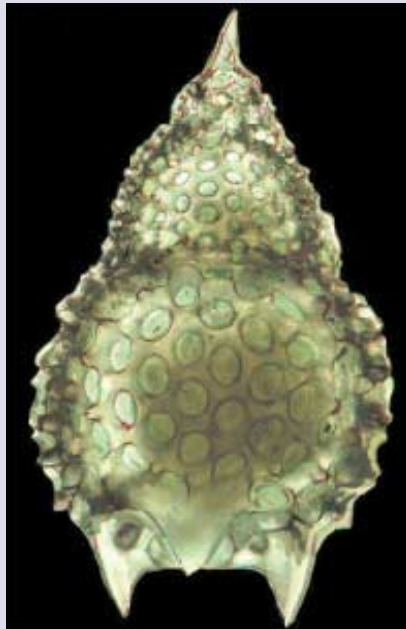


MİNYATÜR MİMARLAR

Doğadaki tasarım ve mimari, asırlar boyunca sanatçılara, mühendislere ve filozoflara ilham kaynağı oldu. Bunun nedeni, estetik görüntünün yanında, şekilsel ve işlevsel uyumun en güzel örneklerinin de doğada sergilenmesi. Çünkü doğada hayatta kalabilmenin en önemli koşulu, yaşam şekline ve ortam koşullarına en iyi uyumu sağlayabilmek. İşte bu yüzden, tarih boyunca insan yapımı tasarımların çoğunda, çeşitli canlıların vücut şekillerinden ve hareket ilkelerinden faydalandı. Günlük hayatta kullandığımız çoğu gerecin tasarımının, doğadaki canlılardan esinlenerek ortaya çıkarıldığını görebilmek için, çevremize biraz dikkatli bakmamız yeterli. Ancak, esin kaynağı olan bu canlıların bir kısmını görebilmek için, biraz daha "mik-



ro" boyutta düşünmemiz gerekiyor.

Yalnızca mikroskop altında seçilebilen bazı tek hücreli canlıların şekilleri, ilk kez gözlenmelerinden bu yana, en çok ilgi gören araştırma konularının başında geldi. Mimari harikaları olarak bilinen bu tek hücrelilerden bahsedildiğinde akla ilk gelenler, su ortamlarının belki de en önemli canlıları olan planktonlar. Serbest hareketleri, suyun akıntı etkisiyle sürüklenmeye dayalı olan canlılara, genel olarak "plankton" adı veriliyor. Planktonlar, bitkisel ve hayvansal özellik göstermelerine göre, iki ana gruba ayrılıyorlar. Bitkisel planktonların en önemli iki grubu, diatomlar (altın rengi algler) ve dinoflagellatlar (yakamoz bakterileri). Hayvansal planktonların en önemli iki grubuysa, foramini-

ferler ve radiolaria'lar.

Bu mikro-mimari örnekleri, ilk kez 19. yüzyılın sonlarına doğru, Alexander von Humboldt yönetimindeki İngiliz araştırma gemisi HMS Challenger tarafından deniz dibinden toplanan çökelti örneklerinin incelenmesiyle keşfedildi. Challenger'ın büyüğü hazinesi, Alman doğa bilimci Ernst Haeckel'in yaptığı özenli karakalem çizimlerinden oluşan "Die Radiolarien (Radiolarialar)" isimli kitapla, 1862 yılında bilim dünyasına armağan edildi. Aslında bu tarihten çok daha önce, 1800'lü yılların başlarında, Christian Ehrenberg isimli araştırmacı tarafından, tebeşir kayaçlarının yapısında olağanüstü şekilli oluşumlar gözlenmişti. Araştırmacının "inorganik oluşumlar" olarak tanımladığı bu şekillerin, aslında "coccolith" adı verilen canlılara ait kabuklar olduğu, çok daha sonra açığa çıkarılabildi. Coccolithler, fotosentez yapan sucuk hücreliler. Bu canlıların kalker yapıdaki dış iskeletleri, öldükleri zaman deniz dibine çökerek, kayaçların yapısına katılıyor.

Radiolaria, diyatom ve benzeri canlıların tarih boyunca gelişimleri, fosil



Chert kayacı

kayıtlarındaki zenginlikleri sayesinde, fosil bilimcilerce ayrıntılı olarak incelenabiliyor. Tabii ki bu fosil zenginliği, hayranlık uyandıran iskeletlerinin dayanıklılığından kaynaklanıyor. Silisyum, kalker ve kalsiyum karbonat, doğanın sıkça kullandığı ve harikalar yarattığı yapı malzemeleri. Dünyamızın kabuğunda bulunan bu önemli hammaddeler, oldukça sağlam ve dayanıklı iskelet maddeleri.

Silisyum içerikli iskeletlerin deniz dibine çökerek birikmesiyle, "chert" adı verilen bir tip kuartz kayacı oluşuyor. Bu kayacın en belirgin özelliği, keskin kenarlarının ve düz kesitlerinin bulunması. Dünya üzerindeki kireçtaşı ve tebeşir kayaçlarının büyük

bir kısmı, günümüzden 250-65 milyon yıl önce, yani Mezozoyik zamanında yaşamış olan bu mikroskobik canlıların dış iskeletlerinden oluşuyor. Mısır piramitlerinin yapımında kullanılan taş ocakları da, çoğunlukla radiolaria ve foraminifera gibi kabuklu tek hücrelilerin kalıntılarından oluşmuş.

Sözünü ettiğimiz tek hücreli canlıların dış iskeletleri, dış macunu ve cila yapımında, izolasyon

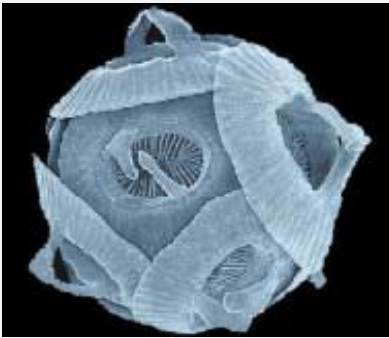
malzemesi üretiminde ve hatta ticari evcil hayvan kumu üretiminde de kullanılıyor. Günümüzde, sitoplazmaları içeriğinde bulunan doymamış yağ asitlerinin (Omega 3), morina balığı karaciğeriyle benzer besinsel özellik taşıması nedeniyle, besin olarak da kültür üretimleri yapılıyor.

Bu canlıların akıntı hareketiyle sürüklenmeleri, su üzerinde rahatlıkla kalabilmelerini gerektiriyor. Hayranlık uyandıran dış iskeletleri de, aslında bu sürüklenme hareketi için kazandıkları gelişmiş bir uyum. Sürüklenmeye uygun yapıdaki biçimlerinin yanında, iskelet yapılarını oluşturan boşlukların havayla dolu olması da, su üzerinde kalabilmelerini kolaylaştırıyor. Fazla besinlerini yağ damlacıkları halinde depolamaları da, yine vücut ağırlıklarını azaltmaları bakımından önemli bir uyum. Ayrıca, ana gövdeden çıkan dikensi çıkıntılar, toplam ağırlığı fazla artırmadan yüzey alanı genişletmenin en akıllıca yolu. Yüzey alanı/hacim oranlarının düşük olması, daha az yüzeyin deniz suyuyla temas etmesi sayesinde, tuzluluk nedeniyle bozulmalarını da engelliyor.

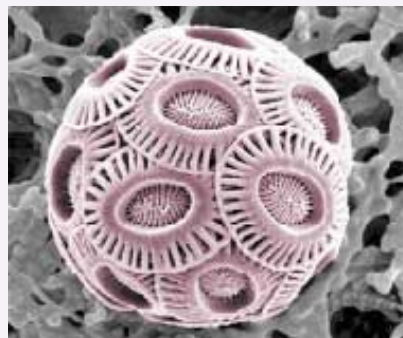
Radiolarialar

Radiolarialar, foraminiferler ile yakan akraba sayılabilecek bir canlı grubu. Radiolariaların su içindeki dağılımını belirleyen etkenlerin başında, su sıcaklığı, tuzluluk oranı ve çözünmüş silisyum bileşiklerinin bulunabilirliği geliyor. Ilık suları seven radiolarialar, bu nedenle daha çok ekvator bölgesinde yayılış gösteriyorlar. Besinlerini

Coccolithler



Bitkisel planktonların bir diğer önemli grubunu oluşturan bu canlıların, kalker yapı plakalar ile korunan, küresel şekilli dış iskeletleri bulunuyor. Bir coccolith küreciğinin çapıysa, ortalama 40 mikron kadar. Okyanuslardaki besin zincirinin önemli bileşenlerinden biri olan coccolithler, denizel kayaçların oluşumunda da rol oynuyorlar. Mikropaleontolojinin kurucusu sayı-



lan Christian Ehrenberg tarafından ilk gözlen-diklerinde inorganik oluşumlar oldukları düşünülen coccolithlerin isim babasıysa, Thomas Huxley. İlk bakışta bitki hücrelerine benzetilmeleri nedeniyle, "tahıl taşı" anlamına gelen bu isim verilmiş. Çoğu denizlerde yaşamasına karşın, Coccolithus pelagicus türü, Ürdün'deki Ölüdeniz'de 250 ppt.'ye varan tuzluluktaki bölgelerde bile yaşayabiliyor.



dışarıdan aldıkları için, su içerisindeki dağılımları belli bölgelerle sınırlanmış değil. Fotosentez yoluyla kendi besinini üreten canlıların güneş ışınlarına gereksinim duymaları nedeniyle, dağılımları da suyun ışık alan bölgeleriyle



kısıtlanıyor. Oysa, böyle bir kısıtlamaları olmayan radiolarialar, 4000 metre derinlerde bile yaşayabiliyorlar. Ancak, sıklıkla fotosentetik alglerle birlikte yaşadıkları için, yaşam ortaklarının gereksinimlerini karşılayabilmek amacıyla, en azından gündüz saatlerini "fotik bölge" adı verilen ve güneş ışığı alabilen bölgede geçirmek zorundalar.

Radiolaria üyeleri, yaşam döngüleri boyunca, çevrelerindeki su ortamından silisyum bileşiklerini alıyorlar ve kumsursuz geometrideki dış iskeletlerini salgılıyorlar. Birer doğa harikası olarak adlandırılabilirler. Opalin silikadan meydana gelen hücre duvarları, kafes görünümündeki dış iskeletlerini meydana getiriyor. Tek tek ya da koloni halinde yaşayabilen bu kök bacaklıların opal içerikli dış iskeletleri, deniz

suyunda çözünmediği için yıllar boyu fosil kayaların içerisinde kalabiliyor. Ancak deniz suyunun silisyumdan çok daha az yoğun olması nedeniyle, bu canlıların korunmasında iskelet yapılarının sağlamlığı ve gömülme koşulları gibi etkenler önemli rol oynuyor. Dış iskelet üzerinde bulunan deliklerden dışarıya uzatılabilen kök bacakları, hem harekete hem de beslenmeye yardımcı oluyor. Bu kök bacaklar, yakın akrabaları olan amiplerle paylaştıkları ortak bir özellik.

Radiolaria'lar, çeşitli canlı gruplarıyla simbiyoz (birlikte yaşam) örnekleri de gösteriyorlar. Bir kısmı "yakamoz bakterileri" olarak anılan dinoflagellat türleriyle, bir kısmı da alglerle birlikte yaşayabiliyor. Radiolaria iskeletinin üzerine yerleşen algler, hem onlarla birlikte hareket etmiş oluyor, hem de fotosentez sonucunda ürettikleri besinlerini paylaşıyorlar. Yakamoz bakterileriyle birlikte yaşamlarında,

Eden Projesi

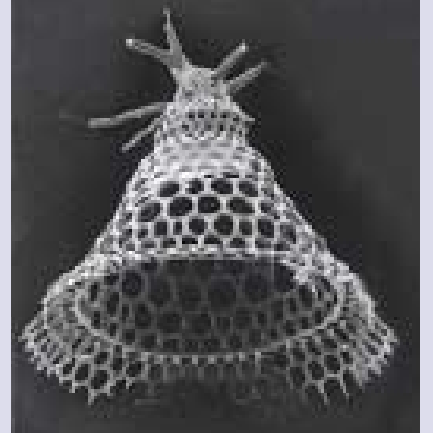
Eden (Cennet Bahçesi), İngiltere'nin Cornwall bölgesinde, 2001 yılında ziyaretçilere açılan devasa bir sera. Bu olağanüstü kapalı bahçelerin yapımının bir özelliği de, kubbe şeklindeki sera tavanlarının mimarisinde, arıların pekteklerinde ve radiolaria'ların dış iskeletlerinde görülen altıgen (hexagonal) biçimli düzenden yararlanılmış olması.



radiolariaların görevi, bakterilere amonyum ve karbon dioksit sağlamak. Yakamoz bakterileri de, konakçılarına besin sağlayarak ve korunmalarını güçlendirerek bu birliktelikte üstlerine düşeni yerine getirmiş oluyorlar.

Aynı zamanda "avlanıcı" beslenme tipi de gösteren radiolaria'ların en sevdikleri besinlerin başında, silisyum bileşikleri konusundaki ezeli rakipleri olan diyatomlar geliyor. Anlaşılan diyatomlar ve radiolarialar arasındaki rekabet, yıllardır çok yönlü olarak devam ediyor.

Sistemik çalışmalarında büyük önem taşıyan silika iskeletleri, cinslere göre farklılık göstermekle birlikte, sivri çıkıntılar ve ışınlarla donatılmış bir ana iskelet külesinden ya da "merkez kapsül"den oluşuyor. Merkez kapsül, hücre bölünmesinin gerçekleştiği çe-



kirdeği ve diğer organelleri barındıran esas yapı. Kabuğun dıştaki kısmıysa "dış kapsül" adı veriliyor ve bu kısım, avlanmada kullanılan kök bacakları taşıyor. Kök bacakların bir diğer göreviyse, solunum gazlarının alınması ve metabolizma atıklarının dışa verilmesi için yüzey genişliği sağlamaları. Merkez ve dış kapsül arasında yer alan çubuklar ve ışınlar da, iskeletin dayanıklılığını artırıyor.

Farklı simetri tipleri sergileyen bu canlılar, küre şeklinden çubuk şekline, ve hatta şapka ya da lamba benzeri şekillere kadar çeşitlilik gösterebiliyorlar. Tek bir hücrenin nasıl olup da bu denli olağanüstü bir mimari örneği ortaya çıkarabildiğiysen, halen gizemini koruyan ve bilim adamlarını daha çok uğraştıracak gibi görünen bir konu... Ancak tabii ki, bu iskeletin oluşumu konusunda çeşitli görüşler var. Bunla-

rın arasında, sitoplazmalarının doğrudan bir başkalaşım uğruyor olabileceği ya da hücreden salgılanan bir çeşit silika içeriğinin daha sonra polimer haline geçerek iskeleti oluşturduğu fikirleri de var.

Kayıtlı ilk radiolaria fosilleri, Prekambriyen dönemine (545 milyon yıl öncesine) ait. Bu dönemin fosilleri, çoğunlukla sığ sularda yaşayan türler. Derin sularda yaşayan türlerin, daha sonraki dönemlerde ortaya çıktığı düşünülüyor. Jura döneminde (205-142 milyon yıl öncesinde) radiolariaların çeşitliliğinde görülen ani artışın, aynı dönemde, radiolariaların besini olan kamçılı bir hücrelilerin de ortaya çıkmasının bir sonucu olduğu düşünülüyor. Radiolariaların çeşitlenmesindeki bir diğer önemli aşama da, diyatomların ortaya çıkışları. Çünkü, her iki grubun hücre duvarı yapısına da silisyum bileşikler katılıyor ve deniz suyundaki silisyum için rekabete girilmesi nedeniyle, bu dönemden sonrasına ait radiolaria fosillerinin dış iskeletleri daha ince ve daha az sert.



güneş ışığı alan bölgelerinde kalmak zorundalar.

Bir yere bağlı ya da serbest olarak yaşayabiliyorlar. Bazı türler, jelatin yapıdaki uzantılarıyla birbirlerine bağlanarak koloniler oluşturabiliyor. Az sayıda tür hareket yeteneğine sahipken, çoğu tür yalnızca kendilerini akıntılara bırakarak yer değiştirme hareketi yapabiliyor. Büyüklükleri, birkaç mikrondan, milimetrelerce kadar değişebiliyor ve dünya üzerinde 50 binden fazla diyatom türü bulunduğu düşünülüyor.

Dünyanın her yanında, sucul, yarısucul ve nemli ortamlarda yayılış gösteriyorlar. Nemli kayaların ya da ağaç kütüklerinin üzerinde de diyatom topluluklarına rastlanabiliyor.



Diyatomlar

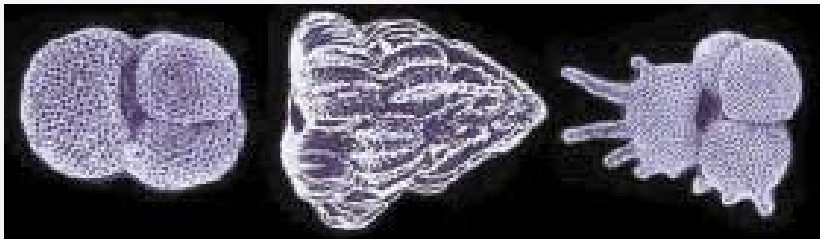
Diyatomlar, bünyelerindeki sarı-kahverengi pigmentler nedeniyle parlak sarımsı renkte görünüyorlar ve "altın renkli algler" olarak anılıyorlar. Yılın belli dönemlerinde aşırı miktarda çoğaldıklarında, içerdikleri pigment nedeniyle, su yüzeyinde renk değişimlerine de yol açabiliyorlar. Serin suları tercih ediyorlar ve besinlerini fotosentez yoluyla ürettikleri için de, suların

Diyatomlar, "früstül" adı verilen ilginç hücre duvarlarının yapısıyla, diğer alglerden ayrılıyor. Bu yapı, bir kutunun kapakları gibi iç içe oturan iki yarım kapakçıktan oluşuyor. Bir bağlantı kirişiyile bir arada duran bu şeffaf yapıli kapakçıklar, diyatomların tanımlanmasında büyük önem taşıyor. Çoğunun iki kabuk yarısı, birbirinden farklı yapıda. Bir diyatom hücresi bölüneceği zaman, her yeni hücre, ana hücreden bir yarım kapakçık alıyor ve yaklaşık 10-20 dakika içerisinde, bunun üzerine yeni bir yarım kapakçık oluşturuyor. Bu işlem, günde ortalama 8 kez gerçekleşiyor. Ancak, su içerisindeki çözünmüş silika miktarı, üreme oranını kısıtlayan önemli bir etken.

Hücre duvarları, salgıladıkları sili-kadan oluşuyor. Bu silika iskelet, bitkisel dokuların deniz suyuyla etkileşmesine yardımcı olan delikler taşıyor. Ürettikleri besinleri yağ damlacıkları halinde depoluyorlar. Bu da, hücrenin yoğunluğunu azaltarak, su üzerindeki hareketine yardımcı oluyor. Sıklıkla küresel şekilli olmaları, hem ışığın ulaşmadığı derinliklere batmalarına karşı direnç oluşturuyor, hem de suyla birlikte sürüklenmelerinde kolaylık sağlıyor.

Dış iskeletlerinin mineral yapısı sayesinde deniz altı kayalarının içinde zarar görmeden saklanabilen diyatomlar, oldukça önemli fosil kayıtlarının tutulmasına da yardımcı oluyor. Bu dayanıklı yapı sayesinde, günümüzden milyonlarca yıl öncesinde oluşmuş kayaların içinde kalabiliyorlar. Diyatomların en eski fosil kayıtları, Jura dönemine (205-142 milyon yıl öncesine) ait. Radiolarialar ile birlikte yayılış göstermeye başladıkları alanlarda, eski dönemlere kıyasla çok daha ince yapıli iskeletler oluşturdukları ortaya çıkarılmış durumda. Bu da olasılıkla, deniz suyundaki silisyum bileşikler için birbirleriyle girdikleri rekabetin bir sonucu.

Foraminiferler



Bu canlılar, amipler gibi kök bacak taşıyan tek hücreliler. Sıklıkla, ılık sularda yayılış gösteriyorlar. Çok sayıda delik taşıyan hücre duvarları, yapısında bulunan kalsiyum karbonat (CaCO3) nedeniyle oldukça sert ve dayanıklı. Bu sayede, hem kayaların yapısında uzun yıllar bo-

yunca zarar görmeden kalabiliyor, hem de su tutma özellikleri nedeniyle petrol aramalarında yol gösterici nitelik taşıyorlar. Bu nedenlerle de, oldukça sık rastlanan ve jeolojik açıdan büyük önem taşıyan fosiller.

Deniz Candaş

Kaynaklar
<http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery/radiolarians/radiolarians.html>
<http://oceanlink.island.net/oinfo/radiolarians/radiolarian.html>
<http://www.ucl.ac.uk/GeoSci/micropal/radiolaria.html>
<http://www.ucl.ac.uk/GeoSci/micropal/diyatome.html>
<http://www.abdn.ac.uk/rhynie/what.htm>
<http://www.radiolaria.org>