

BİYOMİMİKRİ (BİYOTAKLİT)

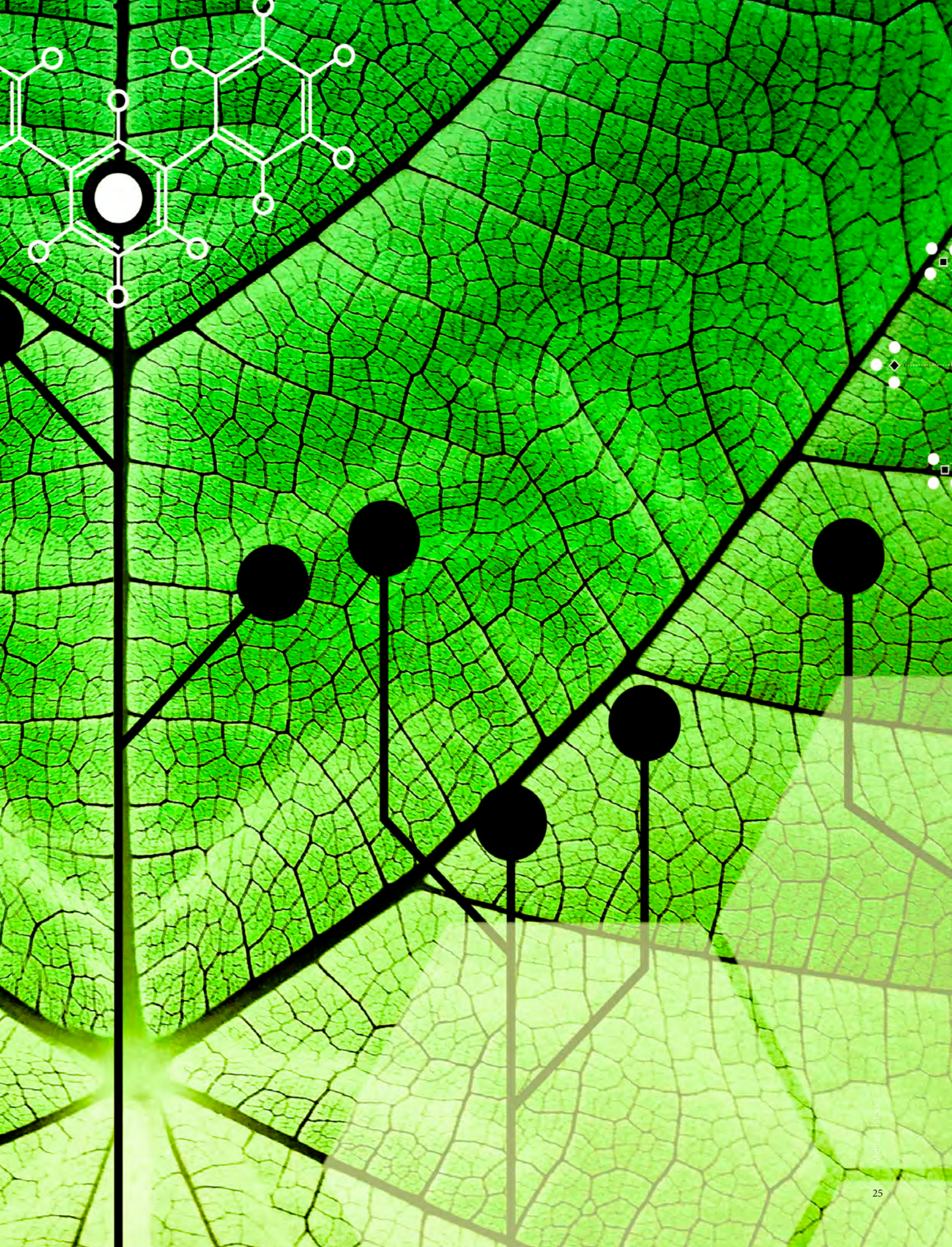
Doğadan Öğrenerek Sorun Çözmek

Mete Esencan

Bir sorunumuz olduğunda bizden daha tecrübeli kişilere danışmak iyi bir yöntemdir. Bilim insanlarından tasarımcılara kadar özgün ve yenilikçi düşünme yeteneği olan birçok kişinin çeşitli alanlardaki sorunlara çözüm bulmak için danıştıkları çok tecrübeli bir kaynak vardır: Doğa.

Doğadaki canlılar, yaşadıkları sorunlara çözüm bulabilmek için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Bizler de bu canlılardan ve daha genel anlamıyla doğadan “kopya çekerek” kendi sorunlarımıza çözümler bulabiliriz. İşte meraklı gözlerle doğaya bakarak sorunlarımızı çözmeyi amaçlayan bu alanın adı: Biyomimikri (biyotaklit, biyobenzetim veya biyomimetik).

Biyomimikrinin temel felsefesini şu şekilde özetleyebiliriz: “Bir sorun mu yaşıyorsun? Çözümü için önce doğaya bak!” Hadi birkaç örnekle biyomimikriyi daha iyi anlayalım.



Tokyo Demiryollarının Alternatif Tasarımcısı: Cıvık Mantar

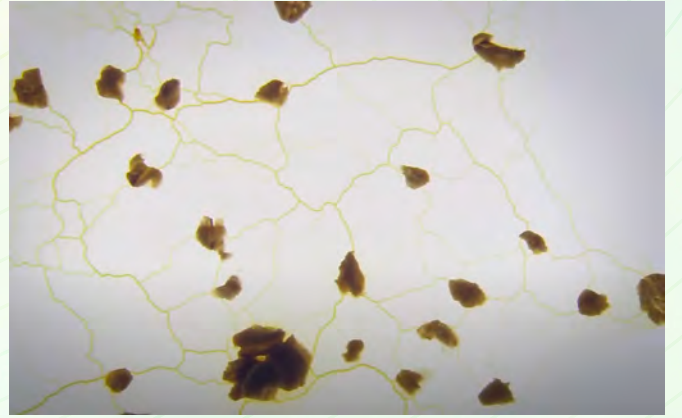
Tokyo, milyonlarca insanın yaşadığı, dünyanın en büyük şehirlerinden birisi. Bu nüfusun ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilmek için iyi tasarlanmış bir demiryolu sistemi şart. Tokyo'daki yetenekli mühendisler, yıllar süren çalışmalar sonucunda oldukça verimli bir demiryolu haritası ortaya çıkardı. Peki, doğadan ilham alarak bu süreci çok daha kısa sürede gerçekleştirmek mümkün olabilir miydi?

Oxford Üniversitesinde bitki bilimi ve bilgisayar bilimi üzerine araştırmalar yapan Dr. Mark Fricker, bu durumu test etmek istedi. Yemek bulmada en hızlı ve verimli canlılardan biri olarak bilinen *Physarum polycephalum* adlı cıvık mantar türü, bu göreve en uygun aday olarak öne çıktı. Fricker ve ekibi, merkeze yerleştirilen cıvık mantarın çevresine, onun en sevdiği besinlerden biri olan yulaf ezmesinden birkaç tane koydu. Tabii ki yulafların konumları rastgele değildi. Büyük yulaf ezmesini Tokyo, diğer küçük yulafları ise Tokyo'ya yakın şehirler olarak düşünen araştırmacılar, uygun ölçeklendirme yaparak yulaf ezmelerini yerleştirdi.

Başlangıçta yulafları ararken rastgele yayılıyormuş gibi görünen cıvık mantar, yulafları bulduktan sonra belirli bağları güçlendirip diğerlerini zayıflattı. Bu sayede yulaflar arasında bir desen oluşturdu. Tokyo'daki mühendislerin yıllar süren çalışması sonucunda oluşturdukları demiryolu haritası ile cıvık mantarın oluşturduğu yulaf ezmesi haritasını karşılaştırdıklarında ortaya çıkan sonuç oldukça şaşırtıcıydı. Cıvık mantar, mühendislerin oluşturduğu haritayla neredeyse aynı deseni sadece birkaç saat içerisinde oluşturmuştu. Cıvık mantarın bu üstün yön bulma kabiliyeti, sürücüsüz araçlar üzerine çalışan araştırmacıların da ilgisini çekmişti. Görünen o ki, herhangi bir beyni olmayan bu canlıdan öğrenecek çok şeyimiz var!

● **Doğadaki İlham:** Cıvık mantarın besine en hızlı ve en verimli şekilde ulaşması.

● **Uygulama Alanı:** Tren rayları için en uygun haritanın çıkarılması ve sürücüsüz araçların yön bulma kabiliyetinin artırılması.



Hızlı Trendeki Sonik Patlama Sorununun Çözümü: Yalıçapkını

Japonya ve trenlerden bahsetmişken hemen bir diğer etkileyici biyomimikri uygulamasından devam edelim! 1960'larda yapılan Japon mermi treni "Shinkansen" (Şinkansen), zamanının en hızlı trenlerinden biriydi. Ancak tünele giriş ve çıkışlarda ciddi bir sorunla karşılaşılıyordu: Hızla tünele giren tren, havayı sıkıştırarak büyük bir basınç dalgası yaratıyordu ve tünelden çıkarken kuvvetli bir sonik patlama sesi

çıkartıyordu. Bu durum, trenin güzergâhındaki yerleşim yerlerinde yaşayanlar başta olmak üzere çevredeki canlılar ve trendeki yolcular için büyük bir sorun teşkil ediyordu. Ayrıca, trenin hızını da yavaşlatıyordu. Peki, çözüm ne olabilirdi?

Şirketin teknik gelişme bölümünün yöneticisi ve aynı zamanda bir kuş gözlemcisi olan Dr. Eiji Nakatsu, bu sorunun çözümünü düşünürken yalıçapkını kuşunun suya sessizce dalma becerisinden ilham aldı. Yalıçapkını, balıkları korkutmadan ve neredeyse hiç su sıçratmadan suya dalabiliyordu. Bu üstün yeteneğin kuşun gaga şeklinden kaynaklandığını fark eden Nakatsu, ekibiyle birlikte trenin ön kısmını yeniden tasarladı. Yeni tasarım tamamen yalıçapkını kuşunun gagasından esinlenilerek yapıldı.

Sonuç mu? Çok daha konforlu ve sessiz bir tren! Sonik patlama sorunu çözüldü. Ayrıca bu çığır açan tren, yalıçapkını gagasına benzeyen yeni tasarımı sayesinde, %15 daha az yakıt kullanıyor ve %10 daha hızlı gidiyor!



● **Doğadaki İlham:** Yalıçapkını kuşunun su sıçratmadan suya dalıp balık yakalaması.

● **Uygulama Alanı:** Daha sessiz, daha hızlı ve daha verimli hızlı trenler.

Hiç Ses Çıkarmadan Uçan Kuş: Baykuş

Sessiz bir ortam sağlanması, yalnızca trenlere yakın evlerde yaşayan kişilerin istediği bir durum değil. Günlük hayatımızda daha rahat bir yaşam sürmek için sessiz çalışan cihazları tercih ederiz. Konu sessiz çalışma olunca danışmamız gereken en usta canlı, baykuşlardır. Baykuşlar, doğanın en sessiz uçucuları olarak bilinir. Bu sessiz uçuş yetenekleri, onları etkili bir avcı yapar ve hayatta kalma şanslarını artırır. Bilim insanları, baykuşların bu sessiz uçuş sırrını kanatlarındaki özel tüylere bağlıyor. Baykuşların kanadının ön kenarında, dışarı doğru çıkan küçük yapılarla kaplı özel tüyler vardır. Bu tırtıklı yapılar, akan havayı daha küçük ve dengeli akışlara ayırarak kanat boyunca dağılmasını sağlar. Bu sayede hava akışındaki değişim ve oluşan gürültü azalır. Özellikle baykuş, avına yaklaşırken yani kanatlarını dik bir açıya getirdiğinde bu yapıların gürültüyü azaltmadaki etkisi daha belirgin hâle gelir.

Peki, baykuşun kanadındaki bu tasarımı nerelerde uygulayabiliriz? Kimse yüksek sesle çalışan fanları sevmez. Baykuşların kanatlarından esinlenerek tasarlanan özel fan kanatları, gürültüyü azaltabilir ve daha sessiz bir deneyim sunabilir. Ayrıca, rüzgâr türbinleri gibi büyük kanatlı yapılar için



de bu tasarım, hem ses kirliliğini azaltabilir hem de verimliliği artırabilir.

Baykuşların ne kadar sessiz uçabildiğini merak ediyorsanız, bu gizemli yeteneklerini keşfetmek için yandaki karekodu taratabilirsiniz!



● **Doğadaki İlham:** Baykuşların hiç ses çıkarmadan uçuşması.

● **Uygulama Alanı:** Sessiz ve daha verimli fan tasarımları/rüzgâr türbinleri yapılması.

Köpeğe Yapışan Tohum Kabuğundan “Cırt Cırt”ın Doğuşu

Birçok biyomimikri uygulaması, bir tesadüf sonucu doğmuştur. Yaşadığı tesadüfe meraklı gözlerle bakan bir isim de İsviçreli elektrik mühendisi George de Mestral’di. Hayatını değiştirecek o fikir, köpeği ile Alpler'deki bir av gezisi sonrasında aklına gelmişti. Köpeğinin tüylerine ve kendi giysilerine yapışan "dulavratotu" (*Arctium lappa*) bitkisinin tohum kabuklarını temizlerken, bu kabukların nasıl yapıştığını merak etti. Dulavratotu tohumları, daha uzak yerlere yayılmak için ona dokunan yüzeylere yapışarak soylarını devam ettirme yeteneğine sahipti. Mestral, bir tohum kabuğunu mikroskop altında incelediğinde, kabuğun yüzeyinin yüzlerce küçük kancadan oluştuğunu keşfetti. Bu kancalar, köpeğinin tüylerine ve giysi yüzeyine kolayca takılıyordu. Bu keşif, Mestral’ın on yıl boyunca dulavratotu tohum kabuğuna benzeyen sentetik bir kanca



malzemesi geliştirmeye çalışmasına yol açtı. Sonunda günümüzde ayakkabılarımızdan çantalarımıza kadar sıkça kullandığımız ve "cırt cırt" (velcro) olarak bildiğimiz mekanizmayı icat etti.

İşte hepimizin hayatını kolaylaştıran bu icat, Mestral’ın giysilerine yapışan bitki tohum kabuklarının nasıl çalıştığını merak etmesiyle ortaya çıktı.



● **Doğadaki İlham:**

Dulavratotu tohumunun kabuğunun hayvanların üzerine yapışarak daha uzaklara yayılması.

● **Uygulama Alanı:** Günlük dilde “cırt cırt” adıyla bilinen, iki veya daha fazla parçayı birleştirmek için tekrar tekrar kullanılabilecek bir düzenek geliştirilmesi.

Her Yüzeye Yapışabilen Gekodan Kalıntı Bırakmayan Yapışkan Bantlara

Yüzeye yapışma yeteneği, yalnızca bitkilerde değil hayvanlar dünyasında da görülebilen bir durum. Cam da dahil olmak üzere neredeyse her yüzeye kolayca yapışabilen geko kertenkelesinin (*Gekkonidae*) bunu nasıl başardığını merak eden bilim insanları, gekoyu araştırmaya başladı. Gekoyu mikroskop altında inceleyen araştırmacılar, kertenkelenin parmaklarının yüzeyinde çok sayıda küçük kıl benzeri yapı olduğunu keşfetti. Bu mikro ve nano boyuttaki yapılar, geniş bir yüzey alanına sahip ve yüzeyle temas ettiğinde geçici kimyasal bağlar kurarak yapışır.



Bu yapışma, kimyada “Van der Waals etkileşimi” adı verilen zayıf etkileşimler sayesinde gerçekleşir. Bu etkileşimler tek başına oldukça güçsüz olmasına rağmen milyonlarca küçük yapı sayesinde kuvvetli bir yapışma ortaya çıkar. Geko, dilediği zaman hareket ederek bu bağı kolayca ortadan kaldırabilir.

Gekonun bu sıra dışı özelliğini taklit eden bilim insanları, benzer bir sistemi çeşitli polimerler kullanarak geliştirip çok güçlü bir bant üretti. Bu bant, tamamen gekonun zayıf kimyasal bağlar kurarak yapışma prensibinden ilham alınıp tasarlandığı için herhangi bir yapıştırıcı madde içermez.

Bu yüzden tekrar tekrar kullanılabilir ve yapıştırıldığı yüzeyi kirletmez. Kim bilir, belki bu yöntem daha da geliştirildiğinde, bir gün örümcek adam gibi duvarlara tırmanmamız bile mümkün olabilir!

● **Doğadaki İlham:** Geko kertenkelesinin birçok yüzeye zorlanmadan yapışabilmesi.

● **Uygulama Alanı:** Yapıştırıcı kimyasallar içermeyen, tekrar kullanılabilir, kalıntı bırakmayan, çevre dostu bantlar elde edilmesi.

Kendi Kendini Soğutan Bina İnşasının İlhamı: Termit Höyükleri

Yaşadıkları sorunu çözmek için doğadan ilham alan kişiler, yalnızca bilim insanları veya mühendisler değil. 1991 yılında mimar Mick Pearce'nin çözmesi imkansız gibi gözükken bir problemi vardı. Zimbabve'deki en büyük ofis ve satış binasını inşa etmekle görevlendirilmişti ancak bu kadar



büyük bir binayı soğutmak için klima kullanımına bütçe yetmiyordu. Pearce'in kocaman binayı kendi kendine soğutabilecek bir tasarım yapması gerekiyordu.

Hayal gibi görünen bu sistem için Pearce'in ilham aldığı canlılar termitlerdi. Doğadaki en başarılı inşaatçılardan olan termitler, yaptıkları höyüklerle ünlüdür. Bu höyükler, termitlerin boyutlarının çok küçük olduğu düşünüldüğünde, milyonlarca termiti barındırabilen devasa yapılar olarak kabul edilebilir. İlk bakışta tamamen boşluksuz gibi görünen bu höyüklerin iç kısımlarında minik boşluklar bulunur. Bu özel mimari sayesinde, akciğerlerimizdeki soluk alışverişimize benzer bir sistemle hava akışı sağlanarak içerisi serin tutulur.

Mick Pearce'nin tasarladığı "Eastgate Center" adındaki bina, termit höyüklerinin özel mimarisi örnek alınarak inşa edilmiştir. Binanın dış yüzeyindeki girinti ve çıkıntılar yüzey alanını artırır. Özel havalandırma mimarisine sahip bu binada ısınan hava, soluk alıp verme benzeri bir sistemle dışarı verilir. Höyüklerden örnek alınan bu tasarım, hem gündüz hem de gece serin bir ortam sağlar. Yalnızca termitlerin inşa yeteneklerinin meraklı gözlerle incelenmesiyle elde edilen bu tasarım sayesinde bina, aynı bölgedeki benzer binalardan yaklaşık %35 daha az enerji harcar.

● **Doğadaki İlham:** Termitlerin özel mimari sayesinde daha serin bir yaşam alanı yaratmaları.

● **Uygulama Alanı:** Soğutucu teknolojiler kullanılmadan da serin kalabilen çevre dostu binaların yapılması.

Köpek Balığı Derisinden Mikrop Tutmayan Yüzeylere Yolculuk

Yalnızca yeryüzündeki canlılar değil, su altında yaşayan canlılar da sorunlarımıza çözüm olabilir. Köpek balığı derisini mercek altına alan araştırmacılar, onun özel bir deriye sahip olduğunu keşfetti. Bu derinin diğer su altı canlılarından farklı olarak bakteriler ve algler gibi

mikroorganizmalara karşı dirençli olduğu görüldü. Bu şaşırtıcı durumun sebebini anlamaya çalışan bilim insanları, derinin yüzeyine yakından baktıklarında yan yana dizilmiş mikro boyutta küçük dişlere benzeyen özel bir yapı gözlemledi. Bu yapı, bakterilerin ve diğer organizmaların geçişine ve yapışıp büyümesine izin vermiyordu.



Peki bu durumu günlük yaşama nasıl uygulayabiliriz? Hastanelerde en çok dokunulan kapı kolları, merdiven tutamakları, yatak kenarları gibi yüzeyler, köpek balığı derisinden ilham alınarak tasarlanmış materyallerle kaplanarak antibakteriyel özellik kazandırıldı.

Köpek balığının özel derisi, sadece antibakteriyel özellik katmakla kalmaz, aynı zamanda balığın sudaki hızını da artırır. Eğer biz de daha hızlı yüzmeyi amaçlıyorsak bakabileceğimiz en tecrübeli canlılar balıklardır ve tabii ki aralarındaki en usta avcılardan biri olan köpek balığı iyi bir danışman olabilir. Michael Phelps gibi dünyaca ünlü başarılı yüzücülerin kullandığı özel bir mayo markası, ürünlerini köpek balığı derisinden ilham alarak tasarladı. Bu sayede sudaki sürtünme azaltılarak yüzücünün hızının arttığı gözlemlendi.

● **Doğadaki İlham:** Köpek balığı derisinin onu hastalıklara karşı koruyabilmesi ve daha hızlı yüzmesini sağlaması.

● **Uygulama Alanı:** Antibakteriyel yüzey malzemeleri yapılması ve daha verimli yüzme kıyafetlerinin tasarlanması.

Örümcek Ağlarındaki Antimikrobiyal Etki

Mikrop öldürücü etki, yalnızca suda yaşayan canlılar için değil karadaki canlılar için de oldukça önemlidir. Hepimiz örümcek ağlarının olağanüstü mekanik özelliklere sahip olduğunu biliriz. Kütlece aynı miktardaki çelikten 10 kata kadar daha sağlam olan bu yapı aynı zamanda oldukça esnektir. Mekanik özellikleri kadar popüler olmasa da örümcek ağlarının çok ilgi çekici bir özelliği daha vardır: Mikrop öldürücü etki.

Ağların incecik ve narin görüntüsü ile içerisinde yüksek oranda protein ve yağ bulundurması, onların kısa sürede mikroorganizmalar tarafından parçalanacağını düşündürür. Ancak ağlar, mantar ve bakteri gibi organizmalar tarafından tahrip edilmeden günlerce ve hatta haftalarca kalabilir. Bu durumun sebebini anlamaya çalışan bilim insanları örümcek ağlarını incelediklerinde ağın içerisindeki proteinlerin, ağ yüzeyini suyu sevmeyen yani hidrofobik hâle getiren belirli bir düzende kümелendiğini görmüşler. Bu özel düzen sayesinde mikroorganizmalar yüzeye yapışmakta zorluk yaşar ve yüzey uzun süre antibakteriyel hâlde kalır.

alan için oldukça önemlidir. Örümcek ağlarındaki protein yapısından ilham alınarak geliştirilen mikrop tutmayan kaplama malzemeleri sayesinde gelecekte implantlar, protezler ve hatta kıyafetlerde bu teknolojiyi görmemiz mümkün olacak gibi görünüyor.

Birçok biyomimikri uygulaması, günümüz teknolojileri sayesinde kendisine bir yer bulabilse de örümcek ağlarının kullanımı aslında çok daha eskiye dayanır. Örümcek ağının antibakteriyel etkisini gözlemleyen antik dönemlerde yaşayanlar, onu yara bandı olarak da kullanmış.

● **Doğadaki İlham:** Örümceklerin mikroplarla savaşılabilmek için antibakteriyel ağlar üretmesi.

● **Uygulama Alanı:** Antimikrobiyal yüzeyler, kıyafetler ve biyomedikal ekipmanlar geliştirilmesi.

Güneş Aşığı Bitkiye Bakararak Güneş Panelleri Tasarlamak

Güneş panellerinin verimliliği için en önemli etkenlerden biri de güneş ışınlarının panele gün boyu ulaşmasıdır. Ancak Güneş'in gökyüzündeki konumu değiştikçe sabit güneş panellerinin verimi azalmaktadır. Peki, bu duruma nasıl bir çözüm bulunabilir?

Hepimizin bildiği gibi güneş ışınlarını en verimli kullanan bitkilerden birisi de ayçiçeğidir. Bu bitkilere, Güneş'e yöneldikleri için günebakan da denir. Avusturya'da tasarlanan ve üretilen bir güneş paneli (Smartflower) doğrudan ayçiçeklerinden ilham alıyor. Ayçiçeğinin taç yapraklarına benzer şekilde birkaç parçadan oluşan bu güneş panelinin "yaprakları" gün doğumunda otomatik olarak açılıyor ve gün boyunca Güneş'i, en uygun açı olan 90° ile takip ederek gece tekrar kapanıyor. Bu sayede geleneksel güneş panellerine kıyasla daha uzun yıllar kullanılabilir. Güneş'i takip eden bu

Bir yüzeyin antibakteriyel özellikte olması, tıp ve biyomedikal araştırmalar başta olmak üzere birçok

sistem sayesinde geleneksel çatı tipi güneş panellerine göre %60'a kadar daha fazla elektrik elde etmek mümkün oluyor.



● **Doğadaki İlham:** Ayçiçeklerinin güneş ışınlarından daha çok yararlanabilmek için güneşe yönelmesi.

● **Uygulama Alanı:** Gün boyu Güneş'e yönelen daha verimli güneş panellerinin tasarlanması.

Ayçiçeği Çekirdeği Deseni ile Su Tasarrufu Sağlayan Duş Başlıkları

Ayçiçeklerinin özel tasarımı, yalnızca enerji üretiminde değil, günlük yaşamda da etkileyici yeniliklere ilham verebilir. Ayçiçekleri, çekirdeklerinin dizilişini en verimli şekilde ayarlama konusunda binlerce yıllık tecrübeye sahiptir. Bu bitkilerin

çekirdek dizilim desenini inceleyen araştırmacılar, bu özel deseni duş başlıklarında kullanmanın verimliliği artırabileceğini düşündüler.

Ayçiçeklerinden esinlenerek hazırlanan yeni duş başlığı, fışkıran suyun basıncını en uygun şekilde ayarlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım, geleneksel duş başlıklarına kıyasla su basıncını 3 kata kadar daha verimli bir şekilde kontrol edebilme yeteneğine sahiptir. Bu sayede hem su tasarrufu sağlanmış hem de kullanıcıya daha konforlu bir duş deneyimi sunulmuş oldu.

● **Doğadaki İlham:** Ayçiçeği çekirdeklerinin özel bir desen oluşturarak en verimli şekilde konumlanması.



● **Uygulama Alanı:** Daha verimli ve konforlu duş başlığı tasarımı yapılması.



Çamurun İçindeki Temizlik: Lotus Bitkisinden Su Tutmayan Yüzeyler Oluşturulması

Lotus ya da nilüfer çiçeği (*Nelumbo nucifera*), bilim insanlarını şaşırtan bir özelliğe sahiptir: Çiçeğin yaprakları suyu tutmaz. Başka bir deyişle, suya batırılan yaprakların üzerindeki su hemen akar ve yapraklar kuru kalır. Bu özellik, çamurlu bölgelerde yaşayan lotus çiçeği için büyük bir avantajdır çünkü yüzeyindeki çamur fotosentez yapma yeteneğini azaltabilir.

Bu bitkiyi inceleyen bilim insanları, lotus yapraklarının yüzeyinde mikroskobik çıkıntılar olduğunu keşfetti. Bu çıkıntılara sebep olan mikro ve nano parçacıklar, suyu iten özellikleriyle tanınır. Kimyada bu özellik, hidrofobik olarak adlandırılır. Suyu iten bu maddelerle kaplı yüzey sayesinde lotus yaprağına temas eden sıvılar doğrudan akar ve yüzeyden uzaklaşır. Peki, bu özelliği günlük yaşantımızda nasıl



Suyu iten (hidrofobik) bir kumaşın yüzeyinin yakından görünümü.

kullanabiliriz? Araştırmacılar, lotus çiçeğinin yaprağını taklit ederek geliştirdikleri kumaşların ve yüzeylerin leke tutmadığını ve kendi kendini temizleme kapasitesine sahip olduğunu gösterdi. Bu doğadan ilham alan teknoloji sayesinde leke tutmayan kıyafetler, yağmur damlalarının tutunamadığı camlar, kendi kendini temizleyen boyalar ve çok daha fazlasını üretmek mümkün hâle geldi.



Lotus yaprağının yüzeyi

● **Doğadaki İlham:** Lotus çiçeğinin yapraklarının, su tutmayan bir yüzeye sahip olması.

● **Uygulama Alanı:** Leke tutmayan ve kendi kendini temizleyen yüzeylerin/kıyafetlerin yapılması.

Rengini Geometrisinden Alan Canlı: Morfo Kelebeği

Etrafımızda gördüğümüz renklerin büyük bir çoğunluğu pigment adı verilen kimyasallardan veya boyalardan oluşur. İleri düzey kimya çalışmaları sonucu elde edilen bu maddelerle kaplanan yüzeyler, gözümüze renkli gözükür. Doğada da renkli canlılar bulmak mümkündür ancak bu canlılardaki renklerin dağılımı aynı değildir. Bazı renkler doğada diğerlerine göre daha az bulunur. Örneğin kırmızı ve yeşil renkler doğada yaygın bulunurken mavi renge çok daha nadir rastlarız.

Fakat bir örnek vardır ki masmavi rengiyle bizi kendine hayran bırakır: Morfo kelebeği. Parlak mavi kanatlara sahip morfo kelebeğini (*Morpho didius*) gören araştırmacılar, bu kelebeğin kanatlarını mercek altına aldıklarında bu rengin boyadan veya pigmentten gelmediğini fark etti. Bu renk, doğrudan ışığın çarptığı yerdeki yüzeyin şeklinden dolayı mavi gözükür. Mikroskopla bakıldığında milyonlarca nanoyapının oluşturduğu, girintili çıkıntılı, ızgara benzeri bir görüntüye sahip olan kelebeğin kanadı, bu çıkıntılar sayesinde diğer renklerdeki ışığın geçmesine izin verirken mavi ışığı yansıtarak gözümüze ulaşmasını sağlar. Böylece kanatlarını mavi renkte görürüz. Yani, morfo kelebeği, herhangi bir kimyasal kullanmadan sadece dokusundaki ızgara benzeri yapı sayesinde parlak mavi renkte kanatlara sahip olur.

Özel geometrisi sonucu elde edilen bu renklere “yapısal renkler” adı verilir. Kelebek kanatlarından ilham alan bir araba firması, arabanın yüzeyini

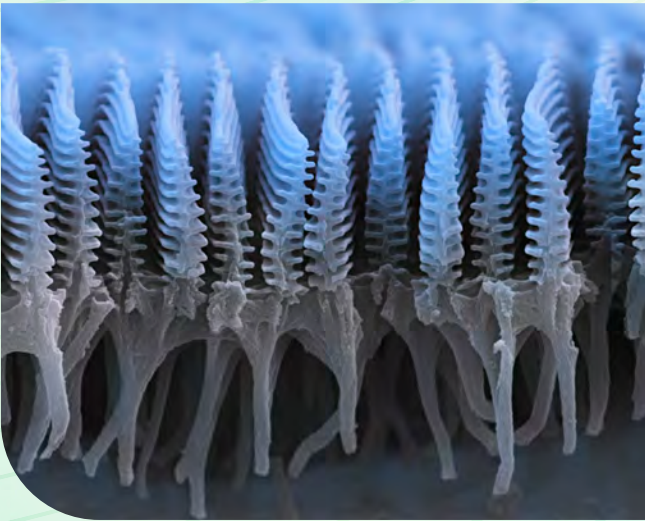
kelebek kanatlarında olduğu gibi çıkıntılı yapıdaki nanoparçacıklarla kapladı. Toksik ve çevreye zararlı kimyasal pigmentler veya boyalar kullanmadan da araba parlak mavi görüntüde olmuştu. Ayrıca aynı yöntem sayesinde kimyasalların yoğun kullanıldığı ürünler de artık zararsız bir şekilde üretilebiliyor.



bazilfoto / iStock

● **Doğadaki İlham:** Morfo kelebeğinin kanat yapısındaki geometri sayesinde mavi renkte gözükmesi.

● **Uygulama Alanı:** Kimyasal pigment veya boya kullanmaksızın mavi kaplamalar elde edilmesi.



Kelebek kanadı pullarındaki nanoyapıların renkli taramalı elektron mikroskop görüntüsü.

Çöldeki Havadan Su Toplayan Canlı: Namib Böceği

Çöllerdeki en büyük sıkıntılardan birisi de su bulmak. Burada yaşayan canlıların da yaşamlarını devam ettirebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Hiç sıvı hâlde su bulunmamasına rağmen hayatta kalmak mümkün mü? İşte bu kısımda da havadaki nemden su toplayabilen etkileyici bir böceği tanıyacağız: Namib böceği (*Stenocara gracilipes*).

Afrika'da bulunan Namib Çölü, dünyanın en yaşlı çölü olarak bilinir. Bu çöl oldukça kurak olmasına rağmen okyanusa kıyısı olduğu için özellikle sabah saatlerinde sis oluşur. Namib böceğinin sırtı, küçük tümseklerle kaplıdır. Bu tümsekler, hidrofobik (suyu sevmeyen) ve hidrofilik (suyu seven) bölgelerden oluşur. Sis, böceğin sırtındaki bu bölgelerde yoğunlaşır ve hızla büyüyen damlacıklar oluşturur. Bu damlacıklar yeterince büyüdüğünde, böceğin yaklaşık 45° eğimli sırtından aşağı yuvarlanarak ağız kısmına ulaşır ve böcek bu suyu içer.



niharney / iStock

Bu sistem, suyun havadan verimli bir şekilde toplanmasını sağlar. Özellikle Afrika gibi kurak bölgelerde, Namib böceğinin sırtındakine benzer, ağ benzeri bir sistem yapılarak havadaki sisten su toplamayı hedefleyen teknolojiler kullanılıyor. Bu sayede kuraklık ve su sorunu için de bir çözüm bulmuş olabiliriz.

● **Doğadaki İlham:** Namib böceğinin havadaki nemi suya dönüştürmesi.

● **Uygulama Alanı:** Havadaki nemden su toplamayı hedefleyen teknolojiler geliştirilmesi.

En Tecrübeli Danışman: Doğa

Doğa; yeni keşifler, teknolojiler ve tasarımlar için hiçbir zaman bitmeyecek bir kaynak olup usta bir problem çözücüdür. Doğanın laboratuvarına meraklı gözlerle bakarak birçok sorunun çözümüne ulaşma yolunda önemli adımlar atabiliriz. Tabiattan alınacak en önemli derslerden birisi de etkili geri dönüşüm sistemidir. Ekosistemimizde mükemmel bir geri dönüşüm mekanizması işler: Hiçbir şey boşa gitmez, her şey yeniden değerlendirilir ve kullanılır. Milyarlarca yıldır devam eden bu döngüden ilham alıp onun prensiplerini günümüze uyarlamayı başarırız, sürdürülebilir ve tamamen yeşil bir dünyada yaşayabiliriz.

Özetle biyomimikri, ekosistemimizin çözme yeteneği başardığı sorunları fark edip, bu doğal çözümlerden ilham alarak kendi problemlerimize yanıt bulma çabasıdır. Albert Einstein'ın da belirttiği gibi: "Henüz doğanın bize gösterdiklerinin binde birini bile bilmiyoruz." Belki de karşılaştığımız sorunların çözümünü doğa çoktan bulmuştur. Yeter ki ona meraklı ve dikkatli gözlerle bakmayı öğrenebiliriz... ■

Kaynaklar

<https://www.nature.com/articles/35102108>

https://www.youtube.com/watch?v=HyZT5b0tNtk&ab_channel=BBCEarthScience

https://www.youtube.com/watch?v=40f7_93NIgA&ab_channel=VergeScience

<https://asknature.org/>

<https://www.thoughtco.com/the-invention-of-velcro-4066111>

https://www.youtube.com/watch?v=620omdSZzBs&ab_channel=NationalGeographic

https://www.youtube.com/watch?v=YjeVRoDmXFs&ab_channel=InterestingEngineering

<https://smartflower.com/>

https://www.youtube.com/watch?v=wH0FqLYOhFU&ab_channel=Motorward

https://www.youtube.com/watch?v=7nkM3UI_QMA&t=12s



RomoloTavani / iStock