



Yeşil Doğal Taşlar

Prof. Dr. A. Feyzi BİNGÖL

Fırat Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü ELAZIĞ

fbingol@firat.edu.tr

Yeşil, insanlığın tutkulu rengidir; sulak alanları, çayır-çimenleri, mutluluğu ve cenneti temsil eder. Yeşil renkli doğal taşlar da bu temsilde yerini almış, geçmişte olduğu gibi, günümüzde de aranır olmuştur.

Doğal taş terimi dekorasyon, iç döşeme ve duvarlar dâhil yapı sektöründe insanlar tarafından kullanılan tüm taş ürünlerini içermektedir. Diğer malzemelerde olduğu gibi, bu malzemenin kullanımları da çeşitlidir. Bu nedenle sürekli olarak yeni ürünler ve yeni uygulama alanları keşfedilmektedir. Ancak, doğal taş belirli bir iş için kullanılacak bir yapı elemanından daha fazlasıdır. Sembolizm dolu, mükemmel dayanıklılık ve mükemmel estetik güzelliğe sahip bir üründür.

Bu, tarih boyunca insanlar tarafından yürütülen taş işçiliği ile kanıtlanmıştır.

“Taş” yerkürenin katı kısmını oluşturan kayata elde edilmektedir. Taş ocaklarından çıkarılan kayacın “taş” olarak adlandırılır. Taş ocaklarından çıkarılan taş bloklar, agregalar, levhalar vs. halinde olabilir. Bu malzemeler mühendislik malzemeleri; inşaat veya yapı malzemeleri olarak bilinirler.

Doğal taşların en önemli özellikleri sertlik, farklı gerilmelere karşı dayanıklılık, bileşim, gözeneklilik, renk ve dayanıklılıktır. Dayanıklılık belki de en önemli teknolojik özelliktir. Sadece taşın geriye kaldığı arkeolojik eserler bunu açıkça ortaya koyarlar. Küresel Miras Taşı Girişimi yaygın olarak yapılarda ve/veya mimari eserlerde kullanılmış önemli doğal taşlar için yeni bir resmi uluslararası jeolojik standart oluşturmayı hedeflemektedir (1).

Doğal taşların yeşil renkte olanları, gerek günümüzde gerekse geçmiş tarihsel süreçlerde aranır olmuş, hatta Ortadoğu kökenli dinlerde "cennet" rengi sayılarak ibadethanelerde kullanılmıştır. Tarihsel olanların en güzel örneklerden birisi Hititler'in başkenti Hattuşa'da bulunan yeşil renkli kutsal sunak taşıdır. Her tarafı kireçtaşlarının beyazlığı ile kaplı şehirde bu sunak dikkat çekicidir. Yeşil renkli taşları doğada görmek için arazi gezileri düzenlenmekte, tarihi eserlerde bulunanların izleri sürülmektedir. Mimarlar, arkeologlar ve sanat tarihçileri bu tür kayalar "yeşil taş" olarak tanımlamakta ve genellikle jeolojik özelliklerine ilgisiz kalmaktadırlar. Bu yazıda "yeşil taşların" jeolojik arka planı anlatılacaktır.

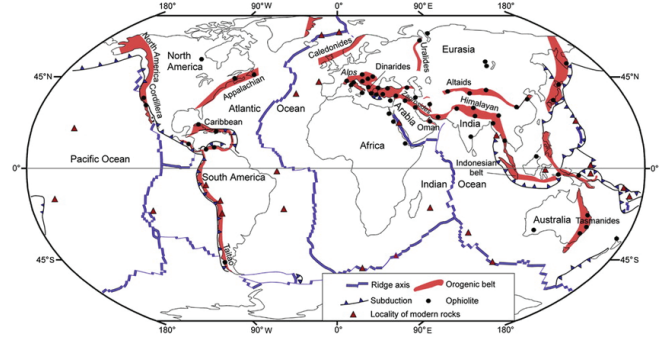
Yeşil Doğal Taşlar

Serpantinitle

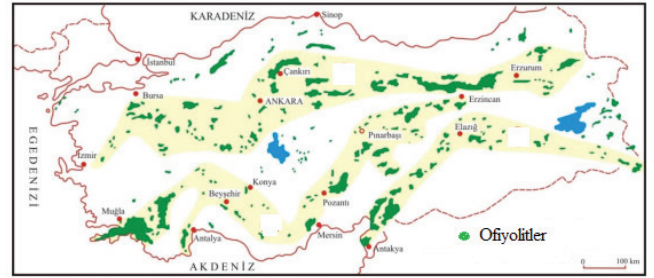
Doğal taşlar, magmatik, sedimanter, metamorfik taşlar olarak sınıflandırıldıkları gibi, renk özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadır. Bunlardan yeşil renkli olanlar çoğunlukla yarı değerli ve değerli süs taşları olarak kullanılmaktadır. Yarideğerli ve değerli yeşil taşlar mücevher meraklıları, tasarımcılar ve koleksiyonerler arasında popüler olup agat, aleksandrit, avanturin, krizopras, yeşim taşı (Jade), turmalin, safir en yaygın olarak bilinenlerdir. Yanlış bir şekilde "yeşil mermer" olarak adlandırılan serpantinitle estetik özellikleri nedeniyle iç ve dış mekânlarda dekorasyon/süs malzemesi olarak kullanılan en önemli yeşil doğal taşlardır. Yeşil mermer ismi serpantinitle mineralojik, jeokimyasal ve fiziksel özellikleri ile uyumlu değildir. Serpantinitten başka Elazığ Petrol yeşili, dünyanın değişik bölgelerinde işletilen yeşil oniks gibi doğal taşlar da bulunmaktadır.

İlk defa Brogniart (1813) (2) tarafından Alp-

ler'deki bir grup yeşil taş için kullanılmış olan serpantinitle esas olarak ofiyolitlerin manto peridotitleri ve kümülatların tabanındaki dünit ve verlitleri oluşturan olivin ve piroksenlerin hidrotermal alterasyonu ile oluşan ve serpantin grubu mineraller adı verilen antigorit, krizotil ve lizardit minerallerinden meydana gelmektedir. Farklı yaşlı ofiyolitler dünyanın değişik bölgelerinde orojenik kuşaklar içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Türkiye'de ise çoğunlukla Geç Kretase döneminde oluşmuş ofiyolitler yüzeylemektedir (Şekil 2).

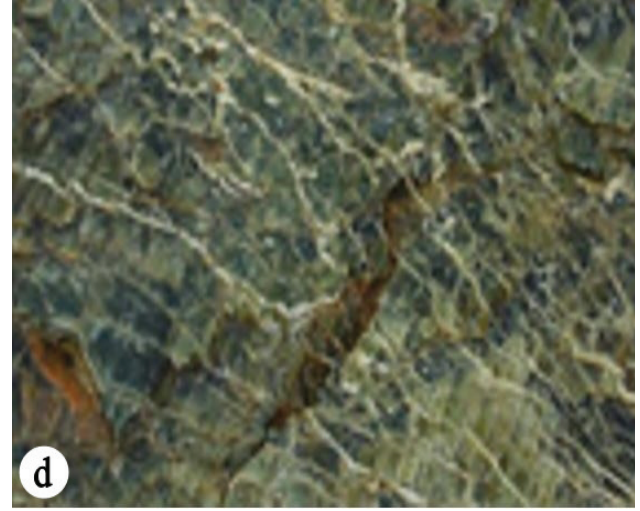


Şekil 1: Dünya'daki ofiyolitik kuşakların küresel dağılımı (3)



Şekil 2: Türkiye'deki ofiyolitik kayaların dağılımını gösteren basitleştirilmiş harita (4)

Bu kayalar talk, klorit, manyetit, karbonat gibi tali mineraller de içermektedir. Ultramafik kayaların serpantinleşmesi ile oluşan yaygın mineral topluluğu lizardit+krizotil+manyetit ±brusit±antigorittir. Lizardit-krizotil serpantinitle antigoritten daha yaygındır; antigoritin varlığı serpantinitle ilerleyen metamorfizma etkisinde kaldığını veya peridotitin lizardit ve krizotilin oluşum sıcaklık ve basıncından daha yüksek basınç ve sıcaklık koşullarında serpantinleştiğini belirtmektedir. Yüksek sıcaklıklarda oluşan Antigorit $[(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4]$ daha masif halde bulunurken, alçak sıcaklıklarda oluşan krizotil $[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$ lifsi haldedir. Serpantinitle çok geniş aralıkta değişen renk (açık-koyu yeşilden siyaha kadar) ve kayacın toplam bileşimi ve yapısı nede-



Şekil 3: Serpantinitlerin arazideki görünüşleri a ve b Guleman ofiyoliti, Elazığ; c ve d Kızıldağ ofiyoliti, Hatay

niyle farklı alterasyon ve bunun sonucu olarak da farklı desenler göstermektedir (Şekil 3). Serpantinitin rengi ana kayacın hidrasyonunun ilerlemesi ile de değişmektedir.

Serpantinitler estetik özelliklerinden dolayı, yapıların kolonlarında ve dekoratif olarak bina içlerinde ve dış taraflarında plakalar halinde, kaldırımlarda, süs eşyalarında kullanılmaktadır. Serpantinitlerin yapılarda kullanılması için rengi kadar mineralojik, fiziksel özellikleri de önemlidir. Bu nedenle Uluslararası Standart Kuruluşları tarafından belirlenmiş özelliklere sahip olması gerekmektedir. Yaygın kullanımlarına rağmen, serpantinitler Avrupa'da belirli düzenlemelere sahip olmayan kayalardır (5) ve özellikleri mermerle aynı testle belirlenir. Ancak ABD'de kullanılan ASTM standartları daha çok istenmektedir. Tablo 1 de Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu (ASTM International) tarafından istenen fiziksel özellikler verilmiştir.

Tablo 1: ASTM değerlerine göre doğal taş olarak kullanılan serpantinitlerde aranan özellikler (6, 12).

Fiziksel Özellikler	ASTM şartları
Su absorpsiyonu (%) dış/iç	0.20 max. /0.60max
Yoğunluk (kg m ⁻³)	2.560 (minimum)
Basınç dayanımı (MPa)	69 (minimum)
Bükülme mukavemeti (MPa)	6.9 (Minimum)

Serpantinitler tarihsel dönemlerden beri yapı ve süslemede kullanılmış doğal taşlardır. Bunların yapılarda plaka halinde değişik boyutlarda kullanılmasını etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bu taşların fiziksel özellikleri yanında serantinleşme derecesi/karbonatlaşma da önemli bir faktördür. Ana kayac kısmen veya tamamen serpantinleşmiş olabilir, bu da farklı tip dokuların meydana gelmesine neden olmaktadır. Serpantinleşme çoğunlukla kayacın birincil mineralojisini yok eder veya çok az sayıda kalıntı mineral olarak kalır.

Dönüşüm koşullarına (basınç, sıcaklık, akışkanın kökeni) bağlı olarak farklı serpantin fazları oluşur. Orijinal litoloji ile serpantinleşme derecesi arasında bir ilişki vardır: %90 dan fazla olivin içeren dünit %100 serpantinleşirken, ortopiroksen içeren harzburjit daha az serpantinleşmektedir. Bazı kayaçlar karbonat alterasyonu gösterir: serpantin talk-karbonat parajenezine dönüşebilir. Bu tür serpantinler ticari olarak “yeşil mermer” olarak bilinmektedir. Süs taşı veya dekoratif eleman olarak kullanılabilmesi için bunların mineralojik, jeokimyasal ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Serpantin sonraki tektonik hareketlerle etkilenmiş ve bunun sonucu oluşan damarlar kalsit ile dolmuş olabilir. Bu damarlar, ana kayadan daha zayıf olmaları nedeniyle yüzeysel ayrışmalara karşı farklı şekilde davranırlar. Kayaç, yapılarda dış cephe kaplama taşı olarak kullanıldığında donma/çözülme, günlenme gibi dış etmenler nedeniyle bu damarlar boyunca ayrışıp kırılabilir ve böylece dış cephe kaplamasının bozulmasına neden olur.

İnce taneli kayaç akışkanların daha kolay yapılmasına ve dolayısıyla daha fazla serpantinleşmeye neden olur. Eğer kayaç içerisinde iri taneli ortopiroksenler varsa serpantinleşme derecesi daha düşük olmaktadır. Serpantin kullanılırken, kayacın mikro yapısı önemli özelliklerinden birisidir, çünkü ayrışmanın ilerlemesi mikroyapıya bağlıdır.

Serpantinlerin özelliklerini belirlemek için farklı aletler kullanılmaktadır: optik mikroskop, X-ışınları difraktometresi, jeokimyasal analiz ve fiziksel ve mekanik testlerdir (1, 6). Bu metodların birlikte kullanılması ile hem kayacın özellikleri hem de kullanım yerleri belirlenmektedir.

Bugün yeşilin farklı tonlarında olan serpantinler göz alıcı yapıları, renkleri ve desenleri nedeniyle dünyanın değişik yerlerinde çoğunlukla yapılarda kullanıldığı gibi anıtlarda da kullanılmaktadır. Ancak yüksek porozite (Apeninlerdeki serpantinlerde %10’ dan fazla (7), hem iç hem de dış mekânlarda kullanılırken bozulma gibi önemli bir probleme yol açmaktadır. Kayacın bozulmasını önlemek için bu problemi önleyecek malzemelerle işlemlere tabi tutulmaktadır.

Bazı serpantinler çok eskiden beri yapılarda

kullanılmak amacıyla işletilmektedir. İşçiliğin ve dolayısıyla maliyetin ucuz olması nedeniyle en fazla Hindistan ve Pakistan’da önemli miktarlarda üretilmektedir. Ayrıca İtalyan Alpleri ve İspanya’daki bazı serpantin ocakları tarihi dönemlerden beri kullanılmaktadır (1, 6). Bu serpantinler, alterasyonun ve ayrışmanın derece ve çeşidine göre farklı türlerde bulunurlar. Bazıları tamamen veya kısmen karbonatlara dönüşmüşken bazıları talka dönüşmüşlerdir. Karbonat diğer mineralleri bağlayan, mekanik dayanım parametrelerini artıran bir eleman olarak etki etmektedir. Talka dönüşenler, Dünyanın değişik yerlerinde binaların cephelerinde, tarihi yapılarda yerel semboller, örneğin aile arması oluşturmak için kullanılır. Günümüzde ticari serpantinlerin en yaygın olduğu ülkeler Çin, Guatemala, Hindistan, İtalya, Pakistan, Mısır, Portekiz, İspanya ve ABD olarak sıralanmaktadır.

Dış cephe serpantinleri hava koşullarına karşı oldukça hassastır. Bu durumda en sık karşılaşılan dokusal/patolojik problem, levhalarda bulunan sürekli olmayan mikro kırıklar boyunca malzemenin kaybıdır. Diğer önemli bir olumsuz patolojik özellik ise yüzeyin soyulması, granül parçalanma, dökülme ve su akışının etkisi nedeniyle çatlama, kılcal damarlar boyunca absorpsiyon ve bazen kirli ortamlarda asit etkilerine bağlı olarak çözünmedir (8). Serpantinler süs ve yapısal elemanlar oluşturmak için tarihi süreç içerisinde kullanılmışlardır. Serpantinler anıtlarda (örneğin Yunanistan, İtalya) yaygın biçimde kullanılmış olup, günümüz inşaatlarında da oldukça çok tercih edilmektedir (8). Bu kayaçların İslami yapılarda kullanılması bakımından Mısır önemli bir örnektir (9). Yunanistan ve Roma’da da çok güzel yapılar bulunmaktadır. Orta Çağlardan beri, Avrupa’da birçok saray, kilise ve katedralin yapımında serpantin kullanılmıştır (Roma’daki Massima sarayı, Floransa’daki katedral (7, 10), Venedik’teki San Marcos, Vatikan’daki Saint Peter Meydanı ve Kilisesi, İstanbul’da Ayasofya). ABD’de serpantin hem tarihi hemde günümüzdeki modern binalarda kullanılmıştır (ör. Philadelphia (8). Bazı serpantinler Küresel Miras Taşı Kaynağı olarak belirlenmektedir. İsveçte bir serpantin mermeri olan Kormarden mermeri de, Wikstrom ve Pereira (2015) (11) tarafından Küresel Miras Taşı Kay-

nağı (GHSR) olarak tanımlanmış ve önerilmiştir.

Türkiye’de çok sayıda ofiyolitik masif ve bunların serpantinleşme ürünleri vardır. Ancak Türkiye’de serpantinleşme çoğunlukla düşük sıcaklıklarda meydana gelmiş ve genel olarak da krizotil ve lizardit içermektedir. Bunlardaki karbonatlaşma detaylı incelenerek hangi ofiyolitikteki serpantinlerin doğal yapı veya süs taşı olarak kullanılabilir oldukları meydana çıkarılabilir.

Diğer Yeşil Doğal Taşlar

Serpantinlerden başka yeşil doğal taş olarak kullanılan Elazığ Petrol yeşili, Petrol yeşili, Verde Lepanto, Verde Levanto olarak değişik isimlerle piyasada kullanılan bu taş Dünyaca ünlü Elazığ vişnesi ile birlikte bulunur. Koyu yeşil renkli, beyaz damarlı bir mermer olup, Elazığ’ın yaklaşık 80 km güneydoğusunda Altıoluk köyü civarındaki ocaklarda işletilmektedir (Şekil 4). Tezgâhlarda, iç ve dış duvar kaplamasında, zeminlerde ve dekoratif olarak kullanılmaktadır. Sertlik derecesi, yoğunluğu, basınç dayanıklılığı, su absorpsiyonu değişiklikler göstermektedir.



Şekil 4: Elazığ Petrol Yeşili: Altıoluk Köyü, Alacakaya, Elazığ (13)

Yeşil renkli olanlarının da bulunduğu yarı değerli taşlar grubundan olan oniks, hem doğal taş sektörü mermer grubu, hem de mücevher taşı olarak kullanılır. Oniks silisin kriptokristalin formu olan kalsedonun paralel bantlanma gösteren türüdür. Bu bantlar beyazdan değişik her türlü renge sahip olabilir. Oniks saydam ve şeffaftır. Oniks dünyada döşeme amaçlı kullanılan en doğal taş-

lardan birisidir. Ayrıca kaplama taşı, banyolarda, şöminelerde de kullanılmaktadır. Yeşil oniks dış ve iç kaplamalarda tercih edilen bir doğal taşıdır. Tablo 2 oniks’in bazı genel fiziksel özelliklerini göstermektedir.

Tablo 2: Oniks’in bazı genel fiziksel özellikleri (14)

Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	2.58-2.54
Kırılma indisi	1.55-1.54
Sertlik (Moho sertlik derecesi)	6.5-7.0
Dilinim	Yok

Koyu yeşil oniks olarak da bilinen Yeşil Türkiye oniksi, Türkiye’de üretilen güzel bir oniks türüdür. Türkiye’de beyaz ve sarıdan koyu yeşil, bordo ve koyu kahverengiye kadar çeşitli renk ve desende oniksçeren yataklar olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak doğal taşlardan özellikle de serpantinler bakımından zengin olan ülkemizde çevreye zarar vermeden ticari anlamda daha fazla yararlanılabilmesi için insanların bu konularda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle özellikle yeşil doğal taşlarla ilgilenen kişiler için düzenlenecek eğitim seminerleri ve arazi gezileriyle bunların önemi ve özellikleri tanıtılmalıdır.

Değinilen belgeler

- (1) Pereira, D., Marker, B. R., Kramar, S., Cooper, B., Schouenborg, B., 2015. Global Heritage Stone Resource. Global Heritage Stone: Towards International Recognition of Building and Ornamental Stones. Geological Society, London, Special Publications, 407.
- (2) Brogniart A. 1813. Essai de classification mineralogique des roches melanges. Jour. Des Mines Paris.; xxxiv:190- 199.
- (3) Saccani, E., 2015. A new method of discriminating different types of post-Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematics Geoscience Frontiers Volume 6, Issue 4, 481-501.
- (4) MTA, 2001. The geological map of Turkey, 1/500 000 scaled, Geological Survey of Turkey, The General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.

- (5) Navarro, R., Pereira, D., A. Gimeno, A., S. Del Barrio, S., 2018. Influence of natural carbonation process in serpentinites used as construction and building materials. *Construction and Building Materials* 170, 537–546
- (6) Pereira, D., Yenes, M., Blanco, J., A., Peinado, M., 2007. Characterization of serpentinites to define their appropriate use as dimension stone. In Prikryl, R. & Smith, B. J. (eds) *Building Stone Decay: From Diagnosis to Conservation*. Geological Society, London, Special Publications, 271. Sayfa 55-62.
- (7) Malesani, P.; Pecchioni, E.; Cantisani, E.; Fratini, F., 2003. Geolithology and provenance of materials of some historical buildings and monuments in the centre of Florence (Italy). *Episodes* 2003, 26, 250–255.
- (8) Meierding, T. C. 2005. Weathering of serpentine stone buildings in the Philadelphia, Pennsylvania region: A geographic approach related to acidic deposition. In: *Stone Decay in the Architectural Environment*. Geological Society of America, Special Paper, 390, 17–25.
- (9) Harrell, J.A. 2011. Survey of Ornamental Stones in Mosques and Other Islamic Buildings of the Pre-Ottoman Period in Cairo, Egypt.
- (10) Marino, L.; Corti, M.; Coli, M.; Tanini, C.; Nenci, C. 2004. The “Verde di Prato” Stones of Cathedral and Baptistery of Florence (abstract). In *Proceedings of 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20–28 August, 2004*; p. 283.
- (11) Wikstrom, A. And Pereira, D. 2015. The Kolmarden serpentine marble in Sweden: a stone found both in castles and people’s homes. In: Pereira, D., Marker, B., Kramar, S., Cooper, B. & Schouenborg, B. (eds) *Global Heritage Stone: Towards International Recognition of Building and Ornamental Stones*. Geological Society, London, Special Publications, 407.
- (12) ASTM, 2002. International Standard Specification for Serpentine dimension stone. C1526-02.
- (13) <https://www.stonecontact.com/petroleum-green-marble/s2519> (son erişim tarihi 21.03.2019)
- (14) <http://www.stonefinder.com/onyx.html#.XGKWDjMzbDc> (son erişim tarihi 21.03.2019)