

Taş binalara ve heykellere zarar veren mikroorganizmalar şimdiye kadar bakımsız kalan kirlenme biçimlerinde başarılı olabiliyorlardı. Yüzyıldan fazla bir zaman önce, arkeologlar Ege Denizi'nde mitolojide Apollo'nun doğum yeri olarak bilinen küçük kurak bir ada olan, Delos'taki tarih öncesi kalıntıları kazmaya başladılar. Delos, M.Ö. 88'de Kuzeydoğu Anadolu'daki Pontus Krallığı'ndan General Menofanes tarafından yağma edilene kadar, yüzyıllar boyunca dini ve ticari merkez konumunu başarıyla devam ettirdi. Adada yapılan arkeolojik çalışmalarda bulunanlar arasında mermere oyulmuş yazıtlar da var. Bu mezar yazıtları Apollo Tapınağı'ndan çıkarıldıklarında keskin ve temizlerdi. Bir yüzyıl sonra ise bir mantar enfeksiyonundan kaynaklanan küçük oyuklarla kaplılar ve neredeyse okunamaz duruma geldiler.

Çürüyen Anıtlar

Almanya'da, Oldenburg Üniversitesi'nden jeomikrobiyoloji profesörü Wolfgang Krumbein, bu mantar tecavüzünü bütün Akdeniz'de incelediklerini ve her yerde bununla karşılaştıklarını söylüyor. Delos'ta oluşan siyah mayanın yaklaşık seksen çeşidinin sorumlusu olarak insan aktiviteleriyle havaya saçılan hidrokarbonları görüyor. Delos anıtlarından aldıkları mantarı laboratuvarında uçak yakıtı olan kerozen üzerinde yetiştirerek mermer üzerinde nasıl büyüdüğünü ve nasıl parçaladığını anlamışlar.

1966'da Krumbein, hidrokarbonlarla, taşları parçalayan mikroorganizmaların büyümeleri arasındaki bağlantıyı bulan ilk kişiydi. Şimdi, havayla taşınan organik ve inorganik kimyasal maddelerin taş yapıların üzerinde yaşayan ve onları parçalayan mantar, yosun, bakteri ve liken çeşitleri için başlıca gıda kaynağı olduklarına dair kanıtlar gittikçe artıyor. Bu "biyolojik bozulma" üzerinde çalışan araştırmacılar, mikroorganizmaların taşlara nasıl hasar verdiklerini anlamaya başlıyorlar.

Bazı önde gelen uzmanlar, kirlenmeyle oluşan biyolojik bozulmanın artmakta olduğuna inanıyorlar. Ancak, artan kirlenme ve aşınma arasında sıkı bir ilişki olduğu halde



Mikroorganizmalar mermer yapıtların sadece dış yüzeylerini işgal ederlerken...

suçu tamamen mikroorganizmalara atmak zor. Diğer faktörlerin de bunda rolü var. Örneğin, asit yağmuru, Delos mermerlerinin yıpranmasının sebeplerinden biri. Ayrıca taşlar nem, donma, çözülme ve tuz etkisiyle de toz haline geliyor. Bununla beraber, zorluklara rağmen bilim adamları arasında bir görüşbirliği gelişmekte. Harvard Üniversitesi'nden mikrobiyolog Ralph Mitchell, bu alanda herkesten gelen düşünceye göre, asit yağmurunun yanında hidrokarbonların daha da çok önemli olduğunu söylüyor. Korumacılar da Tac Mahal, Westminster Abbey ve Brandenburg Tor gibi kültürel hazinelerin korunması için biyolojik kirlenmeyi önlemeleri gerektiğine inanmaya başladılar.

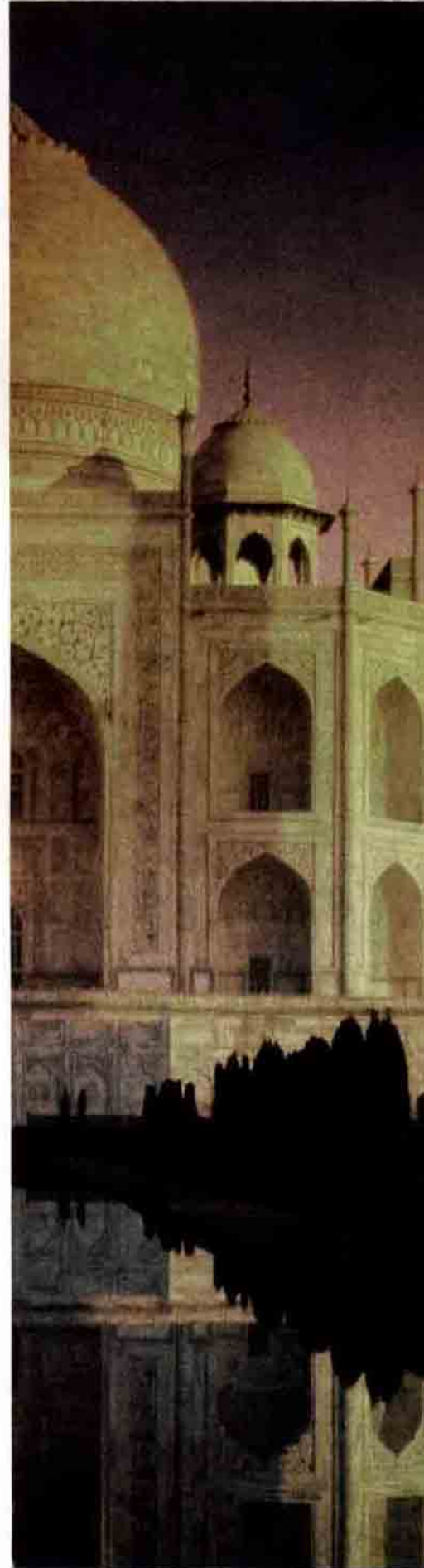
Taşlar üstündeki bu yeni mikrop istilası, havadaki organizmaların, is veya diğer küçük parçacıklarla taşınması şeklinde başlıyor, bazen bunlar yeraltı suları aracılığıyla da ulaşabiliyorlar. Kolonilerini nereye kuracakları, taşların çeşidine, biçimine ve mikroklimaya bağlı. Sonuçta tamamıyla farklı mikrokolonilerin birbirine çok yakın olarak yaşamaları mümkün. New York'da Metropolitan Sanat Müzesi'nde çalışan biyolog Robert Koestler "Taş üzerinde sadece birkaç santimetre ilerlemek gelen güneş ışığının miktarını değiştirebilir ve böylelikle taş içinde fark-

lı sıcaklıklar oluşabilir ya da farklı yoğunlukta güneş ışınları taşa nüfuz edebilir." diyor.

Daha karmaşık mikrokoloniler taşlara farklı şekillerde hasar verebiliyorlar. Bazı organizmalar yüzeyde tortular oluşturuyorlar, bazıları ise renksizleştiriyorlar, oyuyorlar ya da aşındırıyorlar. Nesillerdir Akropol'ü konu alan sanatçıların, onu kırmızıdan griye, griden siyaha değişen tonlarla resmetmiş olmalarının, yaratıcı düşünceden çok, sürekli olarak değişen mikroorganizmaların rengiyle açıklanabileceğine inanıyor Krumbein. (New Scientist, 19 Eylül 1992, s.6). Bu hasarın çoğu mikrobik metabolizmaların ortak ürünleri yüzünden meydana geliyor. "Bir bina üzerine yağın azot ve kükürt, yüzeyde bulunan mikroplar için sonradan nitrik ve sülfürik aside dönüştürecekleri besini sağlıyor." diyor Mitchell. Bu asitler daha sonra taşıdaki kalsiyum ve magnezyum gibi bağlayıcı maddelerle tepkimeye girerek suda çözünebilir karışımlar oluşturuyorlar. Oradan yıkanıp temizlendiklerinde taşta oyuklar açılıyor ve kristal yapısı zayıflıyor.

Mikroorganizmalar, taşın gözenekliliğini ve geçirgenliğini değiştirecek suyu emen maddeler de üretebiliyorlar. Mitchell'e göre mikroorganizmalar, yüzey altına da geçerek, hidrofilik poli-sakkarit çıkarıyorlar. Mitchell, "Bu, oraya suyu emen bir jel koymak gibi bir şey" diyor. Sonuç olarak, taş her donma-çözülme döngüsüne girdiğinde, daha sonra erozyona sebep olacak mikroçatlaklar meydana geliyor.

Taşların, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre mikrobik saldırılara verdikleri tepkileri farklı olabiliyor. Mermer gibi daha yoğun taşlar yüzeyde mikrobik hasara izin vermiyorlar. Gözenekli taşlar yüzeyin santimetrelerce altında kolonileşmeye müsait olabiliyor. Liken ve siyanobakteriler, kumtaşları ve diğer gözenekli taşların içine girmekte ustalar. "Bu betonun içine doğru bir kökün gelişmesi ve onu çatlatması gibi bir şey" diyor Mitchell. Taşların, mineral bileşimleri ve bağlayıcı maddeleri gibi kimyasal özellikleri de mikrobik enfeksiyonun etkilerini belirliyor. Bununla beraber, hasarın oraya



... daha seyrek dokulu kumtaşı heykellerin iç yapılarına kadar işleyebilirler.



yerleşen mikroorganizmalar yüzünden olduğunu kanıtlamak her zaman olası değil. Koestler, birkaç yıl önce Metropolitan Sanat Müzesi'ne gelen, Augustus Saint-Gaudens (1848-1907) tarafından yapılan ve efsanevi bir Amerikalı yerli liderin heykeli olan Hiawatha örneğini veriyor. Müzedekiler gönderilen sandığı açtıklarında, Florida'dan gelirken yolculuk sırasında büyük bir parçanın kopmuş olduğunu görmüşler. Koestler, yüzeyin bir santimetre altında yaşayan siyano bakterilerin bulunduğu parlak yeşil bir kuşak olduğunu keşfetmiş. Ancak hasara onlar mı yol açtı yoksa orada bulunuşları rastlantı mıydı; bundan emin olmanın mümkün olmadığını kabul ediyor.

Kirliliğin biyolojik bozulmayı artırıp artırmadığına dair münakaşaların büyümesine şaşmamak gerek. "Yeni olan, son 25 yıl içinde kirliliğin daha önce görmediğimiz yerlerde artması" diyor Mitchell. "Hidrokarbonlar, mantarlı biyofilmlerle organik aside çevriliyorlar". 50 ile 100 mikrometre kalınlığa ulaşan, saklandıkları jel içinde yaşayan mikroorganizmalardan oluşan biyofilmlerin bozulmanın başlıca sebebi olduğuna dikkat çekiyor. Jeller, havadaki besinleri bir sünger gibi çekiyorlar ve orada yaşayan mikroorganizmalar bunlarla besleniyorlar ve hasara yol açan asitlerini çıkarıyorlar, diye açıklıyor Mitchell.

Biyofilmler çok tahrip ediciler. 1994'te Alman Hükümeti Bremen Madde Deneme Enstitüsü'nden

Thomas Warscheid ile çalışan Hamburg İnorganik ve Uygulamalı Kimya Enstitüsü'nden bir grup kimyacı, biyofilmlerin taş yüzeyindeki kirlenme hasarını artırdığını gösterdiler. Biyofilmler ayrıca taşı tıkararak taşın nemini ve gaz alışverişini sağlayan gözenekliliğini değiştiriyor ve böylece meydana gelen aşınmayı hızlandırıyor. Mitchell, biyolojik bozulmanın artmakta olduğuna inanıyor. Ancak, Warscheid, Krumbein ve diğer araştırmacılar şimdilik bilimsel kanıtın yeterli olmadığını söylüyorlar. Bununla beraber, Warscheid, eldeki örneklerin zorlayıcı olduğunu söylüyor. Ve Krumbein, son birkaç yılda organik kirlenme gittikçe artarken, havadaki sülfür dioksit oranının azaldığını gösteren bulgular elde etmiş.

Krumbein kesin bilgi için daha çok laboratuvar ve alan çalışması gerektiğini ekliyor. Laboratuvar analizleri, biyolojik bozulmanın taşı kimyasal bozulmadan 100 ila 10 000 kat daha fazla etkilediğini gösteriyor. Delos'tan alınan siyah mayayla aşılardan mermer levhaların, mantar gelişimi için uygun şartlarda sadece 9 ay sonra 400 mikrometre derinliğe kadar oyuklar oluşturdukları görülmüş. Krumbein'in hem Delos hem de İsrail'in Negev çölünde bu alanda yaptığı gözlemler, mantarların taşları 100 yıl içinde 5 mm kadar yiyebileceklerini gösteriyor. Ancak, Koestler'e göre bu sonuçlar bile tartışmaya açık. "Hala yenme hızını nasıl ölçebileceğimizi bulmaya çalışıyoruz."

diyor. Korumacılar için bu anlaşmazlıklar akademik düzeyde. Tarihi ve sanat eserleri tehdit altında ve öncelikli olarak bunların mikroorganizmaların zararlarından nasıl korunacağı bulunmalı. Korumacılar şimdiden temizleme için biyolojik, kimyasal ve fiziksel silahlarını bulmuş durumdadır. Bunlar yüksek basınçlı su püskürtücüleri, buhar ve kum-püskürtme, ya da lazer ve ultrasonik teknikler gibi yüksek teknoloji çözümleri ve sübye, asit, alkali, organik çözücüler ve emici killer gibi kimyasal maddeler. Biyofilmlere bol bol yokediciler uygulanıyor; ancak saldırdan kaçan mikroorganizmalar çabucak taş üzerinde yeniden koloni kuruyorlar.

Temizleme etkili olsa da istenmeyen etkiler gösterebiliyor. Koestler New Orleans'ta yüzyıl dışarıda kalan filantrop Margaret Haughey'nin taş figürünün başına geleni hatırlıyor. Kalsiyum hipoklorit içeren bir yokediciyle temizlendikten sonra yüzeyini sıkılaştırmak için sağlamlaştırıcı uygulanan beyaz Carrara mermeri turuncuya dönüşmüş. Bunun sebebi, yokedici içinde bulunan iyot ve taştaki kalsiyumun reaksiyona girerek turuncu kalsiyum iyodür kristalleri oluşturması.

Korumacılar tarafından taşı temizledikten sonra gaz sızıntısını önlemek için kullanılan bileşiklerin daha değişik etkileri var. Çoğu bakterilerle elementlerine ayrılabilirler; bu da daha sonra hasar yaratabilirler demek. Bu elementlere maruz kalan maddeler 5 yıl kadar az bir süre içinde yok olabilirler.

Biyolojik bozulma hakkında bilgi arttıkça sorunu çözecek yaklaşımlar da ilerleyecek. Ancak koruma pahalı bir işlem. Kaçınılmaz olarak, toplumlar hangi taş yapılar ve sanat eserlerinde uygulama yapacaklarını seçmeliler. Ancak, New York Üniversitesi Koruma Merkezi'nde bir fizikokimyacı Norbert Baer, bu konuda herkesin aynı fikirde olmadığına dikkati çekiyor; birinin korozyon dediğine bir başkasının temizlenmesi caiz olmayan bir estetik unsur olarak bakabileceğini ileri sürüyor.

Young, Patrick, *New Scientist*, 2 Kasım 1996.
Çeviri: Selda Ant