanması genellikle iki yönlü bir strateji

- 1 Doktora Öğrencisi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
ORCID: 0000-0003-2917-5464, i.derdaguler@gmail.com
- 2 Doç. Dr., Öğretim Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi  
ORCID: 0000-0002-9405-1081, ondertor@kastamonu.edu.tr

gerektirmektedir. Birincisi CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak, ikincisi ise küresel karbon emme kapasitesini artırmaktır. Aslında ağaçlar ve ahşap ürünler her iki çözümün de bir parçası olabilecek niteliktedir. Ağaçlar, büyüme sürecinde fotosentez yoluyla atmosferden CO<sub>2</sub> emerek ve karbonu lifli yapılarında depolayarak önemli bir rezervuar görevi görürken, ahşap ürünleri de insan etkisinden kaynaklanan emisyonların azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca ahşap geri dönüştürülebilir bir malzeme olduğundan biyolojik parçalanma yoluyla oluşan yaşam döngüsünün sonunda, kullanılan malzemenin çevresel etkisi en aza indirgenmiş olmaktadır.

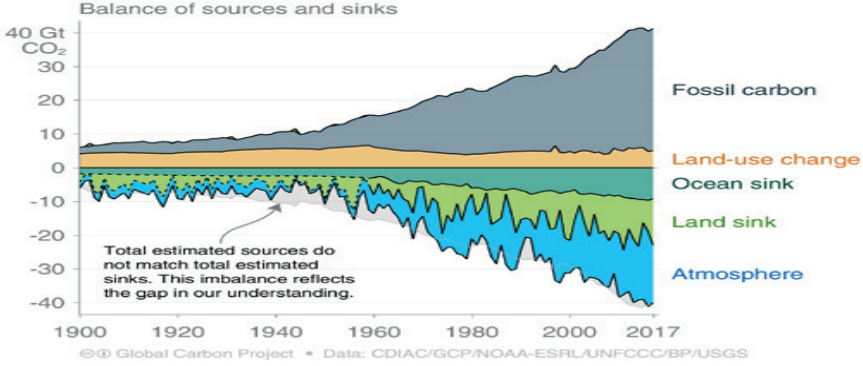
Bununla birlikte küresel iklim değişikliği, çevre dostu ve sürdürülebilir tasarım çözümlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Karbonsuzlaştırma, yani atmosferdeki net karbon emisyonlarını sıfırlama hedefi, özellikle enerji ve imalat sektörlerinde büyük bir öncelik haline gelmiştir. Ürün tasarımı ve üretim süreçlerinin, yüksek enerji tüketimi ve karbon emisyonları ile doğrudan ilişkili olması yenilikçi ve doğaya duyarlı tasarım yaklaşımlarının benimsenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Nitekim ahşap çevre dostu bir malzemedir ve biyomimikri ile birlikte tasarlandığında doğal kaynakların korunması, enerji verimliliğinin artırılması ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi birçok sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca beton ve çelik gibi yüksek karbon yoğunluklu malzemelere alternatif olarak ahşap malzeme yapılarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle ahşap düşük karbon ayak izine sahip iklim dostu tasarım projelerinde öncelikli olarak tercih edilmektedir.

Biyomimikri, doğadaki canlılardan ilham alan çözümlerle sürdürülebilir tasarım sağlamayı amaçlamaktadır. Doğadaki sistemler, kaynak verimliliğini ve enerji tasarrufunu optimize edecek şekilde tasarlanmıştır. Örneğin, bitkilerin fotosentez yoluyla enerji üretebilmeleri veya hayvanların yapısal dayanıklılık sağlayan iskelet sistemleri, malzeme tasarımı ve enerji yönetimi için önemli ilham kaynaklarıdır. Ayrıca doğanın milyonlarca yıllık değişimi boyunca optimize olan çözümlerden esinlenerek canlıların çevresel zorluklar karşısında geliştirdiği dayanıklılık, enerji verimliliği ve kaynakları verimli kullanımı, karbonsuz bir tasarım süreci için ideal bir model sağlamaktadır. Biyomimikri yaklaşımının ahşap ürünlere uygulanması, çevresel etkiyi azaltarak yapıların işlevselliğini artırmaktadır. Örneğin, termit yuvalarındaki hava sirkülasyon sistemlerinden esinlenerek tasarlanan doğal havalandırma sistemleri, ahşap binaların enerji ihtiyacını azaltabilir niteliktedir. Bu tür biyomimikri çözümleri, ahşap malzemenin doğayla uyumlu yapısını daha da güçlendirmektedir.

## TARTIŞMA VE BULGULAR

### Ahşap ve Sürdürülebilirlik

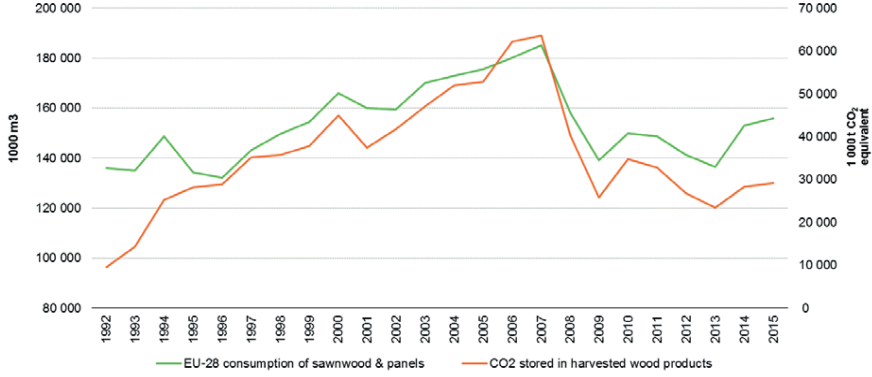
*Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin* (IPCC) Beşinci Değerlendirme Raporu'ndaki genel fikir birliği, insan faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların atmosferik dengeyi bozduğu ve 20. yüzyılın ortalarından bu yana küresel ısınmanın baskın nedeni olduğu yönündedir. Söz konusu ana faktör olarak karbondioksit gazı, insan kaynaklı emisyonların %70'ini oluşturmakta ve mevcut çıktı oranlarıyla 2100 yılına kadar atmosferik konsantrasyon seviyeleri iki katına çıkması öngörülmektedir. Ayrıca *Birleşmiş Milletlerin 2020 tarihli Binalar ve İnşaat için Küresel Durum Raporu'na* göre, bina sektörü, bina inşaat sektöründen kaynaklanan emisyonlar da dahil olmak üzere enerji ile ilişkili tüm CO<sub>2</sub> emisyonlarının %38'inden sorumlu olduğu saptanmıştır (UNEP, 2021). Bu yüzdeyi azaltmak için, mimarlık ve inşaat sektörleri çözüm olarak bütünleşmiş unsurlara sahip, çevre ile uyumlu, enerji verimliliğinin artırılmasına olanak tanıyan bütünsel çözümlere sahip binalar tasarlanmaktadır. Bu amaçla, yaşam döngüleri boyunca döngüsel ekonomi ve enerji akışı ilkelerini takip eden yenilikçi yeşil yapı malzemelerinin araştırılması, tasarlanması ve uygulanması önem arz etmektedir (Almpani vd., 2021). *Küresel Karbon Projesi (GCP), küresel sera gazı emisyonlarını* özellikle üç baskın sera gazı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) salınım miktarlarını ve nedenlerini ölçmeyi amaçlayan bir kuruluştur. Bu kuruluş, insanlığın, her yıl atmosfere yaklaşık 39 milyar ton CO<sub>2</sub> salınımı yaptığını saptamıştır. Çalışmada aynı zamanda bunların yaklaşık 21 milyar tonunu, okyanuslar ve ormanlar da dahil olmak üzere mineraller, flora ve fauna içeren karbon emiciler veya rezervuarlar depoladığı ve geriye 18 milyar tonunun ise atmosferde serbest kaldığı ifade edilmiştir. (Şekil.1) Bu durumun iklim değişikliğini daha fazlakötüleştirdiğini ve sonucu etkileyen temel faktörlerin, kritik emisyon kaynağı olan fosil yakıtların yakılması, genel endüstriyel kirlilik, ormansızlaşma ve yaşam döngüsüne sahip ahşap yerine çelik, beton ve plastik gibi enerjisi yoğun malzemelerin kullanımı olduğunu vurgulamıştır. (GCP, 2018)



Şekil 1. Küresel düzeyde CO<sub>2</sub> kaynakları ve katman dengesi. (Global Carbon Project-GCP, 2018)

Bununla birlikte *Avrupa Ormancılık Enstitüsü* tarafından yapılan bir araştırmada, AB'nin sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlarının günümüzde Avrupa'daki toplam sera gazı emisyonlarının %13'ünü oluşturan küresel karbon depolamasına katkıda bulunarak iklim değişikliğini azaltma etkisi sağladığı ifade edilmiştir. Ayrıca, biyomalzemeler, doğal kaynaklardan elde edildiğinden ve genellikle yenilenebilir olduğundan, düşük karbon ayak izine sahiptir (Lippiatt vd., 2011). Nitekim bir ağaç tarafından yetiştirilen her 1m<sup>3</sup> odun, atmosferde 0,9 ton CO<sub>2</sub> tutma miktarına karşılık gelmektedir. Bu nedenle, Avrupa ormanlarında depolanan sözde 'biyojenik' toplam karbonun yaklaşık 13 milyar ton olduğu tahmin edilmekte olup bu miktar yılda 167 milyon ton arttığı öngörülmektedir. Bu etkinin ahşap ile azaltılması gerekliliği *UNIPCC'nin Dördüncü Değerlendirme Raporunda* "Uzun vadede, ağaçlardan sürdürülebilir bir kereste, odun lifi veya enerji verimi üretirken orman karbon stoklarını korumayı veya artırmayı amaçlayan sürdürülebilir orman yönetim stratejisi, en büyük sürdürülebilir azaltma faydasını sağlayacaktır" şeklinde ifade edilmiştir. Bir ağacın depoladığı karbon, hasat edilen odun ürünlerine ömürleri boyunca sabit şekilde depolanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak odun bazlı ürünlerin çeşitli biçimlerde geri dönüştürülmesi, keresteyi daha yüksek kapasiteli, daha uzun vadeli bir karbon deposu haline getirmekte ve insan kaynaklı küresel ısınmayı sınırlama potansiyelini artırmaktadır. Ahşabın, ikame edebileceği yapı ve üretim malzemelerine göre karbon performansı kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Her birinden bir ton çelik ve alüminyum üretmenin sırasıyla 1,24 ton ve 9,3 ton CO<sub>2</sub> üreterek atmosfere salınım gerçekleştirdiği hesaplanmıştır. Buna karşılık, ahşap herhangi bir atmosferik salınım yapmanın aksine Avrupa'da ahşap kullanım ve işleme hacmine denk gelen 38,2 milyon ton eşdeğer olarak

atmosferden CO<sub>2</sub> emerek ve depolayarak sürdürülebilirlik kavramına uygun olarak malzeme tercihinin ahşap yönünde olması gerektiğini net bir şekilde göstermektedir (Nabuurs vd., 2018).



Şekil 2. Tüketime dayalı ahşap ürünleri ve CO<sub>2</sub> depolaması, EU28, 1992-2015. (Eurostat, 2019)

## İklim Dostu Tasarım

İklim dostu tasarım, doğal çevreye saygı ve sürdürülebilirlik ilkelerine dayanmaktadır. Bu tasarım yaklaşımı, enerjinin verimli kullanılması, atıkların azaltılması, çevre dostu malzeme seçimi ve karbon ayak izinin en aza indirgenmesi gibi ilkelere dayanmaktadır. Bu ilkeler, sürdürülebilir tasarımın temel unsurlarını oluşturarak tüm üretim ve tasarım süreçlerine entegre edilmesi önem arz etmektedir (Xu vd., 2022).

### İklim Dostu Tasarım İlkeleri

- **Enerji verimliliği:** İnşa edilen binalarda ve üretilen ürünlerde enerji tüketimini minimize etmek için enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler ve doğal aydınlatma gibi yenilikçi çözümler sunulmalıdır.
- **Atık yönetimi:** Geri dönüşüm ve yeniden kullanım odaklı tasarımlar, çevresel kirliliği azaltarak kaynakların korunması yönünde atılması gereken önemli adımlardır.
- **Doğal malzeme kullanımı:** Çevre dostu, geri dönüştürülebilir veya biyobozunur malzemeler kullanılarak, ürünlerin çevresel etkisi azaltılmalıdır.

- **Karbon nötrlük (net zero):** Tüm süreçlerde karbon emisyonlarını dengeleme ve azaltma hedefi, iklim dostu tasarımın temel hedeflerindedir (Kibert, 2016).

### **İklim Dostu Tasarım Stratejileri**

**Yenilenebilir enerji entegrasyonu:** İklim dostu tasarımda enerji verimliliği ve karbon salınımını azaltma hedefleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gerektirir. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerji, iklim dostu yapıların enerji ihtiyacını karşılamak için en çok tercih edilen kaynaklardır. Özellikle binalarda çatı güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve jeotermal ısı pompaları gibi teknolojiler sayesinde, enerji bağımlılığı azaltılarak karbon emisyonları düşürülmesi önemlidir. Bu sistemlerin yaşama entegrasyonu, kısa ve uzun vadede hem çevreye duyarlı hem de ekonomik avantajlar sağlamaktadır.

**Doğadan ilham alan tasarımlar ve biyomimikri:** Doğadaki sistemlerin verimli işleyişinden esinlenerek geliştirilen biyomimikriye yönelik tasarımlar, çevre dostu çözümler sunmaktadır. Örneğin, termit yuvalarından ilham alan doğal havalandırma sistemleri, binalarda enerji tüketimini azaltmak amacıyla ve lotus yapraklarının su tutmayan yüzey yapısından esinlenen su geçirmez kaplamalar kullanılabilirliğe elverişlidir. Doğada milyonlarca yıl içinde optimize edilen bu işlevler, iklim dostu tasarımın gelecekte daha da verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

**Sürdürülebilir malzemeler ve karbonsuzlaştırma:** İklim dostu tasarımda sürdürülebilir malzeme kullanımı, karbon ayak izinin azaltılmasında kritik bir öneme sahiptir. Ahşap gibi yenilenebilir ve karbon depolayabilen malzemeler, çelik ve beton gibi yüksek karbon salınımı olan malzemelere alternatif olarak tercih edilmektedir. Biyobozunur, geri dönüştürülebilir veya çevresel etkisi düşük olan malzemelerin kullanımı, yaşam döngüsü boyunca çevreye daha az zarar vermektedir. Ayrıca, ileri teknolojik malzemeler kullanılarak üretilen karbon nötr ürünler, gelecekte karbonsuz tasarımın yaygınlaşmasına katkıda bulunacaktır.

**Döngüsel ekonomi ve atık azaltımı:** Doğal sistemlerde atık oluşmaması; doğadaki her nesnenin ekolojik bir döngünün parçası olduğunu göstermektedir. Döngüsel yaşam modeline uyumlu olarak tasarlanan iklim dostu ürünler, kullanım süresi sona erdiğinde bile yeniden değerlendirilmekte ve çevreye minimum zarar vermektedir. Tasarım sürecinde ise modüler sistemler, geri dönüşüm ve yeniden kullanım odaklı yaklaşımlar benimsenmektedir. Bu sayede, kaynak tüketimi azaltılarak

karbon emisyonları minimuma indirilmekte ve atık miktarı azaltılmaktadır (Xu vd., 2022).

### İklim Dostu Tasarım Uygulamaları

**Yeşil binalar ve pasif tasarım:** Yeşil binalar, enerji verimliliğini artırmak, su tüketimini azaltmak ve doğal kaynakları korumak amacıyla tasarlanmakta, pasif tasarım teknikleri ise bina içindeki iklim kontrolünü optimize ederek enerji ihtiyacını en aza indirmektedir. Örneğin, binanın doğal ışık alması için yönlendirme yapılması, ısıyı koruyan yalıtım malzemelerinin kullanılması gibi çözümler, enerji tüketimini düşürmektedir. Ayrıca, yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi bitki örtüsü ile entegre edilmiş yapılar, karbon emisyonlarını azaltırken şehirlerde biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlar niteliktedir.

**Karbon nötr ürün tasarımı:** Karbon nötr ürünler, üretimden geri dönüşüme kadar olan tüm süreçlerde karbon emisyonlarını dengeleme hedefi ile tasarlanmaktadır. Biyobozunur ambalaj malzemeleri, çevre dostu boyalar, organik tekstil ürünleri gibi karbon nötr ürünler, iklim dostu tasarımın önemli örneklerindedir. Karbon ayak izini düşürmek için enerji verimliliğini artıran, daha az kaynak gerektiren üretim süreçleri ve geri dönüşümlü malzemeler tercih edilmektedir.

**İklim dostu şehirler:** Şehirler, karbon salınımının önemli bir kısmından sorumludur. İklim dostu şehircilik, ulaşım, enerji ve altyapı gibi alanlarda sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Örneğin; toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, bisiklet yollarının ve yaya alanlarının artırılması, karbon emisyonlarını azaltmaya katkı sağlamaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir altyapı sistemleri ve yeşil alanların çoğaltılması, şehirlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Almpani vd., 2021).

### Gelecek Perspektifleri: İklim Dostu Tasarımda Teknolojik Gelişmeler

Teknolojik yenilikler, iklim dostu tasarımın geleceğinde, önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zeka destekli tasarım optimizasyonu, karbon ayak izini en aza indiren akıllı sistemlerin geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması, enerji verimli yapı malzemeleri, akıllı bina sistemleri, yenilenebilir enerjilerin entegrasyonu, biyolojik ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı gelecekte iklim dostu tasarımların daha erişilebilir ve yaygın hale gelmesini sağlayacaktır. Ayrıca, üç boyutlu baskı teknolojileri ve sürdürülebilir malzeme üretimi, daha düşük maliyetlerle çevre dostu ürünler oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Doğadan ilham alan



biyomimikri tasarımları sayesinde karbon emisyonunu azaltan çözümler de hızla artmaktadır. Örneğin, akıllı enerji yönetim sistemleri, binaların gerçek zamanlı enerji tüketimini optimize edebilirken; karbon emici kaplamalar gibi yenilikçi teknolojiler çevreye olan etkiyi azaltmaya yardımcı olacaktır (Ediboğlu, 2022)

### **İklim Dostu Tasarımda Biyomimikri**

Biyomimikri kelimesi Yunanca yaşam anlamına gelen biosve ve taklit anlamına gelen mimesis kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Aslında doğayı taklit etme düşüncesi insanlık kadar eskidir (Reed, 2003). Fakat biyomimikri, doğadan öğrenme şeklimizin değişip gelişmesiyle ortaya çıkan bir bilim dalıdır. Nitekim sanayi devriminden sonra, yeni teknolojilerin ve doğayı gözlemlemenin yeni yollarının gelişmesiyle birlikte doğayı atom düzeyinde incelemek mümkün hale gelmiştir. Bununla birlikte doğayı taklit etme düşüncesi yerini bilimsel bilgi ve doğayı açıklayan kanun arayışlarına bırakmıştır. Doğaya ilişkin gözlem yoluyla elde edilemeyen bilgilerin elde edilmesi, bu bilgilerin insan sorunlarına aktarılması konusunda yeni yaklaşımların aranmasına yol açmıştır. Farklı disiplinlerde bu yaklaşımlara biyoteknoloji, biyomorfizm, biyofili, biyo-etkileşim, biyomimesis, biyomimetik ve biyomimikri gibi farklı isimler verilmiştir (Gamage vd., 2012). İsimleri farklı olmasına rağmen benzer ve ilgili tüm yaklaşımların tümünün temelinde aynı fikir yatmaktadır. Janine Benyus, 1997 yılında yayınladığı “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature” adlı kitabıyla bu kavramları yeniden gündeme getirmiş ve biyomimikriye metodolojik bir yaklaşım önermiştir. Biyomimikrinin bir problemi çözerken belirli bir bitki veya hayvan türünü hedeflemek yerine tüm sınıflara (bakteriler, mantarlar, bitki ve hayvanlar) hitap ettiğini belirtmiştir. Benyus’a göre doğadan elde edilen bilgilerin bir çözüm kataloğu halinde toplanması bazı ortak noktaları ortaya çıkaracak ve bu ortak noktalar soruna yönelik çok basit tasarım ilkeleri sağlayacaktır (Benyus, 1997). Maibritt Pedersen Zari (2010) ise biyomimikriyi bir organizmaya, bir organizmanın davranışına veya tüm ekosistemin biçim, malzeme, üretim yöntemi, süreç stratejileri veya işlev bakımından taklit edilmesi olarak tanımlamaktadır. Burada bahsedilen taklit, organizmaların olduğu gibi kopyalanmasını değil; biyolojiden edinilen yorumları, uyarlamaları ve üretmeleri içermektedir (Vincent, 2009).

İklim dostu tasarımda biyomimikri, doğada milyonlarca yıldır yaşayan canlıların geliştirdiği enerji verimli, dayanıklı ve çevreyle uyumlu stratejilerden ilham alarak sürdürülebilir çözümler üretmeye yönelik bir yaklaşımdır. İklim değişikliği, sürdürülebilir ve çevre dostu tasarım stratejilerinin önemini artırmış karbon emisyonlarının azaltılmasını ve



ekolojik yapıların oluşturulmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda biyomimikri, yani doğadaki canlıların enerji verimliliğine sahip ve çevre dostu sistemlerinden ilham alınan tasarımları, karbonsuzlaştırma sürecine önemli katkılar sunmaktadır. Biyomimikri yaklaşımları, karbon ayak izini azaltan ve doğal kaynakları en verimli şekilde kullanan çözümler geliştirmeyi mümkün kılmaktadır. Karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik biyomimikri yaklaşımlarının pratik uygulamaları arasında yenilenebilir enerji sistemleri, enerji tasarruflu yapı malzemeleri ve dögüsel ekonomi odaklı üretim yer almaktadır (Aanuoluwapo vd., 2017).



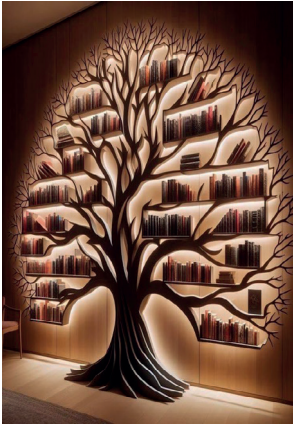
*Damar Yapısı Modeli*



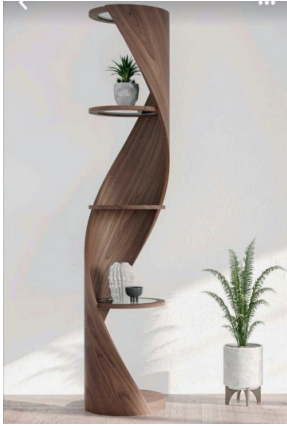
*Odun Hücresi Modeli*



*İskelet Modeli*



*Ağaç Modeli*



*DNA Sarmalı Modeli*



*Çiçek Modeli*

*Şekil 3. Biyomimikri Yaklaşımıyla Ahşap Ürün Tasarımları*

## **Biyomimikriye Dayalı Tasarım Stratejileri ve Ahşap Ürün Tasarımında Kullanımı**

**Yapısal biyomimikri; dayanıklılık ve hafiflik:** Doğada, dayanıklı ve hafif yapılar birçok canlıda gözlemlenmektedir. Örneğin, ağaçların hücresel yapısı, aynı zamanda hafif ve güçlü olmalarını sağlamaktadır. Bu tür biyomimikri yaklaşımları, ahşap strüktürlerde uygulanarak daha az malzeme kullanımıyla daha dayanıklı ve uzun ömürlü yapılar üretilmesi mümkündür. Ağaç dallarının veya kemik yapılarının örnek alındığı ahşap tasarımlar, daha az kaynak tüketimiyle daha sağlam yapılar inşa etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca termit yuvalarının iç yapısından ilham alınarak geliştirilen doğal havalandırma sistemleri ise, ahşap yapılarda enerji tüketimini azaltıcı sistemlerdir.

**Fonksiyonel biyomimikri; doğal yalıtım ve enerji verimliliği:** Doğadaki birçok yüzey, koruyucu bir kaplama ile donatılmıştır. Lotus bitkisinin yapraklarının su tutmayan yüzeyi, biyomimikri yaklaşımıyla birlikte bir kaplama olarak kullanıldığında ahşap yüzeylerin suya dayanıklı olmasını ve bakım gerektirmemesine sebep olmaktadır. Ayrıca, bazı ağaç kabuklarının böcekleri ve mantarları uzak tutan doğal kimyasallar içermesi, biyomimikri temelli koruyucu kaplamalar için ilham kaynağı olmasıyla kimyasal koruyuculara olan ihtiyaç azalması ve çevre dostu bir çözüm sağlanması muhtemeldir.

**Sistemsel biyomimikri; atık yönetimi ve dögüsel tasarım:** Ahşap ürünlerde sistemsel biyomimikri, tasarımın geri dönüşümlü ve biyolojik döngüye uyumlu olacak şekilde geliştirilmesini sağlamaktadır. Örneğin, ahşap atıkların biyoyakıt veya kompozit malzemeler olarak tekrar kullanılması, biyomimikri temelli bir atık yönetimi stratejisidir. Böylece, kaynak kullanımında doğanın döngüsel yapısını taklit ederek çevresel sürdürülebilirlik desteklenmektedir.

**Biyomimikri ve ahşap kullanımının karbon ayak izi üzerine etkisi:** Ahşap, karbonsuzlaştırma potansiyeli yüksek bir malzeme olup, biyomimikri stratejileriyle kullanıldığında, karbon ayak izini azaltma sürecine katkıda bulunacaktır. Özellikle ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi durumunda ahşap ürünlerin kullanımı, uzun vadeli bir karbon yutak görevi görecektir. Ahşap ürünlerin yaşam döngüsü boyunca karbonu hapsedmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesinde önemlidir. Biyomimikri ile desteklenen ahşap tasarımlar, geleneksel tasarımlara göre daha uzun ömürlü ve daha dayanıklı olabileceği için, bu ürünler daha uzun süre boyunca karbonu depolayacaktır. (Gamage, 2012).

## SONUÇ

İklim değişikliği etkilerini azaltmak için sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlardan elde edilen ahşap ürünlerin kullanılması gerektiği giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Nitekim ahşap malzeme, karbon ve diğer çevresel etkiler açısından ölçülen yaşam döngüsü analizinde iyi bir performans sergilemektedir. Ayrıca ahşabın, ürünlerin tasarımında ve üretiminde daha fazla tercih edilmesi gerektiği bahsedilen çalışmalarda vurgulanmıştır. Hatta ahşabın temel bileşenlerinden biri olan selüloz lifi çeşitli kumaşlar, biyoplastikler ve diğer gelişmiş malzemelerin temeli olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Bununla birlikte ısınma, enerji ve üretim malzemeleri için fosil yakıtlara olan bağımlılığın dünya çapında azaltılması gerekmektedir. Mineraller, metaller ve hatta su gibi diğer sınırlı kaynakların kullanımında tasarruf etmek önem arz etmektedir. İklim değişikliği ve nüfus artışıyla mücadelede bir diğer önemli çözüm ise, başta sürdürülebilir ahşap olmak üzere yenilenebilir, biyolojik temelli kaynakların daha fazla kullanılmasına zemin hazırlamaktır. Bunlar insan yapımı alternatiflerine göre daha az enerji gerektirmesiyle birlikte üretim, kullanım ve atık sürecinde daha az emisyon üreten, geri kazanılabilir, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir niteliktedir. Tasarım açısından değerlendirildiğinde ahşap ve biyomimikri, iklim dostu tasarım için geleceğin sürdürülebilir malzeme ve yöntemleri arasında yer almaktadır. Ahşap, doğal karbon döngüsünde önemli bir rol oynarken, biyomimikri ile birleştirildiğinde malzeme verimliliği, dayanıklılık, sürdürülebilirlik ve çevreye uyumluluk açısından önemli katkılar sağlar. Doğadan ve ahşabın doğal yapısından ilham alan tasarımlar, iklim değişikliğiyle mücadelede güçlü araçlar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek nesillere daha sürdürülebilir bir dünya bırakma hususunda karbonsuz bir yaşam için ahşap ve biyomimikri yaklaşımlarını içeren çalışmaların teşvik edilmesi önem arz etmektedir.

## Kaynakça

- Aanuoluwapo, O.O., Ohisb A.C. (2016). Biomimetic strategies for climate change mitigation in the built environment. *The 8th International Conference on Applied Energy – ICAE2016*.
- Almpani, L.D., Pfeiffer, S., Schmidts, C., Seo, S. I. (2021). A review on architecture with fungal biomaterials: The desired and the feasible. *Fungal Biology and Biotechnology*, 8(1), 1-9.
- Benyus, J.M., (1997). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. *New York, USA: William Morrow & Company*. ISBN 978-0-688-16099-9.
- Ediboğlu, E. (2022). İklim Değişikliğiyle Mücadelede Teknoloji, Türkiye İçin Öneriler, Bölüm I: Çevreye Duyarlı Teknolojilerin Transferi. *Stiftung Mercator Girişimi, İstanbul Politikalar Merkezi & Sabancı Üniversitesi*.
- Eurostat, Forests, forestry and logging statistics. Statistics Explained, Accessed May (2019).
- Gamage, A., Hyde, R., (2012). A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architectural Science Review*, 55(3), pp. 224-235.
- Global Carbon Project (2018), Carbon budget and trends 2018. [www.global-carbonproject.org/ carbonbudget] published on 5 December 2018.
- Kibert, C. (2016). Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. *New Jersey: John Wiley & Sons*.
- Lippiatt, B. C., & Cialone, C. (2011). Life-cycle assessment of buildings: A review, *Sustainable development and planning V* (pp. 85-96). WITT Press. doi: 10.2495/SDP110081.
- Nabuurs, G-J., Verkerk, P. J., Schelhaas, M-J., Olabarria, J. R. G., Trasobares, A., Cienciala, E. (2018). Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions. *From Science to Policy 6. European Forest Institute*.
- Reed, P.A. (2003). “A paradigm shift: biomimicry: biomimicry is a new way of linking the human-made world to the natural world”, *The Technology Teacher*, vol. 63, no. 4, pp. 23-28
- UNEP, (2021). United Nations Environment Programme. Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. ISBN: 978-92-807-4131-5 Job number: CLI/2621/NA
- URL1. <https://www.semanticscholar.org/paper/Biomimicry-in-Furniture-Design-Tav%C5%9Fan-S%C3%B6nmez/99fb071aadfc9e8497e469f687ee132aed339>
- Vincent, J.F., (2009). Biomimetics: a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of engineering in medicine*, 223(8), pp. 919-939.
- Xu, W., Zhang, Y. (2022). Evaluation of Sustainable Environment-Friendly Interior Decoration Design from the Perspective of Low-Carbon Econom. *Mathematical Problems in Engineering*.