

## Mobilya Tasarımında Biyomimikri Yaklaşımının Sürdürülebilirlikle İlişkisinin İrdelenmesi

Investigation of the Relationship between Biomimicry Approach in Furniture Design and Sustainability

**Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Atilla SÖĞÜT**

ORCID: 0000-0003-3955-6033 ◆ Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İç Mimarlık Bölümü, Dr. Öğretim Üyesi ◆ [atilla.sogut@msgsu.edu.tr](mailto:atilla.sogut@msgsu.edu.tr)

**Arş. Gör. Ayşenur KANDEMİR**

ORCID: 0000-0002-9558-2984 ◆ İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, İç Mimarlık (İngilizce) Bölümü, Araştırma Görevlisi ◆ [aysenur.kandemir@nisantasi.edu.tr](mailto:aysenur.kandemir@nisantasi.edu.tr)

### Özet

Doğa ve doğadaki organizmalar, milyonlarca yıl boyunca çok çeşitli zorluklara karşı verimli, esnek ve sürdürülebilir çözümler geliştirmiş olduklarından, sürdürülebilir çözümler için önemli bir kaynaktır. Biyomimikri yöntemi bu kaynağı, yani doğanın problem çözme sürecini gözleme ve analiz etme ve bunu tasarım problemlerine uygulamaktadır. Bu çalışmada öncelikle biyomimikri ve biyomimikri tasarım yaklaşımları çerçevesinde literatür taraması yapılmıştır. Daha önce yapılan araştırmalar biyometrik yöntemlerin iç mekanlarda, özellikle mobilyalarda uygulandığını gösterirken, indirgemeci bir yaklaşım sergileyerek yüzeysel bir düzeyde sınırlandırılmıştır. Biyomimikri yaklaşımının, malzeme, doku gibi biyomimikrinin çalışma sistemi dikkate alınmadan yalnızca biçime odaklanıldığından sürdürülebilirliğe katkısının kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışma, mobilya tasarımında antropometrik ve ergonomik ihtiyaçlara cevap verirken sadece formda değil, malzeme, doku ve diğer yön seçimlerinde de sürdürülebilirliğin nasıl sağlanabileceğine cevap aramaktadır. Biyomimikri yaklaşımı yüzeysel düzeyden derin düzeye doğru ilerleyen üç seviyeden oluşmaktadır. Üçüncü seviye yani derin düzey biyomimikri yaklaşımı, yalnızca doğanın biçim ve işlevini taklit etmenin değil, aynı zamanda tasarım sürecinde de ekosistemin taklit edilerek çevre dostu olmasını sağlamanın gerekliliğini vurgulamaktadır. Derin düzey biyomimikri yaklaşımı sürdürülebilirliğe en fazla katkıda bulunan seviyedir. Bu nedenle mobilya tasarımında endüstriyel üretimin çevreye verdiği zararı azaltmak ve sürdürülebilir çözümler üretmek için yenilikçi tasarımcıların derin düzeydeki biyomimikri yaklaşımını kullanarak alternatif bir bakış açısı geliştirmesi gerektiğine değinilmiştir. Ardından mobilyanın iki bileşeninden biri olan strüktürde kullanılacak malzemenin tasarımın dayanıklılığı ve verimliliği açısından güçlü; yüzey kaplama malzemesinin ise esnek ve hijyenik olması gerektiğinden, iki ayrı kategoride farklı biyometrik malzemeler doküman analizi yöntemiyle incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda biyomimikri yöntemiyle oluşturulmuş malzemelerin biyomimikri düzeyi, mobilya üretiminde sürdürülebilirliğe katkısı ortaya konmuştur. Ardından bu bulgular mobilya tasarımı kapsamında biyomimikri ilkelerini örnekleyen tasarım fikirleri önermek için kullanılmıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, yalnızca doğanın biçimlerini taklit etmekle kalmayan, aynı zamanda malzemelerini, dokularını ve genel ekolojik etkisini de hesaba katan mobilyaların geliştirilmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Doğadan ilham alarak strüktür ve yüzey kaplama malzemeleri için önerilen biyomimikri seçeneklerin kullanılmasının, çevre dostu mobilya tasarımlarının gerçekleştirilmesine katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomimikri, Biyometrik, Sürdürülebilirlik, Mobilya, Tasarım

### Extended Abstract

The term "biomimicry" simply means "mimicking nature." It is an important method used in disciplines such as architecture and engineering, where the process of overcoming nature's challenges is observed, analyzed, and applied to provide solutions to design problems. In today's world, biomimicry is utilized to develop solutions for various problems in different fields, shifting the perspective from viewing nature hierarchically to learning from it and what it can teach us. For this method to be fully reflected in design, it is not sufficient to merely imitate the form and function; it is essential to ensure that the process does not harm nature and that the resulting product is sustainable.

In this study, a literature review was conducted and document analysis method was used within the framework of the data obtained on the subject. Document analysis is defined as "a systematic process of examining or evaluating both printed and electronic (computer-based and internet-based) documents" (Bowen, 2009: 27). In the study, firstly, the concepts of 'biomimicry' and 'sustainability' are mentioned within the framework of the literature. In addition, evaluations were made in terms of material, form and need in furniture design and analyzed from the perspective of biomimicry. In the light of the information obtained from these evaluations, document analyses were made about form and material, and the biomimicry approach was used in design proposals that can serve as an example within the scope of furniture. Within the framework of comparative analysis and recommendations, it is concluded that interior designers should infuse a biomimicry phase into the programming phase of the design process.

Through the evaluations, the forms and materials derived from biomimicry were subjected to in-depth analysis. This allowed the researchers to draw insights and inspiration from nature's designs and solutions to various challenges. The findings from these analyses were then utilized to propose design ideas that exemplify the principles of biomimicry within the scope of furniture design. By integrating biomimicry into the design process, the study aimed to address not only functional and ergonomic requirements but also sustainability aspects. This comprehensive approach seeks to promote the development of furniture that not only mimics nature's forms but also takes into account its materials, textures, and overall ecological impact. By doing so, the study aimed to contribute to the creation of more sustainable and nature-inspired furniture designs.

For furniture to be sustainable, its structure should have a long lifespan, and as a result, the materials used should yield a strong and functional output with minimal usage. This means achieving high efficiency with minimal materials. One example of materials that can be used in furniture structures is biodegradable plastics. Plastic materials are frequently chosen in furniture design due to ease of mass production, the ability to achieve desired forms, durability, and low cost. However, the long-lasting nature of plastics in the environment has become an environmental concern. The rise of plastic pollution as one of the world's significant problems, along with its high carbon footprint resulting from the use of fossil fuels during production, necessitates the search for alternatives.

Researchers have been inspired by microorganisms' ability to break down biopolymers into organic matter and have produced biodegradable plastic materials. These materials include polylactic acid, a plant-based plastic material mixed with cornstarch, and polycaprolactone, a biodegradable polyester widely used in biomedical applications. Industrial enzymes, along with enzyme protectors that help separate enzymes from each other by a few nanometers, are dispersed in base plastics, and these enzymes remain dormant until triggered by hot water or compost soil. Once activated, the enzymes break down the plastic material, converting it into compost. This approach prevents harm to the environment and adheres to the principle of sustainability, a fundamental aspect of biomimicry. By transforming widely used plastic materials in the furniture sector that could take hundreds of years to degrade, we can achieve a more environmentally friendly approach through biodegradable alternatives inspired by biomimicry principles.

The required qualities in the materials used for the structure and surface coating in design differ significantly. For the design to have a long lifespan, the surface material may need to be hygienic and hydrophobic. Unlike structural materials, surface materials directly interact with the human body, making their texture and ergonomic properties crucial. Flexible plates that mimic fish scales and armadillo shell are examples of materials that can be used for furniture surface coating. Animals from different families have flexible armored skins characterized by hard scales embedded in soft tissues. The individual moving hard segments provide protection against predators while enabling efficient movement due to their flexibility.

Inspired by this observation, Chintapalli et al. (2014) developed a system using hexagonal glass plates placed on a rubber substrate. They found that segmented plates not only provide flexibility but also delay fracturing. Moreover, in the developed glass-rubber system, they utilized a segmented design to increase puncture resistance by up to 70%. Such a material, particularly when used to enhance the flexibility of seating furniture, can increase the furniture's durability and, consequently, its lifespan. Additionally, it can provide ergonomic comfort by adapting to the kinetic and curvilinear structure of the human body.

In conclusion, in order to reduce the environmental impact of industrially produced furniture designs, innovative designers need to adopt alternative perspectives. Moving away from a reductionist approach and embracing a holistic biomimetic perspective can lead to sustainable design outcomes. Achieving this also involves using materials produced with green technology. By integrating biomimetic principles and utilizing biomimetic materials, furniture designers can achieve sustainable designs that not only minimize environmental impact but also enhance user comfort and well-being.

**Keywords:** Biomimicry, Biomimetics, Sustainability, Furniture, Design

## Giriş

Doğa ve doğadaki organizmalar uzun bir evrim süreci boyunca çeşitli organizmalar ve ekosistemler geliştirmiştir. Bu organizmalar ve ekosistemler milyonlarca yıllık deneme yanılma sürecinden geçerek çok çeşitli zorluklara karşı verimli, dirençli ve sürdürülebilir çözümler üretmiştir. Dolayısıyla doğa, verimli ve sürdürülebilir çözümler için araştırma ve gelişme sürecinden geçerek hazır ve zengin bir kaynak sunmaktadır. Doğadan yalnızca malzeme olarak yararlanmak yerine doğadaki süreçlerden ve mekanizmalardan öğrenilerek faydalanılması insanlara daha fazla yarar sağlayacak ve uzun vadeli bir çözüm sunacaktır (Fiorentino, Hoyos, 2017: 1). Doğanın bilgi birikiminden doğru bir biçimde yararlanılabilmesi için son yıllarda ortaya çıkan yaklaşımlardan biri de biyomimikri olmuştur. Mimarlık, mühendislik gibi disiplinlerde önemli bir yöntem olarak kullanılan ve doğaya benzeştirmek anlamına gelen biyomimikri yaklaşımı, doğanın problemlerin üstesinden gelme sürecinin gözlemlenip, analiz edilip tasarıma uygulanarak tasarım sorunlarına çözüm sunmaktadır. Günümüzde birçok alandaki problemlere çözüm geliştirmek için kullanılan biyomimikri yöntemi, bireyin doğaya karşı kendini konumlandığı hiyerarşik yerden alıp, doğal dünyadan ne çıkarılabileceğine değil, ondan ne öğrenilebileceğine dayalı bir dönem başlatmaktadır (Benyus, 2002: 5). Biyomimikri yaklaşımı kapsamında, doğanın stratejilerinin doğru bir şekilde tasarıma uygulanması için tasarım spiralleri geliştirilmiştir. Bu tasarım spiralleri tasarımın çeşitli aşamalarında kullanılarak yenilikçi çözümlerin üretilmesi için kullanılabilir (Alanbari, Ark., 2022: 2337). Biyomimikri yöntemin tasarıma doğru bir şekilde yansması için yalnızca fonksiyon ve biçimi taklit etmek yeterli olmayıp; bu süreçte doğaya hem zarar verilmemeli hem de ortaya çıkan ürün sürdürülebilir nitelikte olmalıdır.

Sürdürülebilirliğin sağlanması, kaynakların ekosistemlerin yenileyebileceğinden daha hızlı tüketilmemesini ve nesnelerin sürdürülebilir malzemelerle tasarlanmasını sağlamakla mümkündür. Biyomimikri, sürdürülebilir kalkınmanın zorluklarını aşmak için doğayı model alan, mevcut sürdürülebilir olmayan insan-doğa ilişkilerini tanımlayan mevcut sanayi çağının ekolojik olarak yıkıcı teknolojilerine, sistemlerine ve yaklaşımlarına alternatifler için artan çağrılara bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır (Ilieva, Ark., 2022: 38). Tasarımcılar, form, süreç ve ekosistemlerin taklit edilmesini dikkate alan derin biyomimikri düzeyini benimseyerek sürdürülebilirliğin sağlanması için rol model olabilirler (Kennedy, Ark., 2015: 72). Yapılı çevrenin önemli unsuru olan mobilyalar endüstriyel olarak tasarlanan ve üretilen ürünlerdir. Gezegenimizin ekolojik dengesini korumak için tüm sektörlerde olduğu gibi mobilya sektöründe de sürdürülebilirliği teşvik etmek gerekmektedir (Şahin, 2018: 60). İşlev, malzeme, ergonomi, estetik ve kullanıcı konforu gibi faktörlere göre şekillenen mobilya tasarımında kullanılan malzemeler strüktür ve yüzey kaplama malzemesi olarak ele alınabilir (Özel, Ürük, 2021: 592). Teknoloji ve disiplinler arası iş birliği ile biyomimikri, çevreye veya bireysel sağlığa zarar vermeden kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan yeni malzemeler sunmaktadır. Bu malzemelerin mobilya sektöründe kullanımı mobilya tasarımında sürdürülebilirliğin sağlanmasına imkân tanıyacaktır.

## Yöntem

Bu çalışmada kaynaklar incelenerek literatür taraması yapılmış ve konuyla ilgili edinilen veriler çerçevesinde doküman analizi yöntemi kullanılmıştır. Doküman analizi, "hem basılı hem de elektronik (bilgisayar tabanlı ve internet üzerinden iletilen) belgelerin incelenmesi ya da değerlendirilmesine yönelik sistematik bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Bowen, 2009: 27). Çalışmada öncelikle literatür

çerçevesinde 'biyomimikri' ve 'sürdürülebilirlik' kavramlarına değinilmiştir. Beraberinde mobilya tasarımında malzeme, biçim ve ihtiyaç anlamında değerlendirilmeler yapılarak biyomimikri perspektifinden incelenmiştir. Bu değerlendirmelerden elde edilen bilgiler ışığında biçim ve malzeme hakkında doküman analizleri yapılarak, biyomimikri yaklaşımının mobilya kapsamında örnek teşkil edebilecek tasarım önerilerinde kullanılmıştır. Karşılaştırmalı analiz ve öneriler çerçevesindeyse iç mimarların, tasarım sürecinin programlama aşamasına biyomimikri yöntemi eklemeleri gerektiği sonucuna varılmıştır.

### **Tasarımda Doğadan Esinlenme**

Evrensel değişikliklerden etkilenen tasarımların, bu değişimlere cevap vermesi gerekmektedir (Kalay, Ark., 2023: 114). Tasarımların değişimlere cevap verilebilmesi için dünyada yaşamın ilk var olduğu andan beri türlü değişime ve zorluğa uyum sağlayan doğaya ve doğadaki organizmalara bakılmalı ve 3,8 milyar yıllık araştırma sürecinden yararlanılmalıdır (Pawlyn, 2019: 1). Bu nedenle tasarımcıların tasarım süreçlerine biyomimikri yöntemini dahil ederek doğada ve iç mimarların tasarım süreçlerinde problem çözmek için kullanılan modellerin incelenmesi gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünde biyomimikri kavramı, yaklaşımları ve bu kavramın tasarım sürecine dahil edilmesi için kullanılan modeller irdelenecektir.

### **Biyomimikri**

Biyomimesis kelimesi, Yunanca yaşam anlamına gelen βίος (bios) ve taklit anlamına gelen μίμησις (mīmēsis) kelimelerinin birleşiminden ortaya çıkmıştır (Volstad ve Boks, 2012: 190). Biyomimetik ve biyomimesis terimleri ile eş anlam ifade eden biyomimikri kelimesi de yaşamı taklit etmek anlamına gelmektedir (Vincent, Ark., 2006: 471). Biyomimikri kelimesinin literatürdeki yerinin nispeten yeni olmasının aksine; doğanın işleyişini taklit yönteminin tasarımcılar, mühendisler, mimarlar tarafından kullanımının çok daha eski yıllara tarihlendiği görülmektedir. Biyomikrinin tasarım alanında ilk örnekleri Rönesans dönemine kadar uzanmaktadır. Örneğin Leonardo da Vinci'nin (1452–1519), uçak eskizlerinde kuş ve yarasadan ilham aldığı açıkça görülmektedir. Bir diğer örnek ise, İsviçreli mühendis George de Mestral'in (1907–1990), yürüyüş yaptığı sırada giysisine ve köpeğinin tüylerine yapışan dulavrat otunu fark ederek mikroskop altında çalışma prensibini incelemesi ve cırtcirt bantı icat etmesidir (Kennedy, 2017: 51).

Biyomimikri kelimesi bir terim olarak ortaya çıkmadan önce Otto Schmitt tarafından anolojilerin biyolojiden teknolojiye aktarımını ifade etmek üzere 'biyomimetik' terimi literatüre girmiştir (Vincent, Ark., 2006: 471). Daha sonra ise Janine Benyus tarafından yayımlanan "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" kitabında ele alınarak daha geniş ölçekte tanımlanmıştır. Benyus'a göre biyomimikri, doğanın modellerini inceleyen ve insan problemlerini çözmek için bu süreçleri taklit eden veya onlardan ilham alan yeni bir bilimdir (Benyus, 2002: 1). Biyomimikrinin potansiyeli, doğal formların doğrudan taklit edilmesinin çok ötesinde yatmaktadır (Peters, 2011: 44). Bu potansiyelin tasarımda kullanılmasına yönelik sistematik ve sürdürülebilir yaklaşımlar ise son yıllarda geliştirilmektedir.

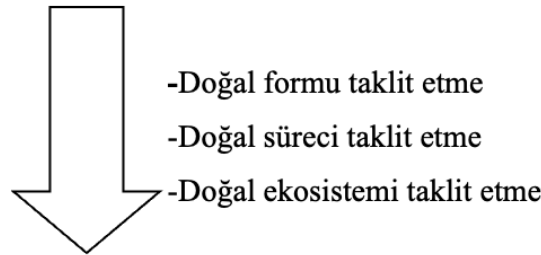
### **Biyomimikri Yaklaşımları**

Biyomimikri, doğayı nasıl algılandığı ve ona nasıl değer verildiği konusunda yeni bir bakış açısını temsil etmektedir. Benyus'a (2002: 1) göre, tasarımcıların doğanın dehasını gerçekten taklit edebilmek için bireylerin doğal dünyayı gözlemlerken yeni bir bakış açısı benimsemeleri gerekmektedir. Biyomimikri yaklaşımında doğa bir model, bir ölçüt ve bir akıl hocası olarak görülmektedir. Yeni davranış biçimlerini

geliştirmek için doğadan 'model' olarak yararlanabilir. Doğal dünyada israf minimum düzeydedir ve unsurlar arasında sınırlar yoktur; bunun yerine, her bir bileşenin diğerlerinin varlığını desteklediği karmaşık, iç içe geçmiş sistemler vardır. Bu ilişkiselliği ve birbirine karşılıklı bağlılığı modellemek, tüm türlerin ihtiyaçlarına saygı gösterecektir. Yenilikçi eylemlerin, sonuçların ve tasarımların doğruluğunu değerlendirecek standartlar için doğadan 'ölçüt' olarak yararlanılabilir. Ortaya çıkan sonucun yaşamı destekleyip desteklemediği, doğaya uygun olup olmadığı veya etkili bir şekilde devam edip etmeyeceği gibi sorular eylemlerin ve tasarımın doğruluğunu belirleyecektir. Doğadan, onunla ve doğadaki diğer organizmalarla uyum içerisinde yaşamayı öğrenmek için 'akıl hocası' olarak yararlanılabilir. Akıl hocalarının güvenilir ve deneyimli danışmanlardır. Doğa da uzun bir evrim sürecinden geçerek, karmaşık, verimli, dirençli ve uyarlanabilir ekosistemler yaratmak konusunda bir uzmanlığa sahiptir. Bu nedenle insanların doğayı sömürmek ve ona zarar vermek yerine onu akıl hocası olarak görüp gözlemlemesi ve ondan bir şeyler öğrenmesi faydalı olacaktır (McGregor, 2013: 60).

Biyomimikri doğaya öykünülerek ortaya çıktığından, bu yöntem uygulanıp yeni bir ürün tasarlanırken kaynağın doğaya ait olduğu kadar sürecin ve çıktının da sürdürülebilir olup olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Benyus, "Biyomimikri El Kitabı" isimli kitabında doğayı meydana getiren organizmaların üç seviyede taklit edilebileceğini belirtmektedir (Resim 1). Biyomimikrinin ilk seviyesi, ki biyomimikrinin bu aşaması indirgeyici yaklaşım olarak değerlendirilmektedir, doğal formun taklit edilmesidir. Örneğin bir kumaş üreticisi tarafından lotus çiçeğinin kendi kendine temizlenmesini sağlayan yapraklarının formu taklit edilebilir (Benyus, 2011: 4). Bu aşama bir başlangıç olsa dahi sürdürülebilir bir çözüm sağlayacağına garanti yoktur (Volstad ve Boks, 2012: 192). Biyomimikrinin ikinci seviyesi daha derin bir bakış açısıyla doğal süreci veya bir şeyin nasıl yapıldığını taklit eder. Doğada bulunan üretim süreçleri doğaya zarar vermediğinden, bu aşama daha derin veya bütünsel biyomimikriye yaklaşan bir adımdır. Lotus örneğine derinlik kazandırıldığında, lotus yapraklarının kendini temiz tutma prensibini toksik malzemeler olmadan gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu nedenle ikinci seviyede sürdürülebilir kimya yardımıyla kendi kendini temizleyen kumaş elde edilmeye çalışılmaktadır (Benyus, 2011: 5). Üçüncü düzeyde ise doğal ekosistemler taklit edilmektedir. Bu aşama derin veya bütünsel biyomimikri olarak adlandırılmaktadır ve her şeyi bir bütünün parçası olarak ele alarak doğanın çevreye zarar vermeden üretmeyi başardığı bütün süreci düşünmeyi içermektedir (Volstad ve Boks, 2012: 192). Yani lotus yaprağının sürdürülebilir kimya yardımıyla kendi kendini temizleyen bir kumaş elde edilmesinin yanında, doğadaki organizmaların bir bütünlük içerisinde ve birbirine saygılı yaşaması da taklit edilmeli, dolayısıyla üretimin yapıldığı fabrikanın, üreten çalışanların da yaşama elverişli koşullarda bulunması gerekmektedir (Benyus, 2011: 5).

### *Biyomimikride yüzeysel/indirgeyici yaklaşım*



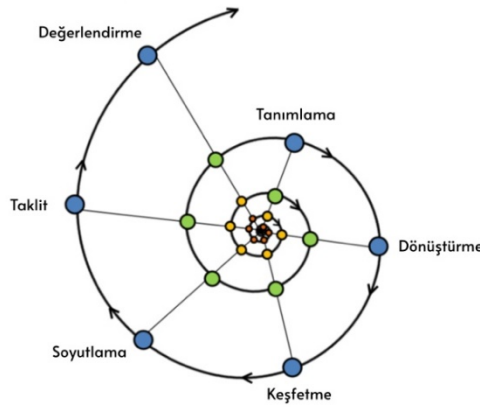
### *Biyomimikride derin/bütüncül yaklaşım*

**Resim 1** Biyomimikride üç taklit seviyesi (Benyus, 2011) tarafından oluşturulan modelden uyarlandı).

### **Biyomimikri Yöntemiyle Geliştirilen Tasarım Yaklaşımları**

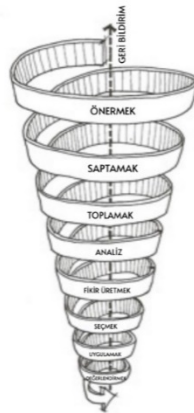
Doğadaki organizmaların sahip olduğu stratejileri yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım çözümlerine çevirmek için tasarımcılar tarafından adım adım gerçekleşen süreçler geliştirilmiştir. Bu süreçler, tıpkı doğanın süreçlerinde olduğu gibi başlangıç ve bitiş noktası aynı olmadığından tasarım sarmalı ya da tasarım spirali olarak adlandırılmaktadır.

Tasarım sürecine biyomimikri yöntemini dahil etmek amacıyla geliştirilen yöntemlerden biri, endüstriyel tasarımcı Carl Hastrich'in Benyus'un kurucularından olduğu Biyomimikri Enstitüsü için tasarladığı Biyomimikri Tasarım Spirali'dir (Resim 2) (Hastrich, 2006: 5). Bu spiral, doğa stratejilerini yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım çözümlerine dönüştürmek için adım adım ilerleyen bir süreç olarak geliştirilmiştir. Hastrich standart bir tasarım sarmalına biyomimikri için gereken adımları ekleyerek daha sürdürülebilir, daha iyi performans gösteren, daha az enerji kullanan, atıkları bertaraf eden veya azaltan ürünler veya süreçler oluşturulmasını mümkün kılmıştır (Alanbari, Ark., 2022: 2337).



**Resim 2** Carl Hastrich'in Biyomimikri Tasarım Spirali'nden uyarlanmıştır (URL-1).

Kilmer'in görüşüne göre tasarımcı, bir problemi çözmek için sorunun boyutlarını tanımlamalı ve anlamalıdır. Bu nedenle başlangıçta sürecini analiz ve sentez olarak iki aşamaya ayırmıştır. Ardından bu iki aşama sekiz aşama oluşturacak biçimde parçalanmaktadır. Hastrich'ten farklı olarak soruna odaklanmak için spiralde (Resim 3) aşağı doğru ilerlerken daralan bir yaklaşım kullanmaktadır (Rossin, 2010: 562).



**Resim 3** Kilmer'in Biyomimikri Tasarım Spirali'nden uyarlanmıştır (Rossin, 2010).

## Mobilya Tasarımında Biyomimikri ve Sürdürülebilirlik

Yeryüzünde sonsuz kaynak yoktur ve çeşitli amaçlarla kullanılan malzemelerin çoğu yenilenmemektedir. Yalnızca güneş enerjisi, rüzgâr ve biyoyakıt ve ayrıca biyomalzemeler sürekli olarak yenilenmekte ve bu sistemler sürdürülebilir olarak nitelendirilmektedir. Sürdürülebilirlik kelimesi, çevresel bozulmaya yol açmayan, özellikle doğal kaynakların uzun vadeli tükenmesinden kaçınan sistemleri ifade etmek için kullanılmaktadır. Gerçekten sürdürülebilir olmak için var olan kaynaklar, ekosisteminin onları yenileyebileceğinden daha hızlı israf edilmemeli ve sürdürülebilir olmayan malzemeler kullanarak nesnelere tasarlanmamalıdır. Bunun yerine sürdürülebilir kaynaklar ve malzemeler elde etmek için yenilikçi yollar aranmalıdır (Faidi, 2017: 6). Bu yollardan bir tanesi, biyolojik sistemlerin işleyişini taklit etmektir. Çünkü bu sistemler doğası gereği esnek, enerji verimli ve sürdürülebilirdir (Eadie, Ghosh, 2011: 771). Biyolojik sistemlerin esnekliği ve sürdürülebilirliği, kaotik olaylar karşısında bile dinamik bir istikrarı, adapte etme, sürdürme ve koruma yeteneğini gerektirir (Nicolin, 2014: 53). Doğanın tasarımcılar için tükenmeyen bir ilham kaynağı olduğu biyomimikri yöntemi, ilhamını doğrudan biyolojik sistemlerin özelliklerinden alan bir tasarım etkinliği olarak kabul edilebilir. Bu noktada biyomimikri, çevre tarafından test edilen ve evrim yoluyla rafine edilen biyolojik formları, süreçleri ve ekosistemi öğrenmeyi ve taklit etmeyi içermektedir. Bu yöntem, her ölçekteki teknik ve sosyal zorlukları çözmek için uygulanabilir (Anwar, Ark., 2018: 484). Doğanın tasarım yöntemlerini nasıl mükemmelleştirdiği derinlemesine incelenerek, insanın karmaşık problemlerinin çoğu potansiyel olarak çözülebilir (Nicolin, 2014: 57). Tasarımcılar ister yeni otomobil ister bina veya mobilya tasarlasın; biyomimikri onlar için ilham, geliştirme ve tasarımı birleştiren yeni bir düşünme biçimini temsil etmektedir (Bumgardner ve Nicholls, 2020: 7). Bununla birlikte tasarımcılar, karşılaşılan problemleri çözerken biyolojik sistemlerin nasıl çalıştığını göz önünde bulundurduklarında daha sürdürülebilir bir sonuç elde etmektedirler. Yani tasarım problemlerine biyomimikri yöntemiyle yaklaşmanın en büyük katkılarından biri, biyoloji, kimya gibi disiplinlerin teknolojiye faydalanarak doğanın sürecine benzer çözüm bulabilmesi, bu sayede tasarımda endüstriyellemenin doğa ve kullanıcı üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasıdır. Bu da tasarımda sürdürülebilir çıktılar elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yapılı çevrenin unsurlarından olan mobilya da endüstriyel olarak üretimi yapılan nesnelere biridir. Mobilyanın tasarım ve üretim sürecinde ise form ve formun belirleyicisi olan işlev, ergonomi, malzeme, estetik arayış, imaj gibi faktörler rol oynamaktadır. Bunlar arasından malzeme, mobilyanın biçimlenmesindeki en önemli etkenlerdendir (Güneş, Demirarslan, 2020: 96). Oturma mobilyalarındaki malzeme seçimi ayrıca insan vücudu ile doğrudan temas hâlinde oldukları için önemlidir. Mobilya tasarımında kullanılan malzemeler, yapının strüktürünü oluşturan taşıyıcı malzemeler, yüzey kaplamasında kullanılan dolgu ve tekstil malzemeleri veya her iki işlevi bir arada karşılayan malzemeler olarak sınıflandırılabilir (Özel, Ürük, 2021: 592). Bu malzemelerin seçiminde kullanıcının ihtiyacı olan konfor, dayanıklılık, sağlık, hijyen ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde mobilya, kullanım ömrü boyunca onunla temas hâlinde olan kullanıcı için çeşitli problemlere yol açacak ve ürünün kullanım ömrü kısıtlanarak daha fazla kaynak kullanımı gerektirerek çevreye zarar verecektir. Örneğin, oturma mobilyalarında tercih edilmiş insan vücudunun kinetik yapısına uyum sağlayamayan, esneklikten yoksun malzeme kullanımı omurgada rahatsızlığa yol açabilecek ergonomik açıdan rahatsızlığa sebep olabilecektir. Bir diğer örnek; masa üretiminde kullanılmak üzere kesilen ağacın tomruk havuzlarında kimyasallara maruz kalması, üretim ve kullanım süresince bu kimyasalların çevre ve kullanıcıyla etkileşime girmesiyle sonuçlanarak fizyolojik açıdan zararlı sonuçlara yol açabilecek olmasıdır (Subaşı, Ark., 2017: 558). Günümüzde biyomimikrinin yardımıyla, teknolojinin gelişmesi ve

disiplinler arası çalışmaların gerçekleştirilmesiyle yeni malzemeler bulunmaktadır. Bu yeni malzemelerin mobilya sektöründe yaygınlaşması, kullanıcının fizyolojik, antropometrik ve ergonomik ihtiyaçlarını çevreye ve bireyin sağlığına zarar verilmeden karşılayan mobilyalar üretilmesine imkân verecektir.

### **Mobilya Tasarımında Biyomimikri ve Strüktür**

Türlü mekânların tamamlayıcı unsuru ve endüstriyel olarak üretimi yapılan nesnelere olan mobilyaların, üretimi ve kullanımı sürecinde sürdürülebilir nitelikte olabilmeleri için biyomimikri yönteminin kullanılabileceği parçalarından biri mobilyanın strüktürüdür. Mobilyanın sürdürülebilir olması için strüktürün kullanım ömrü uzun olmalı, dolayısıyla kullanılan malzemeyle sağlam ve işlevsel bir çıktı elde edilebilmeli, az malzeme ile çok verim elde edilmelidir (Şahin, 2018: 55). Bununla birlikte, mobilyaların sürdürülebilir olması için, kullanım ömürleri sona erdikten sonra malzemelerin yeniden kullanılabilmesi amacıyla geri dönüştürülebilir üretilen bileşenlerine kolayca ayrılması gerekmektedir (Güneş, Demirarslan, 2020: 96). Bu çıktı elde edilirken indirgemeci yaklaşım sergilenmemesi için ise kullanılan malzeme çevreye zarar vermeyecek özellikte olmalıdır.

### **Mobilya Tasarımında Strüktür İçin Kullanılabilecek Biyomimikrik Malzemeler**

Seri üretiminin rahat bir şekilde yapılması, istenen formun verilmesi, dayanıklı ve maliyetinin düşük olması nedeniyle plastik malzeme mobilya tasarımlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Fakat plastik doğada uzun yıllar yok olmamasından dolayı çevre için bir sorun hâline gelmiştir. Plastik kirliliğinin dünyadaki en büyük sorunlardan biri hâline gelmesi, üretimi esnasında fosil yakıtlarının kullanılmasından dolayı karbon ayak izi miktarının fazla olması bu malzemeye alternatif bulunması için çalışmalar yapılmasını zorunlu kılmıştır. Mikroorganizmaların biyopolimerleri parçalayarak büyük polimerleri toprak organik maddesi hâline getirmelerinden ilham alan araştırmacılar biyolojik olarak parçalanabilen plastik malzeme üretmişlerdir. Bu malzemede bulunan ham maddeler mısır nişastasıyla harmanlanmış bitkisel bazlı bir plastik malzeme olan polilaktik asit ve biyomedikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılan biyolojik olarak parçalanabilen bir polyester olan polikaprolaktondur. Endüstriyel enzimler, enzimleri birbirinden birkaç nanometre ayırmaya yardımcı olan enzim koruyucuyla birlikte baz plastikler içinde dağılmakta ve bu enzimler sıcak su ya da kompost toprak tarafından tetiklenene kadar beklemede kalmaktadır. Enzimler tetiklendiğindeyse plastik malzemeyi parçalayarak kompost hâle getirmektedir (DelRe, Ark., 2021: 558).

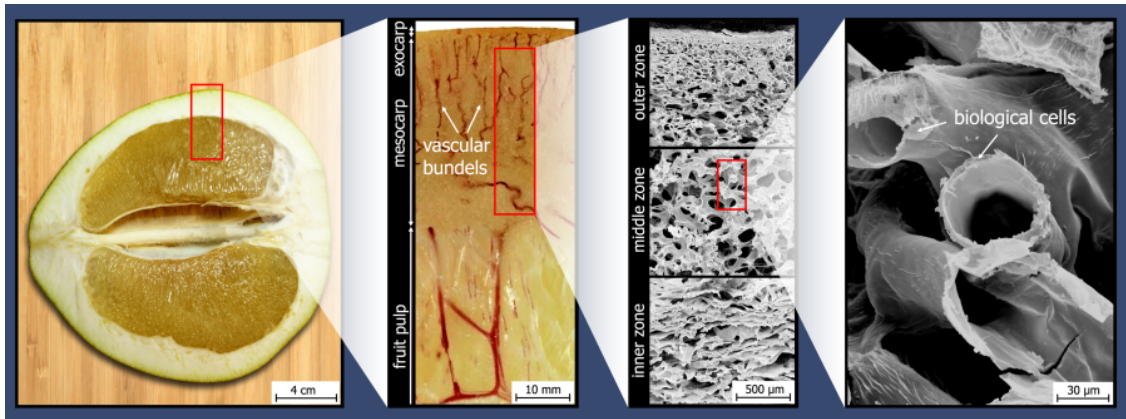


**Resim 4** Ryu Jong-dae tarafından tasarlanan, biyoplastik malzeme ile 3D yazıcı yardımıyla üretilen 'D-soban' isimli mobilya (URL-2).



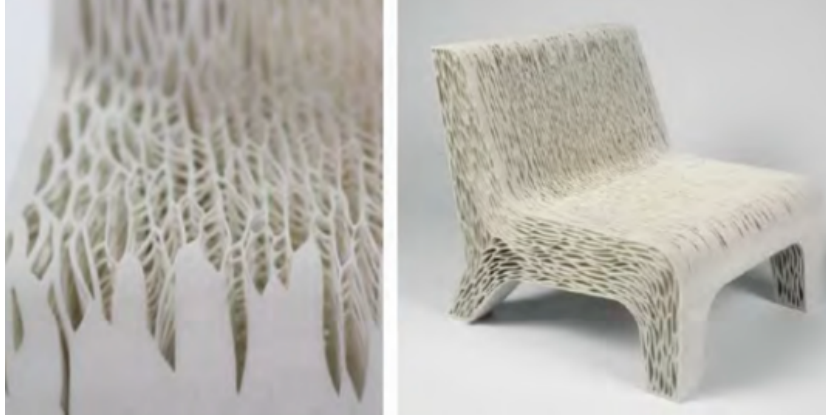
Güney Koreli tasarımcı Ryu Jong-dae'nin tasarımlarında mısır nişastası bazlı bir biyoplastik malzeme kullanıldığı görülmektedir (Resim 4). Bu mobilya örneğindeki biyopolimerlerin mikroorganizmalar tarafından doğal yollarla parçalanmasını taklit eden biyobozunur biyoplastik kullanımı sayesinde mobilya sektöründe çokça kullanılan ve doğada yüzlerce yıl yok olmayan petrokimyasal bazlı plastik malzemenin kullanımı azaltılabilir. Doğanın mekanizmasını taklit etmesinin yanında bitkiler veya tarımsal atıklar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edildiği için bu malzeme derin biyomimikri düzeyini yansıtmaktadır. İşlevsel ve çevre dostu bir tasarım için doğal sistemlerden ilham alınarak elde edilen bu biyomimikrik malzeme sayesinde doğaya zarar verilmemesi ve mobilya sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması mümkün hâle gelmektedir.

Greyfurt ve pomelo gibi meyveler, kabuklarının hiyerarşik organizasyonu nedeniyle mükemmel sönümlenme özelliklerine sahiptir. Pomelo meyvelerinin (Resim 5) yere düştüğünde, kabuk içindeki hava ceplerinin bir yastık gibi çökerek darbe enerjisini emip kabuğu koruduğu gözlemlenmiştir. Pomelo kabuğunun taklit edilmesiyle elde edilen alüminyum köpüklerin sıkıştırma ve serbest düşme darbesi koşulları altında aynı tepkiyi gösterdiği görülmüştür (Ortiz, Ark., 2018: 1). Bu köpük formunda biyomimikrik deneysel malzeme, dayanıklı ve hafif strüktür malzemesi olarak kullanılabilir. Böylece bu malzemeyle tasarlanmış bir mobilya strüktürü, tıpkı pomelo meyvesi gibi onu dışarıdan gelen darbelere dayanıklı kılan, hassas iç bölümleri korumasına yardımcı olan kalın, koruyucu bir tabakaya sahip olabilir.



*Resim 5 Pomelo meyvesi hücre yapısının mikroskopik görüntüsü (Ortiz, Ark., 2018: 2).*

Bitki hücresinin yapısını 3D yazıcı ile taklit eden tasarımcı, ürünün yalnızca iskeletini değil aynı zamanda kabuğunu da tek bir madde kullanarak elde etmiştir (Bumgardner, Nicholls, 2020: 7). Tasarımcı yalnız estetik açıdan hoş değil, aynı zamanda işlevsel ve sürdürülebilir bir tasarım oluşturmak için doğadaki organizmaları taklit etmiştir. 3D yazıcı sayesinde gözenekli bir yapıya sahip olan bitki hücresi taklit edilerek daha az malzeme ile yüksek dayanımlı bir oturma elemanı elde edilebilmiştir (Resim 6). Bu sayede doğadaki sistemler gibi malzeme kullanımı optimize edilerek kaynak verimliliği gözetilebilmiştir. Bu tür bir tasarım ve üretim süreciyle ekosistemin taklit edilmesi biyomimikrinin üçüncü düzeyini yansıtarak mobilya sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunacaktır.



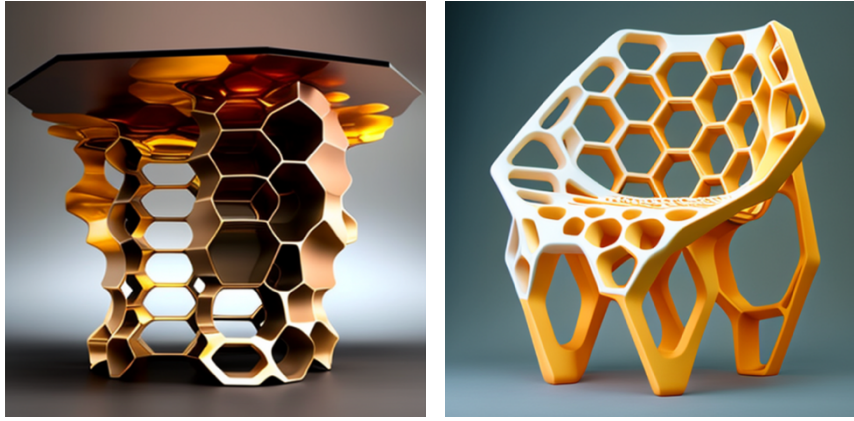
*Resim 6 Bitki hücre yapısını taklit eden 3d yazıcı ile oluşturulan sandalye (Bumgardner, Nicholls, 2020: 7).*

Canlıların vücudundaki kemikler dayanıklı yapısı gereği tasarımlar için ilham kaynağı olmuştur ve bu tasarımların bilinen örneklerinden biri de uyluk kemiğinin yapısının taklit edilmesiyle tasarlanan Eiffel Kulesi'dir (Jamei, Vrceļj 2021: 13). Kemikler yükleri verimli bir şekilde taşımak için optimize edilmiştir. Kemik yapısı, çevreden gelen baskılara yanıt olarak optimum ağırlık-kuvvet oranını sağlamak için iç yapısını büyütüp küçülterek minimum kaynakla maksimum dayanıklılık göstermektedir (Resim 7). Tasarımcılar kemiğin bu yapısını taklit ederek strüktürü zayıflatmadan, gerekli olmayan tüm malzemeleri çıkartarak gerekli olan yerlerde malzeme bırakarak az malzemeyle yüksek mukavemete sahip tasarım elde edebilir. Bu sayede biyomimikri yöntemiyle kemiğin yapısı, mekanizması ve çalışma süreci taklit edilerek malzeme israfı ve enerji tüketimi azaltılabilir.



*Resim 7 Kemik yapısının taklit edilmesiyle oluşturulan oturma elemanı (Yazar tarafından Midjourney aracılığıyla oluşturulmuştur).*

Arı peteği arıların az enerji harcayarak büyük hacimler inşa etmesine imkan veren bir formdur (Resim 8). Thomas Hales (2001: 3), altıgen bir peteğin en az çevreye en çok alanı sığdırmanın yolu olduğunu 2001'da yayınladığı makalesinde kanıtlamıştır. Arı peteğini taklit ederek tasarlanan bir mobilya strüktüründe altıgen hücreler birbirine düzgün bir şekilde uyacaktır. Bu sayede arıların minimum kaynak ve enerji kullanarak petek inşa ettiği gibi az malzeme ile geniş hacimli strüktürler elde edilebilir. Dolayısıyla arı peteklerinin doğanın verimliliğini ve işlevselliğini yansıtan formu makro ve mikro ölçekte mobilya tasarımlarında kullanılmaktadır. Arı peteğinin taklit edilmesiyle tasarlanacak mobilya strüktürlerinin üretiminde 3D yazıcıların kullanımı, biyoplastik gibi doğada çözünebilir malzemelerden yararlanmaya imkân tanıyabilir. Böylece biyomimikrinin üçüncü düzeyine ulaşılarak daha sürdürülebilir bir çözüm sağlanabilir.



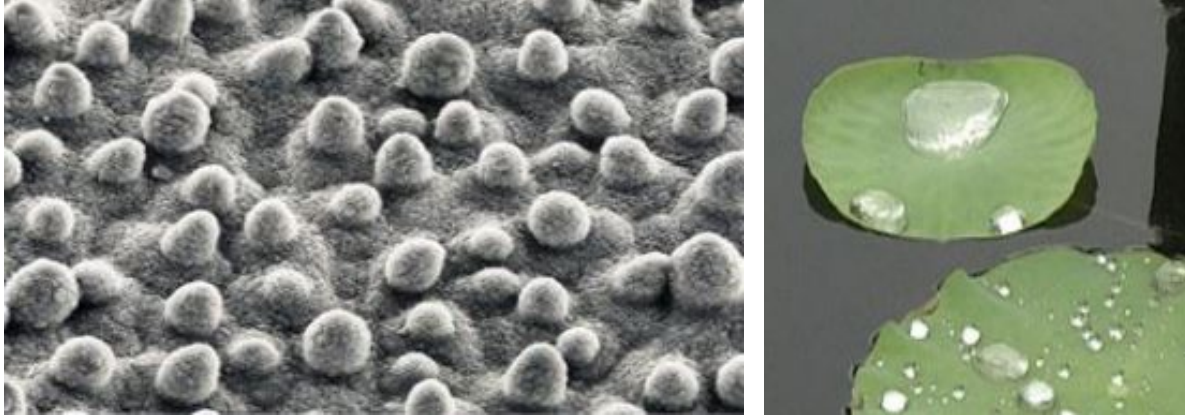
*Resim 8 Bal peteği yapısının taklit edilmesiyle oluşturulan oturma elemanı (Yazar tarafından Midjourney aracılığıyla oluşturulmuştur).*

Teknolojik yeniliklerin bir getirisi olan üç boyutlu yazıcılar, endüstrinin çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Üretim çıktısının sürdürülebilirliğini yazıcıda kullanılan malzeme önemli ölçüde etkilemektedir. 3D yazıcılarda halihazırda kullanılan malzemelerden biri Polilaktik Asit (PLA) adlı, biyo bazlı, doğada çözünebilir plastik malzemedir. Ayrıca 3D yazıcılarda metallerin erimiş hâlinin de hammadde olarak kullanılabilmesi yüzde yüz geri dönüştürülebilir çelik, alüminyum gibi malzemelerin kullanımı da mümkün kılmaktadır (Tümer, 2020: 49). 3D yazıcılar, bu tür malzemelerin mobilya tasarımında kullanılarak sürdürülebilir bir ürün ortaya çıkmasına olanak tanır. Buna ek olarak geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilmesi zor olan son derece karmaşık ve organik şekillerin oluşturulmasına da imkân sağlar. Böylece doğadaki karmaşık ve organik formlar taklit edilerek eklemeli üretim yoluyla az malzeme ile hafif, yüksek mukavemetli mobilyalar elde edilebilir. Bu da geleneksel eksiltici üretim yöntemlerine kıyasla kaynak açısından daha verimli bir yöntem olup mobilya sektöründe sürdürülebilirliğe katkıda bulunacaktır.

Mobilya tasarımında sürdürülebilir çıktılar elde edilmesi için yüzey kaplama malzemesi de strüktür malzemesi gibi çevreye daha az zarar vermeli, malzemenin kullanımı uzun ömürlü olmalıdır. Fakat tasarımın strüktürüyle yüzey kaplama malzemesinde kullanılan malzemelerde olması gereken diğer nitelikler farklılık göstermektedir. Tasarımın kullanım ömrünün uzun olabilmesi için yüzey malzemesinin hijyenik, hidrofobik olması tercih edilebilir. Yüzey malzemeleri, strüktür malzemesi ile karşılaştırıldığında insan vücuduyla doğrudan etkileşim hâlinde olduğundan dokusal ve ergonomik özellikleri de önem taşımaktadır.

### **Mobilya Tasarımında Yüzey Kaplaması İçin Kullanılabilecek Biyomimikrik Malzemeler**

Mikro ve nano ölçekli yüzey pürüzlülüğü özellikleri, kendi kendini temizleme fenomenini oluşturmak için hidrofobik yüzey kimyalarıyla birleşir. Bu değişiklikler, şekilde gösterildiği gibi suyun boncuklaşmasına neden olan oldukça hidrofobik yüzeyler oluşturur. Boncuklu su, bir organizmanın yüzeyini hızla terk eder. Kendi kendini temizleme yeteneğine, onu sergilediği gözlemlenen ilk bitkinin onuruna "Lotus Etkisi" denir. Pilot balinalar gibi daha yüksek organizmalar bile mikro ve nano ölçekli yüzey özelliklerine sahiptir. Bu cilt özellikleri, biyolojik kirleticilerin birikmesini engellemektedir (Raibeck, Ark., 2009). Dolayısıyla taklit edilerek oluşturulan filmle kaplanmış bu yüzeyler kendi kendini temizleme özelliğine sahip olmaktadır.



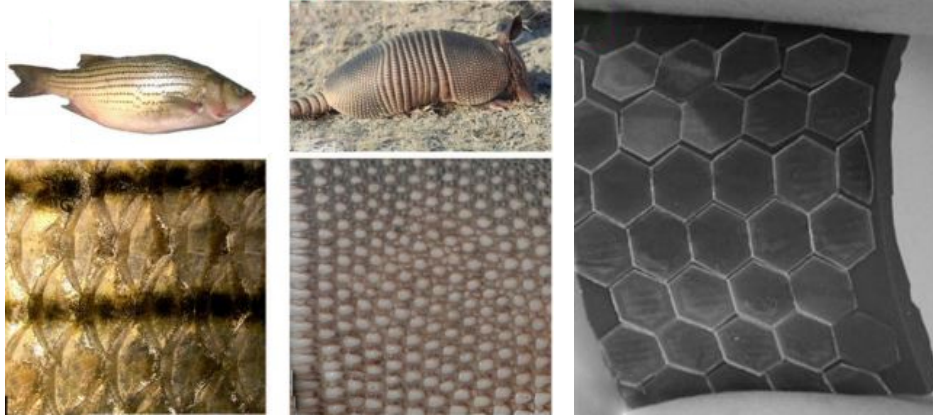
*Resim 9 Lotus bitkisi (Özdoğan, Ark., 2006: 288).*

ITV Denkendorf Enstitüsü tarafından kendini temizleyen kumaş üretilmiş, tıbbi tekstiller, hijyenik ürünler gibi tekstil uygulamalarında, membranlarda biyolojik prensiplerin taklidi uygulanmıştır (Özdoğan, Ark., 2006: 290). Hâlihazırda pencerelerde, laminantlarda kullanılan bu prensipler mobilyalarda antibakteriyel yüzeyler elde edilmesi için kullanılabilir. Lotus yaprağının mekanizmasını taklit eden yüzey kaplamaları sayesinde mobilyanın yüzeyi neme ve lekelerle karşı dayanıklı olabilir bu da kullanıcıya konfor, pratiklik ve uzun süreli kullanım sunar. Böylece biyomimikri malzeme kullanımı mobilya sektöründe tasarımın performansını ve sürdürülebilirliğini arttırabilir.



*Resim 10 Lotus bitkisinin mikroskopik görüntüsü (Raibeck, Ark., 2009).*

Farklı familyalardaki hayvanlar, yumuşak dokulara gömülü sert plakalar olarak tanımlanabilecek sert pullar şeklinde esnek zırhlı derilere sahiptir (Resim 11). Bireysel hareket eden sert bölümler yırtıcılardan korunmalarını sağlarken, bu bölümlerin hareketi verimli hareket için gereken esnekliği sağlamaktadır. Bu gözlemden yola çıkan Chintapalli vd., kauçuk bir alt tabaka üzerine oturan altıgen cam plakalardan yapılmış bir sistem elde etmişlerdir. Bu sistemle, segmentli plakaların esneklik sağlamla kapmayıp, aynı zamanda kırılmayı geciktirdiğini; bununla birlikte geliştirilen cam-kauçuk sisteminde, parçalı bir tasarım kullanılarak delinme direncinin %70'e kadar artırıldığını bulmuşlardır (Chintapalli, Ark., 2014: 2). Yani bu canlıların vücutlarındaki kabuklar koruma sağlarken aynı zamanda esneklik ve harekete de izin vermektedir.



**Resim 11** Esnek zırlı derilere sahip canlılar ve derilerini taklit eden malzeme (Chintapalli, Ark., 2014).

Armadillo kabuğunun katmanlı yapısını taklit ederek oluşturulan bir malzeme mobilya tasarımında kullanıldığı takdirde mobilyanın yüzeyinde esneklik ve kinetiklik sağlanırken darbelere karşı korunan bir ürün ortaya çıkacaktır. Bu tür bir malzeme özellikle oturma mobilyalarında kullanılarak kullanıcının vücut şekline ve hareketlerine uyum sağlayan daha ergonomik, esnek ve konforlu bir tasarıma izin verecektir. Böylece bu biyomimikri yüzey kaplaması hem dayanıklı hem ergonomik bir mobilyanın tasarlanmasına imkân sağlayacaktır. Armadillonun kabuğunu taklit etmek için geri dönüştürülmüş veya biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler de kullanılabilir. Bu sayede biyomimikrinin üçüncü seviyesine ulaşılarak uzun süreli bir kullanım ömrüne sahip bir mobilya tasarımının yanında çevreye verilen zarar da minimuma indirilebilir ve mobilya sektöründe sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir.



**Resim 12** Armadillo kabuğunun taklit edilmesiyle oluşturulan sandalye modeli (Yazar tarafından DALL-E aracılığıyla oluşturulmuştur).

Tekstil üretimi genellikle insanlara ve çevreye zarar veren sera gazları yaymakta ve büyük miktarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Birçok tekstil ürünü ise, doğada çözünmesi yüzlerce yıl süren petrol bazlı malzemelerden yapılmaktadır. Bu malzemeler atık hâline geldiğindeyse doğayı kirletmektedir. Bu nedenle bir tekstil alternatifi olarak ham maddede şeker küspesinin kullanımıyla biyo bazlı sentetik örümcek ipeği elde edilmiştir. Örümcek ipeği gücü, esnekliği ve hafifliğiyle bilinen doğal malzemelerden biridir. Sentetik örümcek ipeği üretilirken de bu doğal malzemenin söz konusu avantajları taklit edilmiştir. Bu malzeme elde edilirken, gerçek örümcek ipeğinin moleküler yapısı ve eğirme süreci incelenmiştir. Genetik mühendisliği, biyoteknoloji ve ileri malzeme bilimi de dahil olmak üzere çeşitli alanların çalışmasıyla bu özellikler kopyalanmıştır (Eggleston, Lima, 2015: 12224). Sentetik örümcek ipeği mobilyaların yüzey kaplamalarında dayanıklı, kimyasal olmayan ve sürdürülebilir bir malzeme olarak kullanılabilir. Esnek ve dayanıklı olan bu malzeme doğrudan yüzey kaplama malzemesi

olarak kullanılabilceği gibi biyobozunur bir malzeme olarak 3D baskı malzemesi olarak kullanılarak da mobilya sektörünün çevreye verdiği zararı azaltarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir.

Dünyadaki tekstil üretiminde, atık suların oluşumunun %20'sinden sorumlu olan toksik boyalar ve petrol bazlı sentetikler kullanılmakta ve bu durum çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu boyalar kullanılmadan üretim yapılması için tüm canlılarda bulunan karbon, hidrojen ve oksijen gibi basit moleküllere ayrılabilen floresan proteinler incelenmiştir. Mercanların (Resim 13) hayatta kalma yeteneklerini desteklemek için oluşturduğu kırmızı floresan protein de bunlardan biridir (Alieva, Ark., 2008: 10). Yenilikçi tekstil üreticileri, doğada bulunan bu proteinleri taklit ederek toksik boya kullanmadan tekstil üretimi yapabilmektedir. Ayrıca, bu malzemenin kullanım ömrü dolduktan sonra karbon, hidrojen ve oksijen gibi basit moleküllere biyolojik olarak ayrışabilmesi mümkün olduğu için doğaya zararlı maddelerin salınmasını engelleyebilir. Mobilya tasarımında kullanılan yüzey kaplama malzemelerinin renklendirilmesinde toksik boyalar yerine mercan proteinlerinin taklit edilmesi, doğanın verimli ve çevre dostu süreçlerinden ilham alarak daha sürdürülebilir ve çevreye duyarlı tekstil endüstrisine katkıda bulunacaktır. Böylece bu tekstillerin mobilya tasarımında kullanılması yalnız mobilya sektöründe sürdürülebilirliği sağlamakla kalmayıp tekstil sektörünü de sürdürülebilir üretime teşvik edebilir.



*Resim 13 Mercan yüzeyi (URL-3).*

### **Sonuç ve Değerlendirme**

Biyomimikri, yaşamı taklit etmek anlamına gelen bir terim olarak ortaya çıkmıştır ve doğadan ilham alarak tasarım ve teknolojiye yeni yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanır. Bu terim, doğanın işleyişini taklit ederek insan problemlerine çözüm bulma amacını taşır. Biyomimikri, tasarımcıların doğayı yeni bir bakış açısıyla görmesini ve doğadan öğrenmelerini gerektirir. Biyomimikri üç düzeyde uygulanabilir. Yüzeysel biyomimikriden derin biyomimikriye doğru uzanan üç düzeyde sürdürülebilirliğe en fazla katkı sağlayan düzey üçüncü düzey yani derin biyomimikri düzeyidir. Bu düzeyde doğadan ilham alarak tasarım yaparken, kaynakların sürdürülebilir kullanımı, atıkların azaltılması ve doğanın korunması göz önünde bulundurulmalıdır.

Endüstriyel üretimi yapılan mobilya tasarımlarının çevreye verdiği zararı azaltmak için yenilikçi tasarımcıların alternatif bakış açısı kazanması gerekmektedir. Biyomimikri yönteminin kullanımı mobilya tasarımında tasarımcılara bu alternatif bakış açısını kazanmalarında yardımcı olabilecek bir yöntemdir. Mobilya tasarımında kullanılan biyomimikri yaklaşımının yüzeysel düzeyden uzaklaşarak derin düzeye inmesi, tasarım çıktısının sürdürülebilir olmasına olanak sağlayacaktır. Bu da kullanılan malzemelerin de yeşil teknolojiyle üretimi ile mümkündür.

Mobilyanın tasarım aşamasında kullanılan malzemeler iki türde sınıflandırılabilir. Bunlardan biri strüktür malzemesi, diğeri ise yüzey kaplama malzemesidir. Bazı tasarımlarda ise strüktürde kullanılan malzemeye ek olarak yüzey kaplama malzemesi kullanılmakta yani tasarım tek bir malzemenin oluşmaktadır. Bu malzemelerin kullanılacağı amaca göre sahip olması gereken özellikler farklılık göstermektedir. Bu nedenle çalışmada strüktür ve yüzey kaplama malzemeleri için farklı biyomimetik malzemeler önerilmiştir.

Strüktür malzemelerinde bulunması gereken özelliklerin başında sağlamlık ve verimlilik gelmektedir. Doğanın kaynak kullanımındaki verimliliğinin taklit edilmesiyle yalnızca sağlam strüktürler elde edilmeyecek aynı zamanda bu strüktürler elde edilirken malzeme israfı da en aza indirilecektir. Doğanın az malzemeyle yüksek dayanım elde etme özelliği bitki hücresi, kemik ve bal peteği yapısında görülmektedir. Bu organizmaların ortak noktaları yapılarının geniş boşluklara sahip oldukları hâlde bu boşlukların strüktürlerini zayıflatmamasıdır. Strüktürde kullanılan malzemeler oluşturulurken taklit edilebilecek diğeri organizma da pomelo meyvesidir. Bitki hücresi vd. gibi boşluklu yapıya sahip bu meyvenin ayırt edici özelliği dışının koruyucu bir kabukla kaplı olmasıdır. Bu meyvenin hava boşluklu yapısıyla koruyucu katmanın sönümleyici özelliğinin taklit edilmesiyle darbelere karşı esnekliği ve dayanımı yüksek bir strüktür elde edilebilecektir. Bu formların elde edilmesi ve elde edilen formun sürdürülebilir nitelik taşıması için gelişen 3D yazıcı teknolojisi tasarımcılara olanak sağlamaktadır. Doğadaki organizmaların biyopolimerleri parçalama sürecini taklit eden biyoplastik de 3D yazıcılarda kullanılan malzemelerden biridir. Eksiltmeli üretim yerine eklemeli üretimin kullanılmasıyla daha az malzeme kullanımıyla karmaşık formların üretilmesine imkân sağlayan 3D yazıcı teknolojisiyle hem söz konusu biyolojik formlar taklit edilerek dayanımı yüksek tasarımlar elde edilebilmekte hem de hammadde olarak biyomalzeme veya geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılarak üçüncü düzey yani derin biyomimikri düzeyine ulaşılabilir. Bu da mobilya sektöründe daha sürdürülebilir çıktılar elde edilmesini sağlamaktadır.

Mobilya tasarımında diğeri bir unsur olan yüzey kaplamasında istenen özellikler ise malzemenin esnek, hijyenik olması ve insan vücuduyla doğrudan temas etmesi sebebiyle sağlığa zararlı toksik kimyasallar barındırmamasıdır. Yüzey kaplamada kullanılacak malzemenin esnek olması insan vücuduna uyum sağlamasını sağlamasına imkân taniyacak, bu sayede ergonomik risk faktörlerini ve buna bağlı olası sağlık sorunlarını ortadan kaldıracaktır. Balık pulları, timsah ve armadillo kabuğunun parçalı plakalı yapısını taklit eden yüzey kaplama malzemesi bu esnekliğe imkân verecektir. Yüzey kaplamada bir diğeri unsur olan hijyen faktörünü ise lotus bitkisinin hidrofobik yapısını taklit eden filmler veya tekstil malzemeleri sağlayacaktır. Tekstil malzemelerinde toksik boya ve yüksek miktarda su kullanımı çevreye zarar vermektedir. Örümcek ipeği ve mercanın doğası incelenerek biyo bazlı hammadde ile üretilen tekstil ürünleri bu çevresel risk faktörlerinin ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır. Böylece mobilya tasarımındaki yüzey kaplama malzemelerinde de strüktür malzemesinde olduğu gibi ham madde, süreç ve ürün derin biyomimikri düzeyine ulaşarak sürdürülebilirliğe daha fazla katkı sağlayacaktır.

#### Kaynakça

- Alanbari DHA, Alkindi APDSK, Al\_Ahbabı SH (2022). Biomimicry Design Spiral: Nature as a model. *Journal of Algebraic Statistics*, 13 (2): 2335-2345.
- Alieva NO, Konzen KA, Field SF, Meleshkevitch EA, Hunt ME, Beltran-Ramirez V, Miller DJ, Wiedenmann J, Salih A, Matz MV (2008). Diversity and evolution of coral fluorescent proteins. *PloS one*, 3(7): 1-12.

- Anwar R, Rusman MS, Kamaruzaman MF (2018). "The Potential of Biomimicry as an Influence for Local-Inspired Product Design", In Proceedings of the Art and Design International Conference, Pp.479-486, Singapore: Springer.
- Benyus JM (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Morrow
- Benyus JM (2011). *A biomimicry primer*. The Biomimicry Institute and the Biomimicry Guild. ET, 27.09.2023, Erişim: [https://asknature.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2012/06/A\\_Biomimicry\\_Primer\\_2011Handbook.pdf](https://asknature.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2012/06/A_Biomimicry_Primer_2011Handbook.pdf)
- Bowen GA (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2): 27-40.
- Bumgardner MS, Nicholls DL (2020). Sustainable practices in furniture design: A literature study on customization, biomimicry, competitiveness, and product communication. *Forests*, 11(12): 1277.
- Chintapalli RK, Mirkhalaf M, Dastjerdi AK, Barthelat F (2014). Fabrication, testing and modeling of a new flexible armor inspired from natural fish scales and osteoderms. *Bioinspiration & biomimetics*, 9(3): 1-9.
- DelRe C, Jiang Y, Kang P, Kwon J, Hall A, Jayapurna I, Xu T (2021). Near-complete depolymerization of polyesters with nano-dispersed enzymes. *Nature*, 592(7855): 558-563.
- Eadie L, Ghosh TK (2011). Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview. *Journal of the royal society interface*, 8(59): 761-775.
- Eggleston G, Lima I (2015). Sustainability issues and opportunities in the sugar and sugar-bioproduct industries. *Sustainability*, 7(9): 12209-12235.
- Faidi M (2017). *Feasibility of Bacterial Cellulose in Furniture Design*. Bachelor Thesis. Aalto University, Helsinki.
- Fiorentino C, Hoyos CM (2017). Biomimicry. *The International Journal of Designed Objects*, 8(1): 1-15.
- Güneş S, Demirarslan D (2020). Sürdürülebilirlik ve Mobilya Tasarımında Çevreci Yaklaşımlar. *Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 5(6): 81-99.
- Hales TC (2001). The Honeycomb Conjecture. *Discrete & Computational Geometry*, 25(1): 1-22.
- Hastrich C. (2006). The Biomimicry Design spiral. *Biomimicry Newsletter*, 4(1): 5-6.
- Ilieva L, Ursano I, Traista L, Hoffmann B, Dahy H (2022). Biomimicry as a sustainable design methodology—Introducing the 'Biomimicry for Sustainability' framework. *Biomimetics*, 7(2): 37-49.
- Jamei E, Vrcelj Z (2021). Biomimicry and the built environment, learning from nature's solutions. *Applied Sciences*, 11(16): 7514-7533.
- Kalay T, Yalçın Ç, Kavut İE (2023). 'Pandemi' Kavramının Konut ve Kurgusal Mekan Tasarımları Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 8(2): 114-128.
- Kennedy E, Fecheyr-Lippens D, Hsiung BK, Niewiarowski PH, Kolodziej M (2015). Biomimicry: A path to sustainable innovation. *Design Issues*, 31(3): 66-73.



- Kennedy EB (2017). Biomimicry: Design by analogy to biology. *Research-Technology Management*, 60(6): 51-56.
- McGregor SL (2013). Transdisciplinarity and biomimicry. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 4: 57-65.
- Nicolin P (2014). Le proprietà della resilienza. *Lotus International*, 155: 52-57.
- Ortiz J, Zhang G, McAdams DA (2018). A model for the design of a pomelo peel bioinspired foam. *Journal of Mechanical Design*, 140(11): 1-5.
- Özdoğan E, Demir A, Seventekin N (2006). Lotus Effect, *Textile and Apparel*, 16(1): 287-290.
- Özel Y, Ürük ZF (2021). Mobilya- Biçim- Tercih. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23): 589-600.
- Pawlyn M (2019). *Biomimicry in architecture*. London: Routledge.
- Peters T (2011). Nature as measure: The biomimicry guild. *Architectural Design*, 81(6): 44-47.
- Rossin KJ (2010). Biomimicry: nature's design process versus the designer's process. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138: 559-570.
- Subaşı T, Çınar H, Çağatay K (2017). Mobilya Sektöründe Kullanılan Kompozit Malzemelerin İnsan Yaşamına ve Çevreye Etkileri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3): 557-571.
- Şahin S (2018). Mobilya tasarımında ekolojik malzeme açısından kağıt kullanımı. *Mimarlık ve Yaşam*, 3(1): 53-61.
- Tümer MB (2020). Üç boyutlu yazıcılar ve günümüz mimarisinde kullanımı. Yüksek lisans tezi. Işık Üniversitesi, İstanbul.
- Vincent JF, Bogatyreva OA, Bogatyrev NR, Bowyer A, Pahl AK (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9): 471-482.
- Volstad NL, Boks C (2012). On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, 20(3): 189-199.
- URL-1: ET: 22.05.2023, Erişim: <https://biomimicry.org/biomimicry-design-spiral/>
- URL-2: ET: 09.06.2023, Erişim: <https://www.scmp.com/lifestyle/arts-culture/article/3050228/plastic-alternative-bioplastic-made-vegetable-oils-fats-fish>
- URL-3: ET: 18.12.2022, Erişim: <https://asknature.org/innovation/colorful-fibers-inspired-by-proteins-found-in-discosoma-coral/>

### **Etik Kurul Kararları**

Makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada Etik Kurul izni gerekmemiştir.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan etmektedirler.

### **Çatışma Beyanı**

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

### **Yayın Etiği Beyanı**

Bu makalenin planlanmasından, uygulanmasına, verilerin toplanmasından verilerin analizine kadar olan tüm süreçte “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu araştırmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.