

Uygarlık Tarihinde Bir Mineral: Kil



Killer ve kil mineralleri, temel ve uygulamalı çok sayıda bilim dalının ortak çalışma alanlarından biridir. Tarımın, yerbilimlerinin, inşaatın metalürjiye farklı mühendislik alanlarının, eczacılığın, kimyadan biyolojiye çok sayıda temel bilim dalının ilgi alanı içindedir. Bunların yanı sıra güzel sanatların ve arkeolojinin uğraş alanına da giren kil ve kil mineralleri, mineral grupları arasında da önemli bir yer tutar.

K I L L E R
plastiklik özellikleri nedeniyle biçimlendirilmeye yatkındır.

Bunun gibi pişirildiklerinde de biçimlerini koruyabilir. Bu nedenle killerin, en eski endüstrilerden birinin doğmasını sağladığını söyleyebiliriz.

Tarihini, neredeyse ateşin bulunuşuyla başlatılabileceğimiz çömlek yapımı, suyu taşımak ve depolamak, üretilen tahılı saklamak amacıyla kaplar yapma zorunluluğundan doğmuştu. Kap kacak yapımı, neolitik toplumların ortak özelliklerinden biridir. Buna karşın toprak kaplar, besin üretimine dayalı ekonominin ortaya çıkışından daha önce yapılmış olabilir. Belki de kil kapların kullanımı, su geçirmemesi için kille sıvanmış olan bir sepetin, ateşin yanında unutulması sonucu yanmasıyla başlamıştı.

Neolitik dönem için çömlek yapımı, insanın yaratıcılığı ve bilimin başlangıcı açısından da büyük önem taşır. İnsan, kimyasal değişimi belki de bilinçli olarak ilk kez çömlek yapımı sırasında kullanmıştı. Yani, bir kimyacı gözıyla çömlek yapımı sırasında, sulu alüminyum silikattan ısı yardımıyla su molekülleri uzaklaştırılmış olur. Su ancak 600 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta kilden ayrılabilir. Bu da kilin plastikliğinin sonu demektir. İster ısıtılmış isterse kuru olsun, vurulup kırılmadıkça biçimini korur.



Dönemin insanı için nesnenin niteliğindeki bu değişim yani çamur ya da tozun taşa dönüşümü gizemli bir şey olmalı. Sözü edilen kimyasal değişimi bulmak, bu değişime hakim olmak ve bunu kullanmak demektir. Ama bu buluşun günlük yaşama uygulanması başka buluşlarla doğrudan ilgiliydi.

Kili yoğurmak için ıslatmak gerekir. Islak kil hamuru, doğrudan ateşe konunca çatlar. Bunu önlemenin yolu da önce güneşte ya da ateşin yanında ağır ağır

kurutulmak daha sonra fırınlanmaktadır. Bunun gibi, kilin

seçilip hazırlanması da gereklidir. İçinde çok iri parçalar varsa kolayca istenen biçimi almayacağından kullanışlı bir çömlek yapılamaz. Bunu gidermek için bir yıkama yöntemi bulmak gerekir. Öte yandan kilin içinde kil tanelerine göre biraz daha kaba taneler yoksa, bu kez biçim verirken parmaklara yapışır ve fırınlanırken çatlar. Bu nedenle kum ya da ufalanmış kaya parçaları gibi katkı maddeleri eklenmelidir. Kil fırınlanırken yalnızca yoğunluğu değil, rengi de değişir. Renk değişimi kil içindeki yabancı maddelerden ve fırınlamadan kaynaklanır. Kısaca belirtmek gerekirse, kullanılan kilin ve yakıtın türü çömleğin rengini etkiler.

Kil türlerinin çoğu, yağışlı yerlerde, bol dumanlı odun ateşin-

de pişirilince kara ya da boz renkli çömlekler elde edilebilir. Daha kuru iklimlerde al ve toprak rengi çömlekler ortaya çıkar. Dikenli Akdeniz ya da çöl bitkilerinden yakılan ateşle de pembe ya da yeşilimsi renklerde çömlekler elde edilebilir. Çömlekçi bu sonuçları nasıl yaratabileceğini bilinçli olarak öğrenmiş olmalıdır. Sözgelimi, çömleğin üstünü demir oksidi bol ince bir kat kille kaplayıp, kırmızı bir çömlek yaratabilir. Yine böylesi bir

kili, süsleme amacıyla, yaptığı kap kacağın üzerine sürebilir. Böyle bir yöntemle çömlek boyamak basit bir beceri değildir. Çömleğin önceden fırınlanmış çömleğin nasıl bir biçim ve renk alacağını bilmesi gerekir.

Çömleğin biçimlendirilmesi de sanıldığı kadar kolay bir iş değildir. Çok küçük çömlekler, bir avuç çamurdan hamur açar gibi yoğrulup biçimlendirilebilir. Ya da kil hamuru, açık bir sepet ya da tas biçimli bir kalıba sıvanabilir. Kuruyunca kalıptan ayrılır ve fırınlanmaya hazır bir tabak ya da tas elde edilmiş olur. Ama daha büyük bir kap, sözgelimi dar boyunlu bir testi için bu yöntem yeterli değildir. Neolitik dönemde Avrupa ve Asya'da bu tür kaplar sarma yöntemiyle yapılırdı. Çömleğin dibi yoğrulduktan sonra, gerekli çaplarda kil halkalar hazırlanırdı. Kapın istenen biçimine göre farklı çaplarda hazırlanan



bu halkalar, sırayla üst üste yerleştirilir ve bu böylece sürüp giderdi.

Çömlek yapımı insan yaratıcılığının önemli bir ürünüydü. Kil hamurunu insan dilediğince yoğurabiliyor, ona dilediği şekli verebiliyordu. Oysa taş ya da kemikten bir alet, ham parçanın biçimi ve boyutlarıyla sınırlıydı. Ancak parçalar koparılarak biçimlendirilebiliyordu; kil için böyle sınırlar söz konusu değildi.

Yerleşik yaşam, araç gereçte olduğu gibi barınakların gelişmesinde de etkili olmuş, dolayısıyla mimarlığın doğmasına yol açmıştı. İlk Mısır çiftçileri, üstü çamurla sıvalı kamış duvarlarla yetinirdi. Çok geçmeden Afrika'da çamurdan ya da kerpiçten evler yapıldı. M.Ö. 3000 yılından çok önce de Suriye ya da Mezopotamya'da kerpiç yapımı başladı. Bu kerpiçlerin yapımı için, samanla karıştırılmış çamur tahta kalıplara dökülüp güneşte kurutuluyordu. Bu buluşun özgür yapım ve mimariye olanak sağladığını rahatlıkla söyleyebiliriz.

Çömlek gibi kilden tuğla da insan için özgür bir anlatım olmuştu, artık nesnenin niteliği yüzünden bir biçim ya da boyut sınırı yoktu. Tuğlaların nasıl bir araya getirileceğine, tıpkı çömleğin biçimine karar verircesine insanın kendisi karar verebilecekti. Ortaya çıkan ürün küçük bir kulübe olabileceği gibi, anıtsal bir dev yapı da olabilecekti.

Bunun doğurduğu önemli sonuçlardan biri ortaklaşa çalışmaydı. Yani artık ortaya çıkan ürünler bir ya da iki kişinin değil yardımlaşarak çalışan çok sayıda insanındı. Yine çömlekçilikte olduğu gibi, ilk tuğla yapılar daha önceki yapı biçimlerinin benzeri olmuştur. Örneğin Sümer ya da Asurlular, kamış kulübelerin tünel biçimli tavanını kopya ederek ger-



Kilin ilk kullanım alanlarından biri çömlek yapımıydı. Kilden pişirilerek yapılan tuğla ve kiremit de, bulunduğu dönemde bir bakıma mimarinin doğuşunu sağlamıştı.

çek kemer yapmayı bile başarmışlar, yani statığın bir bilim dalı olmasından binlerce yıl önce, bu mekanik problemini çözmüşlerdi. Bu arada, tuğlanın uygulamalı matematiğin gelişimine katkısı olduğu bile söylenebilir. Bir tuğla yığını, prizma şeklindeki yığınların hacim ölçüsünün en güzel örneğini oluşturur. Eski tuğlalar tam bir eşkenar prizma (küp) biçiminde olmasalar da yığındaki tuğlaların toplam sayısı, bitişik üç kenardaki tuğla sayılarının çarpımıyla hesaplanabiliyordu.

En eski seramik örnekleri, Anadolu'da Hacılar arkeoloji kazılarında bulunan seramik kaplardır. MÖ 6000 yıllarında yapılmış olan bu kapların üzeri, demir oksitli toprak boya ile bezelidir. Seramik, Anadolu ve Mısır'dan Girit Adası'na geçmiş, burada MÖ 2000 yıllarında büyük gelişme göstermişti. MÖ 3500 yıllarında Mezopotamya'da Sümerler, pişirilmiş kilden tuğlalarla saraylar ve yollar yapmışlardı. MÖ 1200 yıllarında yapılan ünlü Babil Kulesi'nde ve Babil saraylarında da bu türden mal-

zeme kullanılmıştı. Tuğla yapımı, daha sonraları Romalılar döneminde bü-

yük gelişme göstermişti. Kiremit de yine ilk kez Romalılar tarafından kullanılmıştı. MS 11. ve 12.

yüzyıllarda Akdeniz'de Majorca Adası'nda ve İtalya'daki Faenze kentinde yeni seramik üretim yöntemleri bulunmuş ve hızla geliştirilmişti. Adını

Majorca'dan alan ünlü Majolika seramikleri, renkli pişmiş kil üzerine kalay oksitli opak sır sürülmüş ürünlerdi. İtalya'daki bu gelişmeler sonucunda ilk kez, fırınlamadan sonra bile beyaz kalabilen ve sırtı da beyaz olan fayans üretilmişti. Aynı dönemde Fransa'da kurşunlu sırlar geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştı. 17. yüzyılın ortalarında çini üretimi büyük gelişme göstermiş, Fransa'da Sevr'de ve Ruen'de; Hollanda'da Delft'e büyük seramik fabrikaları üretime başlamıştı. Aynı dönemde Almanya'da da sert çini üretiliyordu.

Porselene gelince, ilk kez MÖ 185 yıllarında Çin'de bulunmuştu. MS 13. yüzyılda Marko Polo, Çin'den İtalya'ya porselen eşya getirmiş, daha sonraları Portekizli tüccarların getirdiği porselenler, Avrupa'da büyük hayranlık uyandırmıştı. Aslında porselen adının da, İtalyancada Porcelana denilen sedef görünümlü bir yumuşakça kabuğundan geldiği söylenir. Avrupa'daysa ilk kez 1709 yılında üretilir porselen.

Tuğla ve kiremit üretiminde modern yöntemlerin ve makinelerin kul-





Granit'in polarizan mikroskopta, ince kesitteki görünüşü ve farklı türde granitler.

lanımı 19. yüzyılın ortalarına rastlar. Aynı dönemde metalurjinin gelişmesine paralel olarak, yüksek sıcaklığa dayanıklı ateş tuğlası üretimi de hızla gelişmiş, yeni ürünler ve yöntemler bulunmuştu. 1860'da manyezit tuğlası, 1896'da da kromit tuğlası endüstri fırınlarında kullanılmaya başlamıştı. 20. yüzyılın başlarında kil, kuvars, feldspat gibi ana hammaddelerden üretilen klasik seramik ürünler, artık gelişmekte olan kimya ve metalürji sanayiinin ve elektroteknikğin isteklerini karşılayamaz hale gelince, steatit, kordiyerit gibi maddeler, saf oksitler, titanatlar ve ferritlerden yararlanılarak, yüksek sıcaklıklara, kimyasal etkilere ve aşınmaya dayanıklı, elektrik, dielektrik, yarı iletken, manyetik ve ferromanyetik özellikleri olan seramik malzeme üretimi de başlamış oldu. Son 20-30 yıl içinde de bu ürünlere, nükleer teknolojide, savunma sanayiinde kullanılmak üzere karbür, nitür, borür ve fosfürlerle, hem seramik hem de metal özellikleri gösteren malzemeler de katıldı.

Zamanın akışı içinde kullanımına kısaca değindiğimiz bu doğal malzeme yani kil yerbilimlerinin temel ve uygulamalı alanlarında da birkaç şekilde tanımlanır.

Tane büyüklüğü göz önüne alınarak 2 mikrondan daha küçük parçacıkların oluşturduğu maddeye kil denildiği gibi, bu boyuttaki kuvars, kalsit, pirit gibi pek çok madde de kil kavramı içine girebiliyor. Kimyasal bileşime göre yapılan tanımlamalarda kaolinit, montmorilonit/smektit, illit gibi sulu alüminyum silikatlar yanında ince taneli klorit ve vermikülit de kil sayılabiliyor. Yapısını ve oluşumunu araştırarak kayaçları tanımlayan ve adlandıran Petrografi alanında da kil mineralleriyle birlikte, serizit, muskovit, biyotit, klorit de yine kil grubu içinde değerlendiriliyor.

Kil minerallerinde atomların diziliş düzenine bakıldığında, genel olarak iki farklı diziliş biçimi görülür. Mineral sınıflandırmasında fillosilikatların önemli mineral gruplarından biri olan kil grubu mineralleri, kendi içinde de dört büyük gruba ayrılır. Bunlardan biri kaolinit grubu kil mineralleridir. Bu grubun

mineralleri, kimyasal bileşimleri aynı olmasına karşın farklı kristal şekillerine sahip olmaları nedeniyle polimorf (çok şekilli) olarak bilinir. İkinci grup montmorilonit ya da smektit grubudur. Bu gruptaki minerallerin kimyasal bileşimleri birbirinden farklıdır. Üçüncü grubu oluşturan illit grubu mineralleri, genel olarak mika grubu minerallerinden muskovitin bozunma ürünlerindedir. Bu grubun mineralleri montmorilonit grubundan farklı olarak potasyum içerir. Son grubu oluşturan klorit grubuysa her zaman bir kil grubu olarak değerlendirilmez, fillosilikatlar içinde ayrı bir grup olarak da sınıflandırılabilir. Genellikle

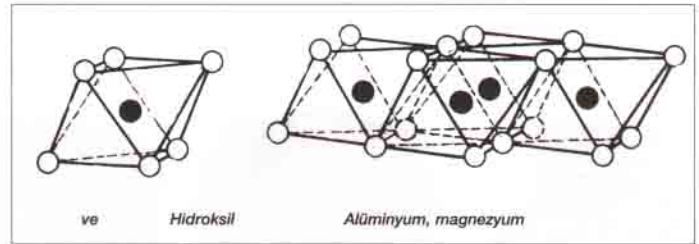
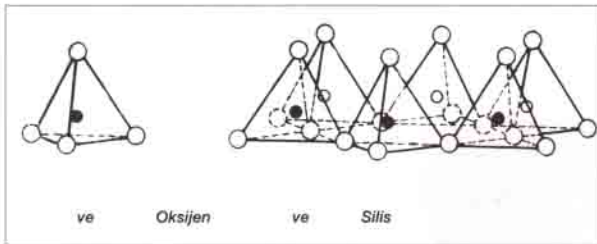
yeşil renkli olan bu gruptaki minerallerin, diğerlerinden farklı olarak endüstriyel bir kullanım alanı yoktur.

Toprağın önemli bileşenlerinden olan kil grubu mineralleri, eskiden beri farklı alanlarda çalışan çok sayıda bilim adamının dikkatini çek-

mişti. Bu konudaki ilk araştırmacılar kilin genel olarak silisyum, alüminyum, alkaliler, toprak alkaliler ve sudan oluştuğunu, bu bileşime bazen demirin de katıldığını ileri sürmüştü. Bu arada aynı kimyasal bileşime sahip



Kil taşları



Kil minerallerinin atomları, dizilişleriyle iki farklı tabaka oluşturur. Bunlardan biri düzgün dörtyüzlüler (tetraeder) in bir araya gelerek oluşturduğu tabakadır. Bu tabaka içindeki her düzgün dörtyüzlüde, bir silisyum atomunun çevresi bu silisyum atomuna eşit uzaklıkta, dört oksijen atomuyla çevrilidir. Silisyum düzgün dörtyüzlüleri de uçları aynı yöne bakacak biçimde birbirlerine bağlanarak bir silisyum düzgün dörtyüzlü tabakasını oluştururlar. Diğer tabakayı oluşturan oktaeder (düzgün sekizyüzlü) tabakaysa bir alüminyum, demir ya da magnezyum katyonunun altı negatif iyonla (OH⁻ veya O²⁻) çevrildiği düzgün sekizyüzlülerden oluşur. Burada her bir düzgün sekizyüzlüde, Al³⁺, Fe³⁺ ya da Mg³⁺ katyonu, ona eşit uzaklıkta bulunan hidroksil (OH⁻) veya (O²⁻) iyonuyla çevrilidir.



Kaolinit ve elektron mikroskop görüntüsü



Montmorilonit/smektit



Illit

olan killerin farklı fiziksel özellikler gösterebildiği, aynı fiziksel özelliklere sahip olan killerin de farklı kimyasal bileşimler sunduğu gözlenmişti. Bu yüz yılın başlarına kadar killer üzerine yapılan araştırmalar genellikle kimyasal analizlere ve çeşitli varsayımlara dayanıyordu. Çünkü o günkü teknolojinin yetersiz oluşu (X ışını analizi, elektron mikroskopu vb. olmayışı...) bu konudaki araştırmaları kimyasal analizlerle sınırlandırıyordu. Bu da kil minerallerinin yapısına yönelik çok sayıda yanlış düşüncenin doğmasına yol açmıştı.

1920 yılından sonraki kil araştırmalarında, X-ışınlarının, elektron mikroskopunun kullanılması ve yeni kimyasal analizlerle, kilin amorf olmadığı, kristal yapıya sahip bir takım kil minerallerinden oluştuğu ortaya çıktı. Böylece yapısal ve morfolojik özellikleri saptanan kilin, illit, kaolinit, montmorilonit/smektit, vermikülit, klorit gibi kil minerallerinden, aynı boyda olmasına karşın kil minerali olmayan minerallerden kalsit, dolomit, mika, feldspat, pirit vb., bazı katyonlar ve organik malzemeden oluştuğu sonucuna varıldı. Kil içindeki suda eriyebilir tuzların, kilin birikmesi sırasında ona karışmış, alkali, toprak alkali, demir klorürlü ve demir sülfatlı bileşikler olduğu kabul gördü.

Killer, genellikle feldspat mineralince zengin kayaların doğada birtakım fiziksel ve kimyasal etkilerle bozunması sonucu meydana gelirler. Örneğin granit türü kayalar içinde ya da serbest halde bulunan feldspat mineralleri (ortoklas, albit

vb.), karbonik asit (H_2CO_3) ya da organik çürüme sonucu oluşan hümin asitlerin etkisiyle ayrışarak bir kil minerali olan kaolinite dönüşürler. Killerin içinde genellikle bir miktar bozunmamış feldspat mineraliyle bozunma sonucu oluşan silis minerali de bulunur. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkında killerin oluşumunda etkilidir. Bu sıcaklık farkının kayalarda oluşturduğu çatlaklarda biriken su, donarak çatlağın daha da genişlemesini ve derinleşmesini sağlar. Bu da kayanın parçalanmasına ve ufalanmasına neden olurken kimyasal etkenlerin işini de kolaylaştırır.

Kil minerallerinin genel olarak iki tür oluşum ortamı/biçimi vardır. Bunlardan biri, bitki örtüsü altındaki feldspatca zengin kayaların bozunmasıyla oluşan kil yataklarıdır. Hümin asitler ve yağmur suyunda bulunan karbonik asitler, toprak katmanının altına sızarak kayalardaki mineralleri bozundurur ve bunları kil minerallerine dönüştürür. Bitki örtüsünün sellenmeyi önlemesiyle de oluşan kil mineralleri sel sularıyla taşınmaz ve oluştuğu yerde kalır. Birincil kil yatakları adını alan bu tür oluşumlar, genellikle feldspat minerallerinin bozunma ürünü olan kaolinit türü

kil minerallerini barındırır. Bu tür yataklarda genellikle saf olarak bulunan kaolinit beyaz rengini pişirildikten sonra da korur. Sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılan kaolinitin sert olanı suya atılınca dağılmazken, yumuşak olanı dağılır. Yıkabilir kaolinitler de denen yumuşak kaolinit, yıkamayla feldspat ve kuvars gibi sert maddelerden arındırılarak zenginleştirilir. Bu tür kaolinitlerin pastiklikleri sert olanlara oranla daha fazladır.

İkinci bir tür, yağışların toprağı serbestçe yıkadığı bitki örtüsünden yoksun alanlardaki sellenmelerle oluşan killerdir. Seller, kil minerallerini nehirlerle, göllere ve denizlere taşırlar. Buralarda buldukları uygun ortamlara çökelen kil mineralleri, ikincil yatakları adını alan kil yataklarını oluşturur. Bu taşınma sırasında geçtiği bölgelere göre çeşitli yabancı maddelerle de harmanlanan killer piştikleri zaman bu yabancı maddelerin türüne göre koyulaşır. Daha ince taneli olmaları nedeniyle daha da plastiktirler. Taşınma işlemi sırasında bir tür kademeli süzgeç görevi görür. Taşıma aracı, gücü ölçüsünde aynı irilikteki taneleri belli bir yere kadar taşıyabildiğinden, kil boyutundaki tanelerin de belli bir yerde birikmesini sağlar.

Buna karşın aynı boydaki, kil olmayan inorganik tanelerle bitki artıkları da biriken kile karışır. Örneğin demir oksitlerle karışan killer çoğu kez kırmızı veya gri renklidirler.

Murat Dirican



Kayalar çeşitli etkenlerle fiziksel ve kimyasal olarak değişime uğrarlar. Bu bozunma (alterasyon) adını alır.

Kaynaklar
Hausenbuiller, R.L., Soil Science, W.M.C.
Brown Company Publishers, 1972 Iowa
<http://www.mineral.galleries.com>