

1. GİRİŞ

Tarih öncesi devirlerden günümüze kadar doğaltaşın işlenmesi ve kullanılması her çağa ayrı bir özellik vermiştir. Doğaltaşın, Anadolu insanının yaşamında önemli bir yer aldığı gözlenmektedir. Eski devirlerde, tapınaklar, abideler, heykeller, hamam gibi genel kullanıma hizmet verme amaçlı yerlerde görülen doğaltaş, son zamanlarda gelir düzeyi orta seviyede olan kimselerin de evlerinde giderek daha yaygın bir biçimde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Anadolu'da değişik uygarlıklar tarafından üretilen, sanat eserlerine ayrı bir görkem veren çeşitli kalite ve tiplerdeki doğaltaşlar, son yıllarda Türk ekonomisinde oldukça büyük bir önem kazanmıştır.

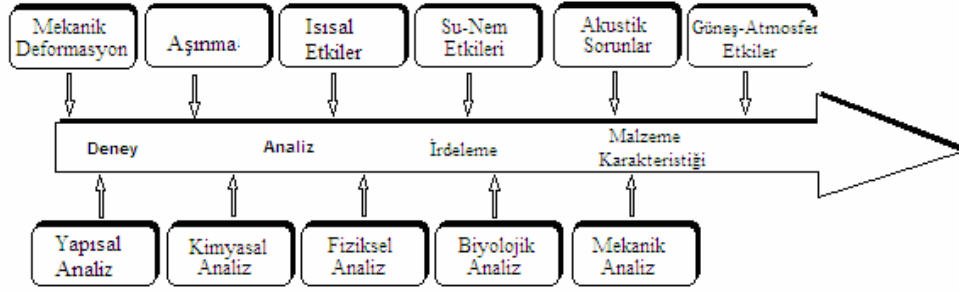
Anadolu'nun birçok yerinde Hitit, İyon, Lidya, Roma, Bizans, Selçuklu, Osmanlı uygarlıklarından kalma sanat eserleri ve yapıtlarda ileri bir doğaltaş işletme tekniğine rastlanmaktadır. Bu eserlerde, dekorasyon ve heykeltıraş alanlarında çok çeşitli ve değerli doğaltaşların kullanıldığı görülmektedir.

Doğaltaş Sektöründe ileri düzeye ulaşmış ülkeler, doğaltaş ve doğaltaş ürünlerinin tanıtımı sırasında, fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler. Hangi doğaltaşın nerede ve nasıl kullanılacağına, test sonuçlarının değerlendirmesi ile karar vermek daha bilinçli bir yaklaşım olacaktır. Kaliteli, çeşitli renk ve desendeki mermerlerin değerlendirilmesi için ilk aşamada bunlara ait bazı önemli özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Doğaltaş işletmeciliğinde ve kullanımında oluşum ve bulunuş özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin de bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Doğaltaş işletmeciliğinde alınabilecek blok ve plaka büyüklüğünü doğaltaş yatağının jeolojik ve tektonik yapısı belirlerken, fiziksel ve mekanik özellikleri, doğaltaş üretimi ve kullanımı sırasında belirleyici kriter olmakta ve doğaltaşların bu özellikleri alıcı tarafından talep edilmektedir.

Doğaltaşın, yapı ve kaplama malzemesi üretiminde, özelliklerin belirlenmesinde ve optimum kullanım yerlerinin belirlenmesi hususunda jeomekanik analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Yapı ve kaplama malzemesinin fiziksel, kimyasal, jeomekanik özellikleri, kullanım yerlerini

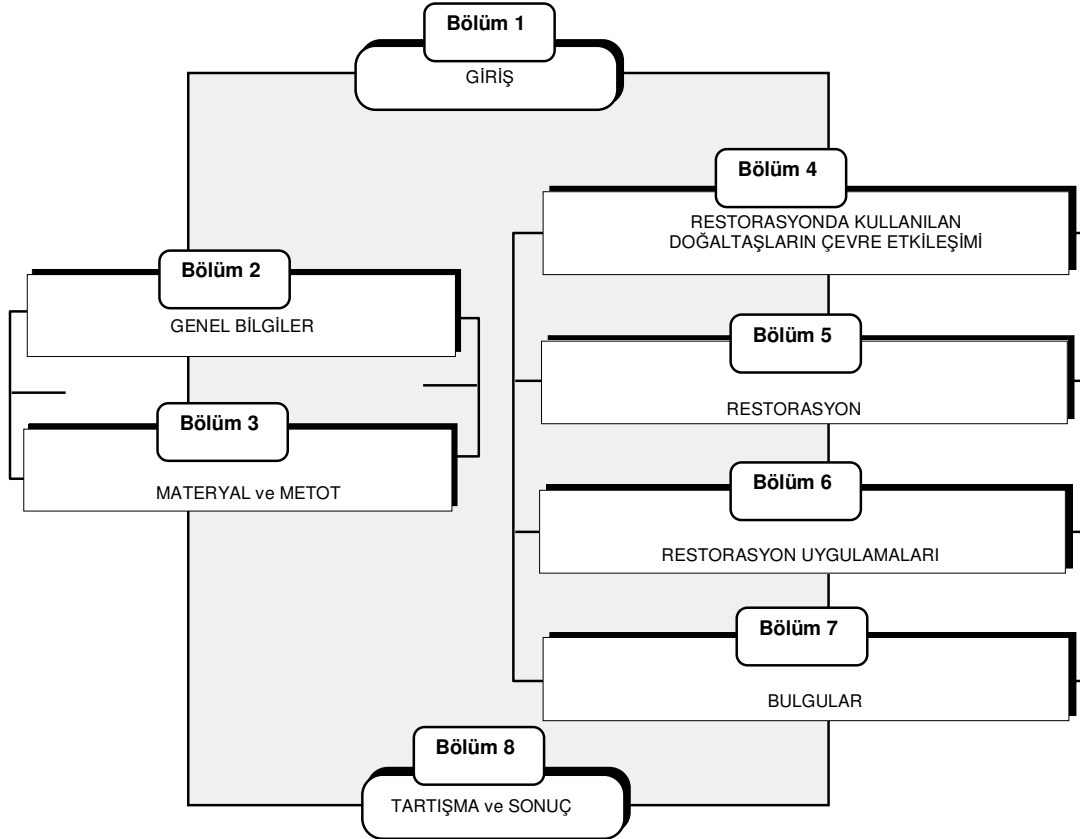
belirleyen faktör ve parametreler olarak bilinmektedir. Günümüz gelişen Kaya mekaniği analiz yaklaşımları ile yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan endüstriyel kayaçların, yapı ve dekorasyon teknolojisinde endüstriyel bir malzeme olabilirdiği incelenmektedir. Bu incelemeler sonrası, elde edilen verilerin kalite kontrolünde kullanılabilirliği için bazı istatistikî yöntemlere başvurulması zorunludur. Dolayısıyla yapı ve kaplama malzemesinin istenilen kalitede olup olmadığını veya kalite düzeyinde ne tür faktörlerin önem kazandığının belirlenmesi, kolaylıkla mümkün olabilmektedir.

Güncel olarak, restorasyonda kullanılan yapı ve kaplama malzemeleri, içyapılarına ve kullanım yerlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Yapısal oluşum ve bulunuş şekilleri dikkate alındığında, bu malzemelerin kalsiyum, silisyum ve metalik esaslı inorganik malzemeler olduğu görülmektedir. Doğal olarak bulunan yapı ve kaplama taşları, suni olarak silisyum ve kalsiyum matris yapıda oluşturulan suni yapı malzemeleri ve belirli kalsinasyon işlemine tabi tutulmuş toprak esaslı yapı malzemeleri, yapısal özelliklerine göre sınıflandırılan malzeme örnekleri olarak sayılabilmektedir. Ancak, günümüzde bu farklı oluşuma sahip malzemelerin kullanım yer ve şekilleriyle, kullanım süreci içinde değişik ortam etkenlerinin bu malzemelere etkileşimi ve karakteristik yapılarındaki değişimin incelenmesi gündeme gelen bir konu olmaktadır. Bu amaçla, restorasyonda yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılacak malzemelerin karakteristiklerinin araştırılması, incelenmesi ve analiz bulgularının irdelenmesi deneysel ve gözlemsel bulgularla sağlanabilmektedir. Malzeme karakteristiğini doğrudan etkileyen mekanik deformasyonlar, aşınma, ısıl etkiler, su ve nem etkileri, akustik sorunlar, güneş ve atmosfer etkileri gibi etkenlerin tümü fiziksel, kimyasal ve mekanik değişimler açısından detay olarak incelenmelidir. Bu da yapı ve kaplama malzemelerinin gelişen teknoloji sürecinde, malzemelerin karakteristiğinin iyileştirilmesi ve/veya karakteristiğinin irdelenmesi açısından olumlu gelişmeler sağlayacaktır. Restorasyonda kullanılan yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılan bir malzemenin teorik ve pratik açıdan inceleme ve geliştirme safhaları Şekil 1.1 de sembolize edilmiştir.



Şekil 1.1. Malzeme karakteristiğini inceleme-irdeme safhaları (Sarıışık A., 1998).

Ayrıca, bu incelemeler sonucu elde edilen parametrik veriler, doğaltaş kullanım standardına yeni bir ışık tutmak amacıyla, bu tez kapsamında yeniden irdelenerek değerlendirilmiş ve doğaltaşın su emme-porozite strüktürel yapı durumu ve doğaltaşların porozite değişimlerine göre yeni bir sınıflandırma, atmosfer-çevre etkileşimlerine bağımlı olan bir kalite tanımlaması geliştirilmiştir. Tez çalışmasının ana bölümleri ve birbirleri ile olan ilişkisi, Şekil 1.2` de sembolik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Tez çalışmasının akış diyagramı ve bölümlerin birbirleri ile entegrasyonu.

Karbonat kökenli doğal taş gruplarına ait örneklerin, mineralojik–petrografik özellikleri ile fiziko-mekanik parametreleri karşılaştırılmıştır. Kalsiyum karbonat kökenli kayalardaki mineralojik bileşen, tane/kristal boyutu ve tane sınır ilişkisi, homojenlik ve inklüzyonlar, mikrofissür ve çatlaklar, gözeneklilik, bozunma derecesi ve porozite gibi mineralojik-petrografik özelliklerin, fiziko-mekanik parametrelere etkisi irdelenmelidir. Restorasyonda, yapı ve kaplama malzemelerinde, önemli bir yeri olan doğal taşların, yapılarda kullanım yerlerine göre, maruz kalacakları ortam şartlarındaki karakteristik değişimleri, detay mühendislik incelemeleriyle analiz edilecektir.

Doğal yapı ve kaplama taşı tüketiminde, önemli bir yeri olan doğal taşların, restorasyon da farklı kullanım yerlerinde fiziksel, mekanik, kimyasal ve çeşitli çevresel etkileşimlere maruz kalmaktadırlar. Kullanım yeri itibariyle yapılacak bir hata veya olumsuz bir uygulama, bu malzemelerin fiziko-kimyasal yapısında birtakım bozunmalara sebep olabilmektedir. Bu bozunmayı ve malzeme karakteristiğini doğrudan etkileyen çevre etkileşimi (mekanik deformasyonlar, aşınma, ısıl etkiler, yangın, su ve nem etkileri, güneş ve atmosferik etkiler, sıcak-soğuk ortam şartları) gibi durumlar incelenmiştir. Bu etkiler sonucu, ortaya çıkan bazı kimyasal değişimlerle, genellikle süreye bağlı olarak malzemenin içyapısında veya yüzeysel olarak eskime ve bozulmalar meydana getirmektedir. Bu tez çalışmasında restorasyon teknikleri, restorasyon da kullanılacak doğal taşların türlerinin fiziksel, mekanik ve çevre etkileşim özelliklerinin tespit edilerek, tarihi eser restorasyonunda (Kaunus Liman Agorası Çeşme Binası) yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliği detaylı olarak verilecektir.

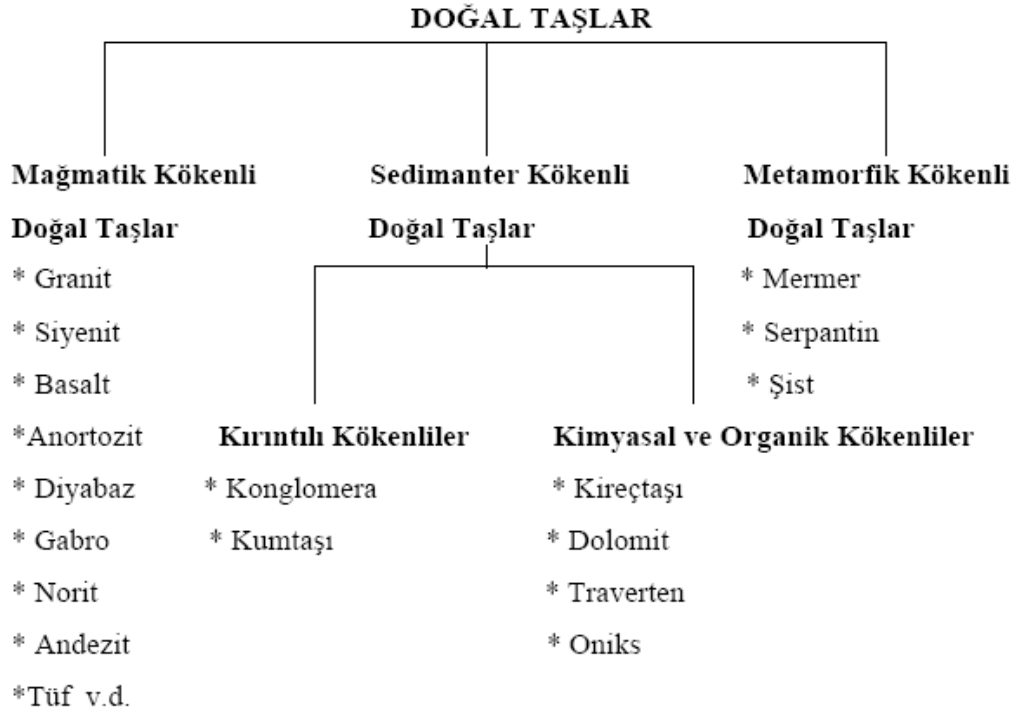
2. GENEL BİLGİLER

2.1 Doğaltaşların Sınıflandırması

2.1.1 Doğaltaşların Tanımı

Doğal taşlar kullanım alanlarına ve bileşenlerine bağlı olarak sınıflandırılabilirler. Aşağıda kökenlerine bağlı olarak yapılan bir sınıflandırma verilmiştir (2.1).

Mermer, bilimsel olarak kireçtaşı (CaCO_3), dolomitik ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ve dolomitik kireçtaşlarının yüksek ısı ve basınç koşulları altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucu oluşan kayadır. Kalsiyum karbonat ağırlıklı olmak üzere bileşimlerinde, demir oksit, mangan oksit, magnezyum karbonat, silis, feldspat, mika, florit ve organik maddelerde yer alabilir. (Onargan ve diğerleri 1997)



Şekil 2.1 Doğal Taşların Kökenlerine Göre Sınıflandırılması (İMMİB 2001)

Doğaltaş terimi; kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı, kristalin karbonatlı kayalar ile sert taşlar için kullanılmaktadır. Petrografik tanıma göre; kireçtaşı (kalker), dolomitik kalker ve/veya bunların değişik oranlarından oluşan karbonatlı kayaların değişik sıcaklık ve basınçta metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucu oluşan yeni doku ve yapıda sahip metamorfik kalsit kristallerinden oluşan kayalara doğaltaş adı verilmektedir. Ticari anlamda doğal taş; ekonomik olarak uygun boyutlarda blok olarak kesilip çıkarılabilen, istenilen ebatlarda düzgün olarak kesilip, talebe göre cilalanıp parlatılabilen kayalar olarak tanımlanmaktadır.

Doğaltaş terimi; bu çalışmada traverten ve oniksler hariç kalsit (CaCO_3) ve /veya dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) minerallerinden oluşan karbonatlı kayalar için kullanılacaktır.

2.1.2 Doğaltaşların Sınıflandırılması

Doğaltaşlar seçilen kriterlere göre değişik şekillerde sınıflandırılabilirler.

Oluşumuna göre sınıflandırma:

1. Sedimanter kökenli doğaltaşlar (Tortul)
2. Magmatik kökenli doğaltaşlar (Plutonik-Volkanik-Damar)
3. Metamorfik kökenli doğaltaşlar (Başkalaşım)

2.1.2.1 Sedimanter Kayaların Sınıflandırılması

Tortullaşma olayının çeşitli yolları ile oluşan kayalara Tortul kayalar veya Sedimanter kayalar adı verilir. Bu tür kayalar genellikle tabakalıdır ve çoğu kez fosil içerirler (Kun 2000). Tortul kayaların oluşumu için kaynak, taşınma ve depolanma aşamaları gereklidir.

Sedimanter kökenli doğal taşlar kökenlerine ve oluşum ortamlarına göre kırıntılı, organik ve kimyasal olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

a) Kırıntılı Sedimanter Kayaçlar: Kaynak kayaçtan kopan çeşitli boyutlarda kayaç ve mineral parçalarının karalarda ve denizlerdeki tortullaşma havzalarına taşınarak buralarda çökelmeleri ile oluşan taneli ve parçacıklı kayaçlardır. Bu gruptaki kayaçlarda kendi içinde çimentosuz ve çimentolu sedimanter kayaçlar olarak ayrılır.

Kırıntılı sedimanter kayaçlardan çimentosuz kayaçlar yapı taşı olarak kullanılmazlar. Buna karşın çimentolu sedimanter kayaçlar, sıkılaşmaları vetanelerin sertliklerine göre yapı taşı olarak kullanılabilirler. Bu kayaçlar içinde kumtaşı, konglomeralar ve tüfitler ekonomik olarak değerlendirilirler.

b) Kimyasal Sedimanter kayaçlar: Bu kayaçların oluşumunda kaynak, sudaki erimiş haldeki tuzlardır. Bu tuzların, gerek buharlaşmanın hızlı ve devamlı olması gerekse beslenme havzasından tuz geliminin devam etmesiyle, zaman içinde yoğunlukları artar. Bu yoğunluk artışı sonucu su içinde eriyemeyen tuzlar jel haline gelerek, yerçkimi etkisiyle hareket eder ve jel halinde çökerek depolanır. Ayrıca bikarbonat içeren sıcak veya soğuk sular, çatlaklarda gezerken üzerlerindeki basıncın kalkmasıyla içlerindeki CaCO_3 'ü çökeltirler. Böylece kimyasal kökenli sedimanter kökenli kayaçlar oluşur. Bu grupta yer alan kayaçlar, travertenler, oniksler ve mikrokristalin kireçtaşlarıdır. Bu kayaçlar kimyasal bileşimlerine göre tanımlanırlar. Kireçtaşı, traverten, oniks, sarkıt ve dikitler, marnlar ve Ca-Mg karbonat olarak ayrılırlar.

c) Organik Sedimanter kayaçlar: bu kayaçların oluşumunda kaynak canlılardır. Deniz ve göllerde yaşayan kavrıklı canlıların ölmesi ve bu kavrıkların yerçkimi etkisiyle dibe taşınıp depolanmasıyla oluşurlar (Kun 2000). Bu grupta birçok karbonat kökenli kireçtaşları ve resifal kökenli kireçtaşları bulunmaktadır.

2.1.2.2 Magmatik Kökenli Doğal Taşlar

Magmatik kökenli doğal taşlar, magma adı verilen tamamen erimiş silikat sıvısının, yerkabuğunun değişik derinliklerine sokulması ve oralarda soğuyarak katılaşması sonucu oluşurlar (Kun 2000).

Yapı, doku, mineralojik ve jeolojik konumları itibarıyla magmatik kayalar üç ana gruba ayrılırlar. Bunlar;

- a- Derinlik Kayaları
- b- Damar Kayaları
- c- Yüzey kayaları

Magmatik kayalarda yaygın kullanılan diğer bir sınıflandırma ise kimyasal bileşimlerinde bulunan SiO_2 oranına göre yapılan sınıflandırmadır. Kayalar bileşimlerindeki SiO_2 yüzdesine göre dört grupta toplanır.

- a. Asidik kayalar: SiO_2 oranı % 66'dan büyük.
- b. Nötr kayalar: SiO_2 oranı % 66-52 arasında
- c. Bazik kayalar: SiO_2 oranı % 52-45 arasında
- d. Ultrabazik kayalar: SiO_2 oranı % 45'den küçük.

Magmatik kayaların kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri oldukça değişkendir. Bu değişim kayacın dış renginde, kimyasal bileşiminde, mineral bileşiminde ve dokusal özelliklerinde kendini gösterir.

Derinlik kayaları, magmanın yerkabuğu derinliklerinde, yavaş soğuma ve tam kristalleşme sonucu oluşan kayalardır. Bu kayalarda matriks yoktur. Kayalar genellikle eşit ve yaklaşık eşit boyutlu, aynı veya farklı cins minerallerden oluşmaktadır. Bu minerallerde tam kristalleşme gözlenmektedir (Kulaksız 2005). Magmanın soğuma süresi ve yerleşme derinliği arttıkça kayacın mineral iriliği de artar. Granit, granodiyorit, siyenit, dünit, harzburjit, troktolit, gabro veya norit, serpantinit vs. gibi kayalar bu gruba örnek olarak verilebilir (Kun 2000).

Damar kayaçları, derinlik ve volkanik kayaçlardan yapı, doku ve jeolojik konumları ile ayırt edilebilmektedirler. Damar kenarına doğru tane boyutları, ortadan inceye doğru olup kayaç holokristalin bir dokuya sahiptir. Bu tip kayaçlarda, koyu renkli mineraller kayaca hakim durumdadır. Bu kayaçlar genellikle kalınlıkları çok değişken damarlar halinde oluşurlar. Örnek olarak diyabaz ve aplit verilmektedir.

Volkanik kayaçlar, magmanın değişik yüzey koşullarında soğuması ile oluşurlar. Bu kayaçlar genelde kimyasal bileşenleri derinlik kayaçlarının yüzey koşullarında oluşmasına bağlı olarak isimlendirilir (Kulaksız, 2005). Doğal taş olarak değerlendirilebilecek volkanik kayaçlar; andezit, trakit, bazalt, fonolit ve dasitlerdir.

2.1.2.2 Metamorfik Kökenli Doğal Taşlar

Metamorfizma kelime anlamı ile başkalaşım demektir. Kayaçların basınç ve sıcaklık altında kalması sonucu oluşan kayalardır. Bir kayacın katı durumunu muhafaza ederek fiziksel ve kimyasal koşullarda, basınç sıcaklık şartları altında kalarak minerallerini değiştirerek başka bir kayaca dönüşmesi olayıdır (Önenç 2004).

Metamorfitler, orijinal karakterleri yer küresi içindeki çeşitli işlemlerle değişime uğramış olan kayaçlardır. Bu değişimler, doku olarak da adlandırabileceğimiz, minerallerin kendi aralarındaki kısmi değişimleri veya kayacın her türlü ilksel özelliğinin değişimine neden olan yeni mineral oluşumları ve buna bağlı olarak yeni bir kayacın ortaya çıkmasıdır. Bu kayaçlar, magmatik, sedimanter veya eski metamorfik kökenli kayaçların ısı ve basınç altında kalarak başkalaşıma uğramasıyla oluşan kayaçlardır.

Metamorfik kayalar, saha çalışmalarına göre belli başlı 3 ana grupta toplanırlar.

Kontak metamorfik kayalar (Hornfelsler)

Dinamik Metamorfik kayalar (Milonitler)

Bölgesel Metamorfik kayalar (Arduvaz, fillit, şist, gnays, mermer, kuvarsit, amfibolit, migmatit vs.)

Kontak metamorfik kayalarda; magmadan gelen sıcaklık, gaz ve hidrotermal sıvıların etkisi önem taşır. Karbonatlı kayada, magmanın değme yüzeyinden uzağa doğru başkalaşım etkisi azalır. Başkalaşım, kayacın bileşimine göre kontak başkalaşımla oluşmuş mermerlerde, grona, aktinolit, diyasporit, brusit, tramolit, epitot, pirit gibi minerallere rastlanır. Mağmatik getirimler, kontakt başkalaşımla oluşmuş mermer kütlesinin değişik kısımlarında farklı ikincil minerallerin oluşumunu sağlarlar. Oluşum farklılıkları renkte, desende, yapıda devamlılığı bozar (şentürk ve diğerleri 1996).

Dinamik metamorfik kayalarda; gerilim kuvvetlerin etkisiyle değişim söz konusudur. Sıcaklığın etkisi fazla görülmez. Ynl kuvvetlerin etkisi ile kayalarda kırılma, ufalanma ve erime ile tekrar yeniden kristalleşme görülür. Breşik dokulu mermerler, bu tip faaliyetler sonucu oluşmuşlardır. Serpantin ve kireç taşlarının yan yana bulunduğu yörelerde ofikalsitler gelişir, güzel yeşilli beyazlı mermerler şekillenir (şentürk ve diğerleri 1996).

Bölgesel metamorfik kayalarda; sıcaklık, basınç, gerilim ve kimyasal faaliyetler etkin rol oynarlar. Jeosekinal bölgelerinde geliştiklerinden geniş alanlara yayılırlar. Basınç etkisi hidrostatik ve makaslama olarak görülür. Başkalaşmaya uğrayan karbonatlı kütlenin bileşiminde yer alan mineral çeşitlerine göre yeni mineraller kristalleşirler. Yapraksı ve uzun mineraller, basınç etkisi altında yönlenme gösterirler. Bu minerallerin düzlenmesi, birikimleri, foliasyon oluşturur ki mermer için zayıflık düzlemleridir. Bölgesel başkalaşım, kontakt başkalaşımda görülen karakterleri taşıyabilir. Başkalaşım, epison, menozon ve katozon olarak c zon oluşturur ve

zonlarda sıcaklık, basınç ve gerilme farklı boyutlarda görülürler. Saf kireçtaşı ve dolomitlerden beyaz mermer ve dolomitik mermerler oluşurken, saf olmayan kireçtaşlarından wollastonit granat, epidot, dijasporitli mermerler ile saf olmayan dolomitlerden aktinolit, teramolit, forsterit ve sipiralli mermerler oluşurlar. Metamorfizmaya uğramış karbonatlı kayalarda, değişik bileşimli killerde klorit, biyotit, muskovit mineralleri de şekillenirler (Şentürk ve diğerleri 1996).

2.1.3 Doğaltaşların Kullanım Alanları

Günümüzde doğal taşların başlıca kullanım alanlarını inşaat sektörü, dekorasyon, mezarlık ve güzel sanatlar oluşturmaktadır. İnşaat sektöründe doğal taş en çok taban döşemelerinde kullanılmaktadır. İkinci sırayı ise mezar taşları yapımı almaktadır. İç ve dış duvar kaplamalarında ise önemli artışlar gözlemlenmektedir. Bunun yanında merdiven ve giriş kısımları ile, mutfak, şömine, ve banyolarda kullanılmaktadır. Ayrıca, son yıllarda park ve bahçeler ile büyük kentlerin cadde ve trotuarlarında doğal taş kullanımı artmaktadır (Çizelge 2.1). Mermer kireç taşlarının ve dolomitik kireç taşlarının ısı ve basınç altında kristalleşmesi sonucunda olduğundan bünyelerinde mikrop, virüs ve her türlü hastalıklara karşı koruyucu özellik taşımaktadır. Tarih öncesinde de mermer kullanımının yaygın olmasının nedenlerinden birside bu özelliğidir. Günümüzde de yapay malzemelerden bir kaçış yaşanmaktadır. Çünkü doğal olmayan her malzeme belli bir süre sonra insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde doğal taş kullanımı hızla artmaktadır.

Çizelge 2.1: Doğal Taşların Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

İç Mekanlar	Dış Mekanlar
Duvar kaplama plakaları	Cephe ve giydirme cephe kaplama plakaları
Yer döşeme plakaları	Yer döşeme kaplama plakaları
Mendiven basamak, korkuluk, trabzan, küpeşte ve rıhları	Merdiven basamak ve rıhları
Pencere, kapı söve ve denizlikleri	Pencere, kapı söve ve denizlikleri ve eşikleri
Bitiş kenar profilleri	Masa, sehpa ve banklar
Dekoratif profiller	Kaldırım taşları ve bordürleri
Banyo ve Mutfak tezgahları	Havuz ve çeşme
Hilton lavoba	Sütun, küpeşte ve kemerler
Küvet	Bahçe düzenlemesi için işlenmiş taşlar
Masa ve sehpalar	Yüzme havuzu kaplamaları
Şömine ve barbeküler	Mezar ve mezar taşları
Dekoratif eşyalar	Anıt ve heykeller
Çeşme, kurna, evyeler	Diğer dış mekan taşları

2.2 Karbonatlar

2.2.1 Karbonatların Mineralojisi

Güncel sedimanlarda genel olarak iki tip kalsiyum karbonat minerali egemen olarak oluşmaktadır. Bunlar aragonit (ortorombik) ve kalsit (rombohedral). Magnezyum içeriğine bağlı olarak iki tip kalsit tanımlanmıştır. Aragonit duraysızdır ve yüksek magnezyumlu kalsit

zamanla düşük Mg kalsite dönüştüğünden tüm kalsitler sonuç olarak düşük Mg kalsite dönüşürler.

Düşük ve yüksek Mg'li kalsitte Mg iyonları kalsitin orjinal kristal yapısını değiştirmeden Kalsiyumun yerini alır. Dolomit ise tamamen farklı bir kristal yapısına sahiptir. Magnezyum dolomitte kristal latisinin katyon bölgesinin yarısını kaplayacak şekilde CO₃ ve Ca iyon düzlemleri ile dönüşümlü olarak bulunur.

2.2.2 Karbonat Sedimanların Genel Kimyası

Karbonat kayaçların en temel elementleri Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Karbon (C)ve Oksijendir (O). Çizelge 2.2'de değişik karbonat minerallerinin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Karbonat Kayaçları Kimyasal Formülleri ve Kristal Yapılar

Mineral	Kimyasal Formül	Kristal Sistem
Aragonit	CaCO ₃	Ortorombik
Kalsit	CaCO ₃	Hekzagonal (rombohedral)
Magnezit	MgCO ₃	Hekzagonal (rombohedral)
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	Hekzagonal (rombohedral)
Ankerit (Ferron dolomit)	Ca(Fe,Mg)(CO ₃) ₂	Hekzagonal (rombohedral)
Siderit	FeCO ₃	Hekzagonal (rombohedral)

Bu elementlerin dışında Si, Al, K, Na gibi bir çok element kalsiyum veya magnezyumla yer değiştirir durumda bulunsalar da, bunlar genelde önemsiz miktarlardadırlar (<%01). Ayrıca B, Be, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Ba ve Li gibi elementler eser miktarlarda bulunabilirler. Bu elementlerin miktarı sadece kayacın mineralojisi ile değil ortamda bulunan organizmaların (fosillerin) tipi ve miktarına bağlıdır. Bazı fosiller belli elementleri iskelet yapımında kullanırlar. Dolayısıyla bu tip fosillerin kayaç içerisindeki miktarı ilgili elementin kayaç içerisindeki konsantrasyonunu da belirlemiş olur.

2.2.3 Karbonatlı Kayaçların Dokusu

Kireçtaşları monomineralik (tek tip mineralli) olup egemen olarak kalsitten oluşurlar. Kireçtaşlarını oluşturan bileşenler temel olarak dört gruba

ayrılırlar. 1) Karbonat kırıntıları, 2) Kavkı parçalar, 3) mikro kristalin kalsit (mikrit) ve 4) Çimento (spari kalsit).

2.2.3.1 Karbonatlı Taneler

Kireçtaşları fosil ve kristalin malzemeden oluşmamaktadır. Çoğunlukla, sedimentasyondan önce önemli oranda mekanik taşınmaya maruz kalmış tanelerden (agrega) oluşmaktadırlar. Bu amaçla (Folk 1959) sudan direkt olarak çökelmemiş ve belli oranda taşınmış malzemeyi allokem grubu adı altında sınıflamıştır. Bu taneler (allokemler) tane boyu olarak yaklaşık olarak silt büyüklüğünden (~0.02mm) kum büyüklüğüne (2mm) değişirler. Daha büyük tane boyları da kireçtaşlarında görülebilir ama yaygın değildirler. Bu taneler genel olarak 5 ana gruba ayrılırlar. 1) Karbonat parçaları, 2) İskelet/kavkı parçaları, 3) Oolitler, 4) Peloitler, 5) Lump veya üzümtaşlarıdır. Her grup kendine özgü büyüklük, şekil, içyapı ve oluşum mekanizmasına sahiptir.

2.2.3.1.1 Karbonat Parçaları

Karbonat parçaları önceden var olan veya aynı havzada çökelmekte olan kısmen kayaçlaşmış kireçtaşlarının kimyasal ve fiziksel olarak kara veya deniz alanlarda parçalanıp ortama taşınması sonucu oluşmuş kırıntılarıdır. Eğer bu parçalar çökme ortamının dışından taşınıp getirildi iseler bunlar litoklast olarak adlandırılırken, aynı çökme ortamında, özellikle gel-git düzlüğü, karbonatlı sahil veya benzeri ortamlarda çökelmekte olan kirecin kısmen veya tamamen kayaçlaşıp parçalanması ve aynı ortama tekrar taşınması ile oluşan parçalar ise otoklast olarak adlandırılırlar. Litoklast ve intraklast ayrımı kireçtaşlarının taşınımı ve oluşumu ile ilgili olarak ortamın evrimini anlama bakımından çok önemlidir. Kalsit parçaları genelde belli bir içyapı sunmazlar. Bazen çevrelerinde oluşan demirli bileşiklerin oluşturduğu pas halkası intraklastlardan ayırtlanmaların da önemli bir ipucu oluşturur. Eğer bir klastın intraklast veya litoklast olup olmadığı

ayrılmıyorsa bu durumda bu tanelere kireçklastı veya karbonatklastı denir.

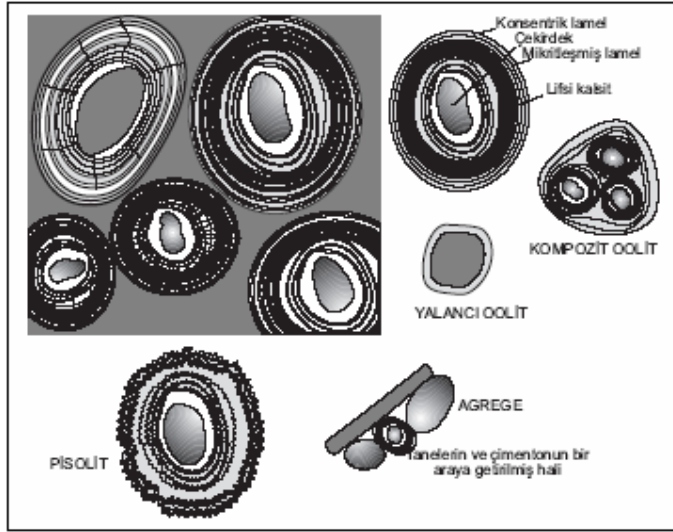
2.2.3.1.2 Kavkı Parçaları

Kireçtaşlarında mikro fosiller veya makrofosiller tüm veya parçalanmış olarak bulunabilirler. Kavkılar kireçtaşlarında en yaygın bulunan allokemler ve bazen kayacın tamamını veya bir kısmını oluştururlar. Bazen aynı kayaç içersinde mikro fosil filojenisinin bir kısmı veya tamamı bulunabilir. Çökme ortamına bağlı olarak kayaç içersinde bulunan fosilin tipi ve özellikleri kayacın fosillerin evrime uğraması sebebi ile farklı yaslardaki kireçtaşlarında farklı fosil grupları bulunabilir.

Örneğin, Paleozoik kireçtaşlarında trilobitler egemen iken, tamamen yok oldukları için Senezoyik kayaçlarda bulunmazlar ama Senezoyik kayaçlarda foraminiferler bolca bulunurlar. Aynı şekilde, kireçtaşı içersindeki farklı fosiller farklı çökel ortamlarını karakterize ederler. Örneğin, sağlam, dalgaya dayanıklı resifler oluşturan ve koloniler halinde yaşayan mercanlar genelde sığ deniz ortamındaki yüksek enerjili ortamlarda suyun çokça karışık olduğu ve oksijen seviyesinin yüksek olduğu alanlarda bulunurlar. Bunun yanında genelde dallar halinde bulunan bryozaolar dalgaların etkisine dayanamazlar ve daha düşük enerjili ortamlarda bulunurlar. Dolayısıyla, dalga tabanının altında oluşmuş kireçtaşlarında bulunurlar. Mikroskop altında kavkı parçalarının dört temel özellikleri karakteristiktir. Bunlar, 1) Şekil veya büyüklük: Her fosil belli büyüklük ve sekle sahiptir. Unutmamak gerekir ki mikroskop iki boyutludur aynı fosil bir kesitte büyük diğer bir kesitte küçük görülebilir. 2) Mikro iç yapı: her fosil grubu kavkısının kendine özgü iç yapısı vardır, bazen kavkının iç yapısı değiştirilmiş veya bozuşturulmuş olabilir. 3) Mineroloji: Kireç tasında her şey eğer kavkı dolomitleşme veya silisleşmeye uğramadı ise kalsite dönüşecektir. Kavkı dokusu orijinal mineralojinin aslen aragonitik olup olmadığının belirlenmesinde yardımcı bir etmendir. 4)

Diğer özellikler. Dikenler ve boşluklar gibi (Şekil 2.2). Bazı önemli fosil gruplarının özellikleri aşağıda verilmiştir.

Pelesipodlar/Bivalveler: Pelesipodların birçoğunun kavkısı aragonitiktir. Bazıları karışık mineralojiye sahipken oysterler kalsitiktirler. Kavkı mikron büyüklüğündeki kristalitlerden oluşan bir kaç tabakadan oluşur. Eğer orjinal malzeme aragonitikse, aragonitin duraysız olması nedeni ile diyajenez sırasında aragonit kalsite dönüşür. Bu nedenle kireçtaşları içerisindeki bir çok bivalve kavkısı druzi kalsitten oluşur (Şekil 2.3). Diğer yandan orjinal mineralojisi kalsit olması sebebi ile oysterlerin kavkı içyapıları korunur.



Şekil 2.2: Sarılmış Tane Türleri

Gastropodlar: Bivalvelerde olduğu gibi birçok gastropod kavkısı aragonitiktir. Orjinal aragonitin diyajenez sırasında kalsite dönüşmesinden dolayı bir çok gastropod kavkısının iç yapısı bozulmuştur. Mikroskop altında bazı gastropodlar foraminiferlere benzeseler de, gastropodlar foraminiferlerden oldukça büyüktürler ve foraminiferler daha koyu tonlarda gözükürler.

Brakiyopodlar: Brakiyopod kavkuları şekil ve büyüklük olarak bivalvelere benzese de artikulat brakiyopodların kavkuları Düşük magnezyumlu kalsitten oluşurlar. Dolayısıyla kavkı içyapıları diyajenez esnasında korunurlar. Brakiyopod kavkuları genelde iki katmandan oluşur. En dıştaki katman kavkı duvarlarına dik gelişmiş ince kalsit liflerinden ve kalın iç katman ise kavkı duvarlarına vev gelişmiş kalsit liflerinden oluşur.

Mercanlar: Paleozoyik rugoza ve tabulat mercanlar genellikle yüksek magnezyumlu kalsitten oluştukları için, kavkuları çoğunlukla mükemmel derecede korunurlar. Fakat scleractina kavkuları aragonitiktirler ve çok ender olarak korunmuşlardır.

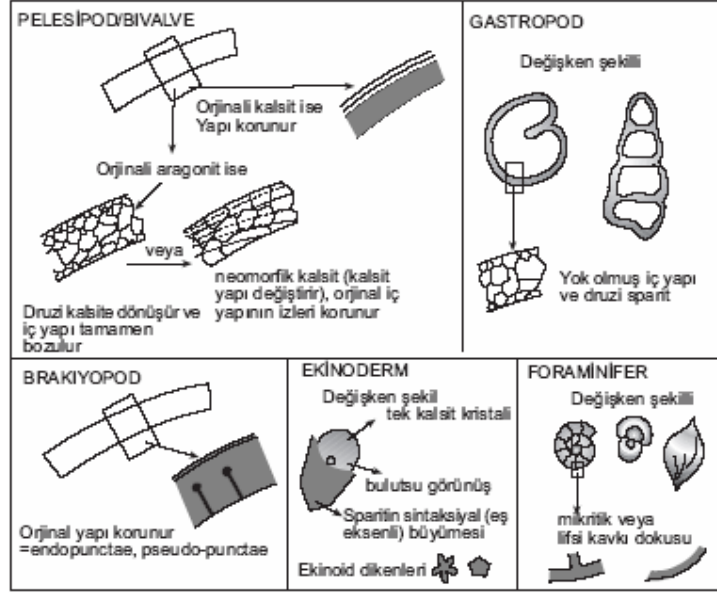
Ekinoidler: Kireçtaşları içersindeki ekinoid ve krinoid kavkuları tamamen kalsitten, güncel formları ise yüksek magnezyum kalsitten oluşurlar. . Ekinoid parçaları büyükçe beşgen tek parça kalsit kristalinden oluştukları için tanınmaları çok kolaydır. Dolayısıyla mikroskop altında ekinoid parçaları tek yönlü sönüm verirler. Bazen, spari kalsit ekinoid parçası etrafında sintaksiyal (orjinal kristalin simetri eksenlerine paralel olarak) büyüyebilir. Ekinoid parçaları etraflarını saran sparitik kalsite oranla tozlu imiş görüntüsüne benzer bir görüntü verir. Bazen içleri mikritik kalsitle doldurulmuş delikli bir yapı oluşturur. Ekinid dikenler, mikroskop altında radyal antenimsi yapıları ile tanımlanırlar.

Bryazoalar: Bryazoalar küçük ve günümüzde sadece yerel olarak oluşsalar da jeolojik geçmişte resif oluşumu ve diğer kireçtaşı oluşumlarına önemli katkıları olmuş (özellikle Paleozoyikte) organizmalardır. Güncel bryazoalar aragonitik veya kalsitik (bazen yüksek Mg kalsit) kavkıya sahiptirler. En yaygın görülen bryazoa türü olan fenestrate 100µm büyüklüğünde sıra sıra dizilmiş sediman veya sparitle doldurulmuş ve koyu tonlardaki laminalı kalsitten oluşan köke kadar uzanan hücrelerden oluşurlar.

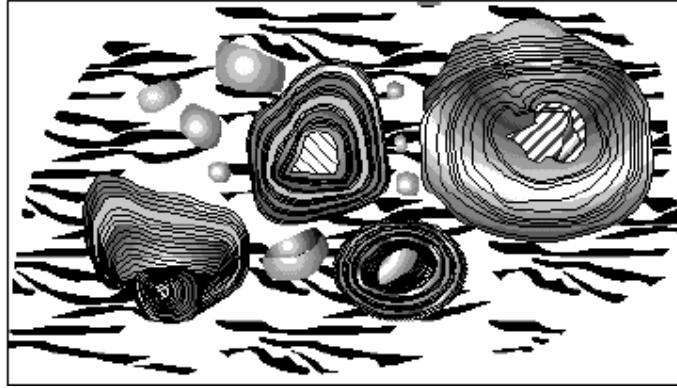
Foraminiferler: Foraminifer kavkuları düşük veya yüksek magnezyumlu kalsitten oluşurlar. Çok ender olarak aragonitiktirler. Bir çoğu dairesel veya yarı dairesel odacıklardan ve çoğunlukla ince duvarlı mikrogranular, seyrek olarak (daha büyük foraminiferlerde) lifsi kalsitten oluşurlar.

Cyanophyta, Mikrit Zarfları ve Stramolitler: Jeolojik olarak çok az alg türü kalsitleşede, sedimanlar ve kayalar üzerindeki oyma kazma etkileri ve alg yaygıları oluşturmaları nedeni ile önemli bir yere sahiptirler. Jeolojik ve güncel algler taneler etrafında koyu renkli mikrit zarfları oluştururlar. Bu zarflar diğer kavkılar üzerine oyma işlemi yapan endolitik coccoid (kokoid) algler tarafından oluşturulur. 5-15 µm çapında oluşturulan bu oyuklar daha sonra mikritik kalsitle doldurulurlar.

Tekrarlanan oyma ve doldurma işlemi yoğun mikrit zarflarını oluşturur. Unutulmamalıdır ki mikrit zarfı kavkının altere edilmiş dış yüzeyinde oluşturulur. Bu işlem oolitlerde ki önceden var olan tanenin mikritle kaplanması prosesi ile aynı işlem değildir.. Bu şekilde, orjinal tane (kavki parçası veya başka bir karbonat kırıntısı) tamamen bozun durulup mikritize olmuş (örneğin peloid gibi) bir taneye dönüştürülür (Sekil 2.4). Alglerin oluşturduğu bu boşluklara aragonit veya yüksek Mg kalsit doğrudan sudan veya algin biyokimyasal olarak (muhtemelen bakteriler yardımı ile) bozması sonucu çökebilir. Endolitik alg tarafından oluşturulan mikrit zarfları eğer bu zarfların mantarlar debilde algler tarafından yapıldığı belirlenebilirse bu işlem fotik (suyun güneş ışığını geçirdiği derinlik–100-200m) zon da olduğu için derinlik göstergesi olarak kullanılabilir. Unutulmamalıdır ki zaman zaman taneler daha derin kısımlara taşınabilirler.



Sekil 2.3: Değişik Fossil Gruplarının Kavkı Türleri ve Kavkılarda Gelişen Karbonatlaşma Biçimleri



Sekil 2.4: Stramotolitler. (Yer yer gelişmiş asimetrik yapıya ve çekirdekte farklı malzeme olusuna dikkat ediniz).

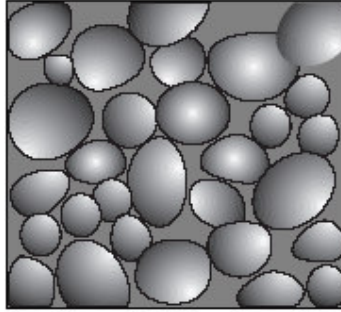
Mavi-yeşil alglerin en önemli özellikleri alg yaygıları oluşturmalarıdır. Bu algler, ekvator kuşağına yakın enlemlerde, gelgit düzlüğü, ve gelgit düzlüğü üstü veya altında kalan alanlarda, göllerde, bataklıklarda bakterilerle birlikte sediman yüzeyini kaplayabilirler, küçük alg tepelikleri veya kolonları oluşturabilirler. Herhangi bir alg yaygısı belli tür bir alg topluluğunu içerir.

Dolayısıyla oluşacak yapı türü (tepecik veya kolon) çevresel faktörlere bağlı olarak alg türü ile de ilişkilidir. Mavi-yeşil alglerin bir diğer özelliği, ağsı veya lifsi yapısı nedeni ile bulunduğu ortamdaki sediman parçalarını yakalayıp onları birbirlerine bağlayarak stromatolit denen sediman laminaları oluşturmasıdır.

Oolitler: Oolit veya sarılmış tane tanımı, merkezinde bir kireçtaşı tanesi, kayaç kırıntısı, veya kavkı parçası içeren ve etrafı bir kaç katmandan oluşan kalsit, aragonit veya dolomitte sarılmış olan tanelere verilen genel bir isimdir. Oolit ise küresel veya yarı küresel konsentrik katmanlardan oluşan ve çapı etrafını sardığı parçadan çok daha büyük olan tanelere verilen addır. Oolitler dalgaların deniz tabanını etkilediği derinliklerde ve kalsiyum karbonatça zengin ortamlarda oluşurlar. Güncel oolitler aragonitden oluşmakta olup eski, kayaçlaşmış oolitler ise kalsitten oluşmaktadırlar. Bazı oolithler çekirdeğinden daha küçük ve ince bir kaç halkadan oluşurlar bu tip oolitlere yalancı oolitler denir. Bazı oolithler ise iç yapı olarak oolitlere benzerler fakat çapları normal bir oolitten çok büyüktürler (>2mm) bu tip oolitlere pisolit denir. Pisolitler oolitlere göre daha az yuvarlak ve katmanları zigzaktır. Bazı pisolitler alglerin (mavi-yeşil alg) sudan kalsiyum karbonat alıp etraflarında çökeltmesi sonucu oluşurlar.

Peloidler: Peloidler mikrokristalen veya kriptokristalen kalsit veya aragonit içeren genelde silt, kum boyutunda (0.03-0.1mm) belli bir iç yapısı olmayan karbonat tanelerine verilen isimdir. En yaygın peloid türü fekal pellettir (Şekil 2.5) ve kalsiyum karbonat çamuru yiyen organizmalar tarafından üretilirler. Fakat pelletler genelde küçük boyutlarda olup, ovalden yuvarlağa değişen şekillerde ve eşit boylarda oluşurlar. Genelde organik malzeme içeriği yükseltir. Bu özellikleri onların koyu renklerde görünmelerine neden olur. Pelletler, oolitlerden belli bir içyapıya sahip olmamaları, yuvarlak intraklastlar olarak daha iyi boylanmaya ve görece daha küçük tane boyuna sahip olmaları ile ayrılırlar.

Pelletler organizmalar tarafından oluşturuldukları için onların büyüklüğü ve şekli akıntı ile ilişkili değildir, fakat oluştuktan sonra tasınmış ve tekrar çökelmiş olabilirler. Peloidler ayrıca oolitlerin veya kavkı parçalarının mikro-organizmalar, özellikle de endolitik (oyucu) algler tarafından delinip mikritizasyona uğratılması sonucu da oluşmuş olabilirler. Bu tip oyma aktiviteleri, orjinal taneyi homojen ve masif mikrokristalen kalsite çevirir. Bazı peloidler basitçe küçük, iyi boylanmış, karbonat çamur intraklastları olabilirler.



Şekil 2.5: Mikritik Hamur İçersindeki Pelletler

2.2.4 Mikrokristalen Kalsit (Mikrit)

Güncel ve eski kireçtaşlarında kum veya silt büyüklüğündeki karbonatın yanında, daha ince tane boyulu kalsit kristalleri de bolca bulunmaktadır. Genelde aragonitten oluşan ve 1-5 mikron büyüklüğünde igne yapılu karbonat veya kireç çamuru, tüm güncel sedimanter ortamlarda oluşmaktadır. Jeolojik dönemlerde oluşmuş karbonatlar genelde eş boyutlu kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Karbonat çamurları, içlerinde ayrıca kil, çok küçük boyutlu kuvars, feldspat ve organik madde içerebilirler.

Mikriti oluşturan diğer fakat daha az etkin prosesler şunlardır: 1) biyo-erozyon. Bazı sünger ve diğer organizmaların karbonat tanelerine veya kireç taslarında yapmış oldukları oyma etkisi, 2) Mekanik olarak ufalanma. Karbonat tanelerinin veya kavkıların taşınma sırasında bir birlerine sürtünmesi sonucu ufalanıp parçalanmaları ve 3) biyokimyasal çökelleme. Gelgit düzlüklerinde, çok tuzlu üst gelgit ortamlarında, göllerdeki alglerin

veya alg yaygılarının fotosentez yolu ile parçalanmaları sonucu oluşur. Şekil 2.6'de karbonat çamurunun oluşumuna katkı yapan mekanizmalar verilmiştir.



Şekil 2.6: Karbonat Çamur (Mikrit) Döngüsü

2.2.5 Sparit

Bazı kireçtaşları 0.02-0.1mm büyüklüğünde beyaz, çok açık renkli kristal kalsit içerirler. Bu tip kalsitler sparit veya duru kalsit olarak adlandırılırlar. Mikritlerden büyüklükleri parlak görünüşleri ile allokemlerden ise beli bir iç yapıları olmaması ile ayrılırlar. Bazı sparitler karbonat taneleri veya kavkı parçalarının arasındaki boşlukları veya erime boşluklarını çimento olarak doldururlar. Taneler arası boşlukları sparitle dolu olması, çökeldiklerinde tane aralarının karbonat çamuru içermediği ve bos olduğunu gösterir. Spari kalsit ayrıca mikritin veya diğer karbonat oluşumlarının diyajenez sırasında yeniden kristalleşmesi ile de oluşabilir ve bunları orjinal olarak oluşmuş spari kalsitten ayırmak çok zordur. Orjinal sparit ile yeniden kristalleşme ile oluşmuş spariti ayırmak özellikle çökelme ortamlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Mikritin yeniden kristalleşmesi ile oluşmuş bir sparit yanlışlıkla yüksek enerjili ortamda çökelmiş yargısına neden olabilir ve kayacın yanlış olarak sınıflandırılmasına yol açabilir. Sparitlerin

bir kavkı yada tane içersinde dıştan içe doğru tane boyunun büyümesi druzi kalsit veya druzi sparit olarak adlandırılır .

2.2.6 Kireçtaşlarının Sınıflandırılması

Kireçtaşları 4 ayrı kategoriye göre sınıflandırılırlar. Her üç sınıflandırma biçimi kireçtaşlarının belli özelliklerini vurgularlar. Bunlar sıra ile:

Mineralojik içeriğine göre: Bu sınıflandırma kayacın mineralojik içeriği göz önüne alınarak yapılır. Bir kayaçta toplam malzemenin %50si karbonat harici malzemenen oluşuyorsa kayaç karbonatlar sınıfının dışında değerlendirilir (Şekil 2.8). Eğer karbonat oranı %50den fazla ise dolomit veya kalsit oranlarına göre sınıflara ayrılırlar.

Tane boyuna göre: Bu sınıflandırmada kireçtaşları en büyük tane büyüklüğünden küçüğüne doğru a) kalsiruditler (>2mm), b) kalsiarenitler (2mm-62mm) ve c) kalsilutitler (<62mm) olmak üzere üç gruba ayrılır.

Kompozisyona bağlı olarak: Bu sınıflandırmaya göre kireçtaşları a) allokemler (kireçtaşı parçaları veya diğer taneler), b) hamur veya matriks genelde mikrittir, c) çimento genelde druzi sparittir. Bu sınıflandırmada kayacı oluşturan parçalar kısaca bio-kavkıyı, oo-ooliti, pel-peliti temsil eder ve mikrit veya sparite ön ek olarak gelirler. Oomikrit, pelmikrit, oosparit, pelsparit, biomikrit, biosparit gibi. Bazen her hangi bir kayaçta bu allokemlerden her hangi ikisi hakim olarak bulunursa bu bileşenlerin kombinasyonunda kullanılabilir. Biopelmikrit, biopelsparit, oopelmikrit vb. gibi. Diğer kategoriler stromatolit veya resif kayaçları gibi yerinde oluşmuş kireçtaşları içeren biolitit ve erime sonucu gözenekli yapı kazanmış olan mikritlere verilen isim olan dismikritdir. Bu gözenekler çoğunlukla çok küçük ve ovaldir. Kus gözüne benzemesi nedeni ile kuşgözü yapısı olarak adlandırılırlar (Folk 1959).



Şekil 2.7: Karbonatların Minerolojik İçeriğine Göre Sınıflandırılması

Kireçtaşı içerisindeki allokemler	Kireçtaşı tipi			
	sparit çimentolu		mikrit çimentolu	
kavkı parçaları (bioklast)	biosparit		biomikrit	
oidler	oosparit		oomikrit	
peloidler	pelsparit		pelmikrit	
intraklast	intrasparit		intramikrit	
yerinde oluşmuş kireçtaşı	biolitit		dismikrit	

Şekil 2.8: Folk Sınıflandırması

Dokuya göre Dunham: kireçtaşlarını dokularına bağlı olarak sınıflandırmıştır (Şekil 2.8). Bu sınıflandırmaya göre Dunham; matriks içermeyen kayaçları grainstone (tanetaşı), hamur içeren (biomikrit gibi) ama iri taneleri birbirleri ile kontakta olan kayaçları packstone (paketlitaş), hamur içerisinde yüzer durumda taneler içeren kayaçları wackestone (waketaşı) (biomikrit bu kategoriye de girebilir), çok az tane içeren ve tamamen mikritten oluşan kayaçları çamurtaşı olarak dört temel gruba

ayırımıdır. Çok iri taneli kireçtaşlarına floadstone (yüzen taş) ve rudstone (çakıllı taş), organizmaların bir birlerine tutunması ile oluşmuş kayalara boundstone gibi isimler vermişlerdir. Bu isimler kompozisyon hakkında da bilgi vermesi açısından oolitik grainstone, pellet çamurtaşı veya krinoidal rudstone adların da kullanılabilir.

Allokem Yüzdesi	>2/3 KARBONAT ÇAMURLU HAMUR				SPAR & KARB. ÇAMURU	>2/3 SPARİT ÇİMENTO		
	% 0-1	% 1-10	% 10-50	> % 50		KÖTÜ BOYLANMA	İYİ BOYLANMA	YUVARLAK, AŞINMIŞ
Tanımlayıcı Kayaç isimleri	MİKİRİT VE DİSMİKİRİT	FOSİLLİ MİKİRİT	SEYREK BİOMİKİRİT	PAKETLİ BİOMİKİRİT	KOTÜCE YIKANMIŞ BİOSPARİT	BOYLANMASIZ BİOSPARİT	BOYLANMIŞ BİOSPARİT	YUVARLAKLAŞMIŞ BİOSPARİT
Terminoloji	Mikrit ve dismikrit	Fosilli Mikrit	Biomikrit		Biosparit			
Kırıntılı kayaç karşılıkları	Kıltaşı		Kumlu Kıltaşı	Killi veya olgunlaşmamış kumtaşı	Yarı olgun kumtaşı	Olgun kumtaşı	Süper olgun kumtaşı	


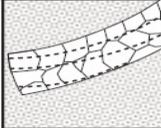

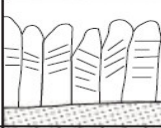

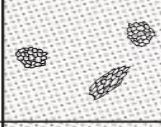

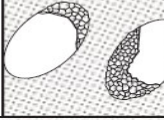
Şekil 2.9: Karbonatların Dokuya Bağlı Sınıflandırılması (Folk 1962)

Bütün bu kireçtaşı tiplerinden beş tanesi çok yaygın olarak bulunurlar. Bunlar; grainstonlar grubundan oosparit ve biosparit, wackeston grubundan biomikrit ve pelmikrit, biolit-boundstonlardır.

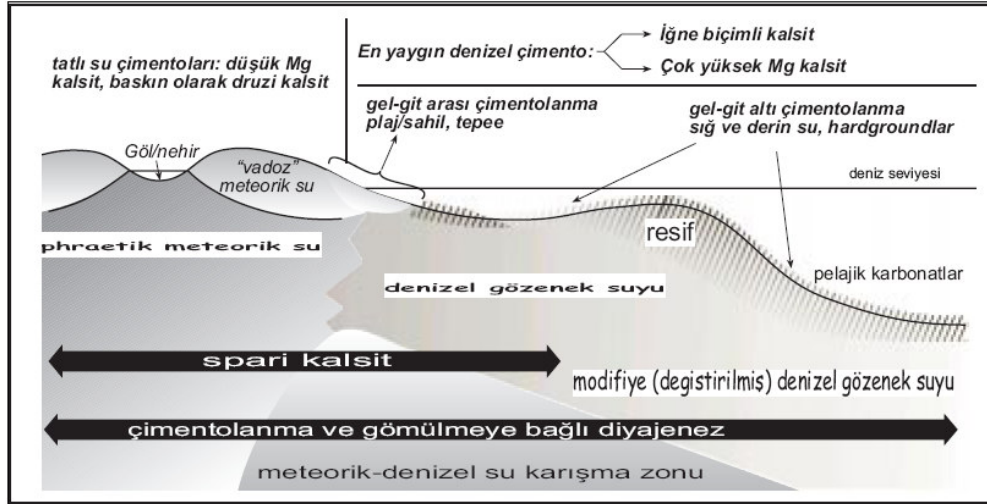
2.2.7 Karbonatların Diyajenezi

Karbonat sedimanlarda diyajenezin başlangıcını belirlemek çok zordur örneğin algerin mikritizasyonu diyajenezin bir ürünü olan çimentolanma ile eş zamanlıdır. Diyajenez sırasında eğer (karbonat) kayacın kimyasında önemli bir değişiklik yoksa bu işleme izokimyasal (isochemical) diyajenez, eğer kimyasal değişme önemli miktarda ise (dolomitleşme ve silisleşme gibi) buna allokimyasal diyajenez denir. En önemli diyajenetik prosesler

çimentolanma ve neomorfizmadır (yeniden şekillenme). En yaygın diyajenetik prosesler Şekil 2.10'da ve Şekil 2.11' de çimentolanmanın olduğu temel sedimanter ortamlar özetlemiştir.

Çimentolanma		Neomorfizm	
Lifsi/bladed (bıçaksı) kalsit (genelde eşkalınlıktır ve replacement/yerine geçme nedeni ile oluşabilir)		Orjinali aragonit kavkılarının kalsitleşmesi	
Druzi spari kalsit, genelde lifsi kalsitten sonra oluşur		Lifsi kalsit, iğnesel kalsitin replacement (yerine geçme) sonucu lifsi kalsite dönüşmesi	
Sintaksiyal (eş eksenli) kalsit. Genelde ekinid tanelerinde görülür		Kalsilutitlerin aggradasyonu (büyümesi)	
Granüler kalsit çimento (neomorfik olabilir)		Degradasyon neomorfizması	

Şekil 2.10: Çimentolanmaya Ve Neomorfizmaya Bağlı Gelişmiş Diyajenetik Yapılar (Tucker 1981).



Şekil 2.11: Karbonatlarda Çimentolanma İle İlgili En Temel Depozisyonel Ortamlar (Tucker 1981).

2.2.8 Denizel Karbonat Çökelim Ortamları

Karbonat çökelim ortamları yedi sınıf olarak kategorize edilebilir. 1) gel-git düzlüğü-gel-git üstü alanlar , 2) lagoonlar ve kısıtlanmış koylar, 3) gel-git düzlüğü-gelgit altı alanlar, 4) açık selfler ve platformlar, 5) resifler ve karbonat yığılımları, 6) yeterince sediman alamayan sedimana aç basenler ve diğer pelajik karbonat çökelim ortamları ve 7) karbonat türbidit alanları.

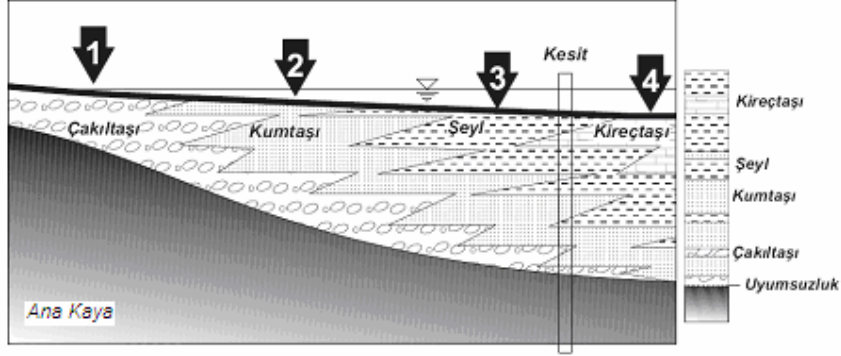
Derin deniz/yamaç		Karbonat platformu, iç deniz					
açık deniz, pelajik karbonatlar, ooz ve türbiditler	resif önü molozu, derin deniz yığılımları (ör çamur tepecikleri)	şelf-marjin resifleri, kum, karbonat yığılımları	açık platform		Bariyer arkası lagoonları, karbonat çamurları	Gelgit düzlüğü, kanallar, tepecikler, sahil, bataklık, sabkha	
			sakin ortam karbonat çamurları	dalgali ortam karbonat kumları			
deniz seviyesi		yerel yama resifleri ve çamur yığılımları					
dalga tabanı							
karbonatsız	plejik faunalı biomikritler, karbonat türbiditleri	rudstone, floatstone, biomikrit, slumplar	boundstone, biolithite	bio-pel-mikrit, wackestone, packstone, değişik tür fauna, yaygın bioturbasyon	bio-oo-pel-sparit, grainstone, çapraz tabakalı packstone	bio-pelmikrit, wackestone+ kısıtlı fauna	Kuş gözü yapılı pelmikritler, alg yaygıları, dolomit, yer yer evaporitler
			çapraz tabakalı bio-oo-sparit				

Şekil 2.12. Genelleştirilmiş denizel karbonat çökelim ortamları ve bu ortamlara bağlı geniş karbonat fasiyesleri

2.2.9 Sedimater Ortamlar ve Fasiyes

Sedimater ortamlar, erozyona, taşıyıcı ortamın (transport) gücüne veya sadece çökmenin hakim olmasına bağlı olarak değişirler. Erozyon ve günlenme (weathering) sediman kırıntılarının oluşmasına ve/veya iyonların suda çözünmesini sağlarlar. Karasal ortamlarda iklim (climate), yerel jeoloji ve topografik şartlar, oluşacak ve taşınacak sedimanların miktarını, tipini ve taşınma biçimlerini kontrol ederler. Temel karasal ortamlar: akarsu-flüvyal, buzul, göl, ve rüzgar tarafından kontrol edilen kumlu (eolian) çöl ortamlarıdır. Bir çok Kıyı ortamları: delta, lagün, gel-git düzlüğü, sahil-plaj (beach-shore) ve bariyer ortamlarıdır. Açık deniz ortamları: sığ deniz ve

denizlerdir. Pelaji, yarıpelajik ve türbit/türbiditik ortamlar net çökelpnenin olduğu Batyal - Abisal derin deniz ortamlarıdır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Jeolojik kesitte üst üste gözükten fasiyeslerin aslında aynı jeolojik zaman diliminde yanal geçiş iliksisi içerisinde olduğunu gösteren Walther diagramı.

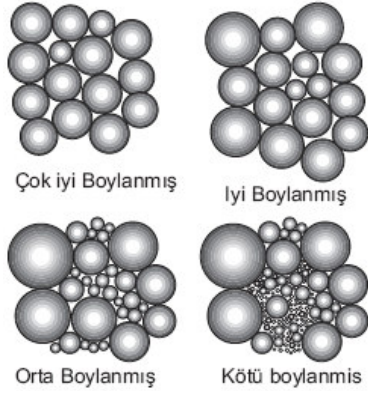
2.2.10 Diyajenz

Diyajenez çökelmiş gevsek sedimanların çökeldikten hemen sonra buldukları ortamda sıcaklık (~150-200°C) ve basınca bağlı olarak matamorfizmaya kadar (metamorfizma dahil değildir) uğradıkları her türlü prosese verilen isimdir. Bu prosesler, sedimantasyondan sıg gömülmeye kadar ki zaman dilimini içeren öncül diyajenez ve derin gömülmeden tekrar yükselmeye kadar olan zaman dilimini içeren geç diyajenez olmak üzere ikiye ayrılırlar. Diyajenetik prosesler; kompaktlaşma (compaction, hacimsel küçülme, sıkışma), rekristalizasyon (tekrar kristalleşme), erime (dissolution), yerini alma (replacement), yerinde oluşma (authigenesis) ve çimatolanmadır (cementation).

2.2.11 Tane Morfolojisi

Tane morfolojisi tane şekli, küresellik ve yuvarlaklığı içerir. Şekil tanenin uzun, orta ve kısa eksenleri arasındaki orana göre belirlenir. Bu oranlara göre dört sınıf tane şekli vardır bunlar: disk şekilli, eş eksenli, kübik veya küresel, bıçağımsı ve kalemsi. Küresellik, bir tanenin küreye olan benzerliğinin oranıdır. Yuvarlaklık ise altı kategoride sınıflandırılır (Şekil

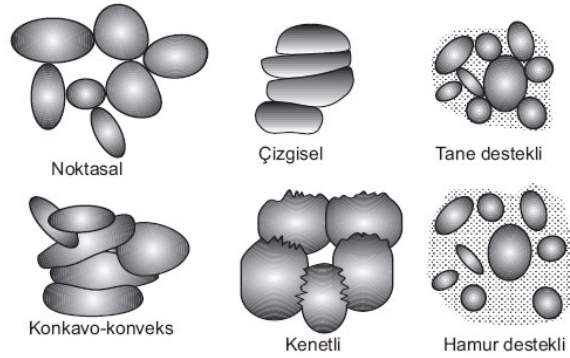
2.14) ve bir tanenin köseli olup olmadığı veya köselerinin ne kadar yuvarlaklaştığının ölçüsüdür).



Şekil 2.14. Boylanma Şeması.

2.2.12 Sedimanter Yapılar

Sedimanter yapılar sedimanter kayaçların daha büyükçe ölçekli özellikleridir. Bu yapıların bir çoğu sedimantasyondan, sedimantasyon sırasında ve sonrasında fiziksel nedenlerden diğerleri ise organik ve kimyasal nedenlerden oluşur. Özellikle sedimantasyon sırasında oluşmuş yapıların bir çok kullanım alanları vardır. Bunlar, proses açısından çökme ortamının yorumlanması, su derinliği, rüzgar hızı, tektonizma sonucu çok kompleks kıvrımlanmaya uğramış bir alanda tabakaların ters dönüp dönmedikleri, paleoakıntı yönlerinin tespiti ve paleocografyanın anlaşılması gibi. Bu yapıların bir çoğu santimetreden onlarca metre ölçeğinde olup arazi de ölçülüp kaydedilirler.



Şekil 2.15 Taneler Arası Kontakt Tipleri

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Kullanılan Doğal Taşlar

üncel sedimanlarda genel olarak iki tip kalsiyum karbonat minerali egemen olarak oluşmaktadır. Bunlar aragonit (ortorombik) ve kalsit (rombohedral). Magnezyum içeriğine bağlı olarak iki tip kalsit tanımlanmıştır. Bunlar mol yüzdesi (%) 4'den az olan **düşük magnezyumlu kalsit** ve %4'den fazla Mg içeren **yüksek magnezyumlu kalsit** (Boggs 1987). Tortul kayalar içerisinde %50'den fazla kalsiyum, kalsit ve dolomit mineralleri var ise bu tür kayalara kireçtaşları ya da dolomit olarak tanımlanmaktadır (Krumbein ve diğerleri 1959).

Kullanılan Doğal Taşlar Afyon Bölgesinde faaliyet gösteren DEMİRELLER, TEMMER ve ÖZERLER firmasından temin edilmiştir. Bu doğal taşlar; DIN standartları boyutlarında uygulanacak miktarda temin edilmiştir. Kullanılan doğal taşların bölgeleri ve ticari çalışma içindeki isimlendirmeleri Çizelge 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1: Deneilerde Kullanılan Doğal Taşların İsimlendirme ve Bölgelerinin Dağılımı

Numuneler	Numune Kodları	Numunelerin Bölgeleri	Petrografik Adı
Güreller Bej	RT1	Eskişehir-Çifteler	Kireçtaşı Bej
Crema Nouma	RT2	Bilecik	Kireçtaşı Bej
Rosalio Light	RT3	Bilecik	Kireçtaşı Bej
Rosalia Pink	RT4	Bilecik	Kireçtaşı Bej
Crema Temmer	RT5	Burdur-Karamanlı	Kireçtaşı Bej
Dumluözcan	RT6	Antalya - Alanya	Kireçtaşı
Küfeki	RT7	İstanbul	Kireçtaşı
Limra	RT8	Antalya-Finike	Kireçtaşı
Emperador	RT9	Bursa-Orhaneli	Kireçtaşı
Gümüş Traverten	RT10	Afyon-Emirdağ	Traverten
Afyon Traverten	RT11	Afyon-Emirdağ	Traverten
Sincanlı Traverten	RT12	Afyon-Sincanlı	Traverten
Denizli Traverten	RT13	Denizli	Traverten
Salome	RT14	Eskişehir – Süpren	Mermer
Afyon Şeker	RT15	Afyon-İscehisar	Mermer
Afyon Grili şeker	RT16	Afyon-İscehisar	Mermer

3.1.2 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Cihazları

3.1.2.1 Pres Cihazı

Deney aşamasında yapılan fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesindeki testler AKÜ, TUAM, Mermer laboratuvarında yapılmıştır. Eğilme dayanımı ise AKÜ, Afyon Meslek Yüksekokulu, İnşaat bölümündeki üç nokta eğilme cihazında yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Tek Eksenli Basınç Presi

3.1.2.2 Karot Alma Cihazı

Deney aşamasında yapılan porozite, permeabilite ve mineralojik ve petrografik testler Freidrich-Alexander-Universität Institut für Paläontologie laboratuvarında yapılmıştır. Porozite ve permeabilite deneyi için DIN normlarına göre $Q=3.0$ cm ve $h= 5.0$ cm HILTI-DD 100 marka karot alma cihazı ile hazırlanmıştır(Şekil 3.2).

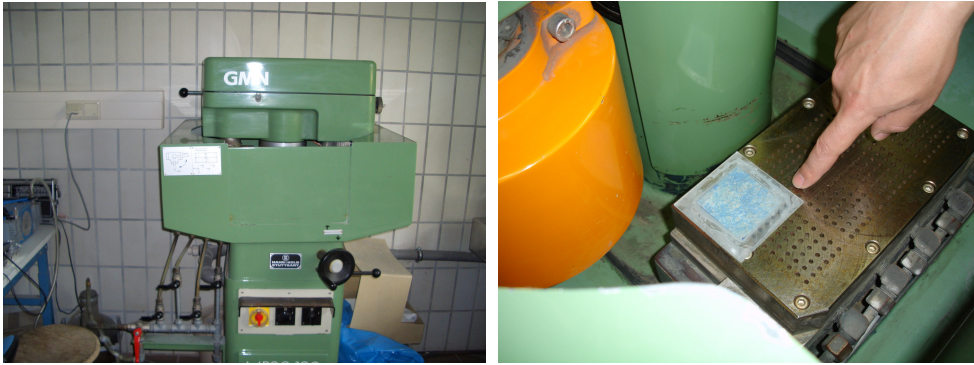
3.1.2.3 MPS2-120 GMN Marka Cihazı

Deney aşamasında yapılan doğaltaşların mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi için gerekli olan ince kesitler Freidrich-Alexander-Universität Institut für Paläontologie laboratuvarında yapılmıştır.

MPS2-120 GMN marka cihazı cm boyutuna kadar inceltiilmiş olan ince kesitleri mikron boyutuna indirgenmesi için kullanılmaktadır. Numune delikli platform üzerine konulur ve sağlaşması için vakum uygulanır. İnce kesit numune üzerinde elmas soketler bulunan döner kafanın dönme hareketi ile sağlanmaktadır.(Şekil 3.2).



Şekil 3.2 HILTI-DD 100 Marka Karot Alma Cihazı

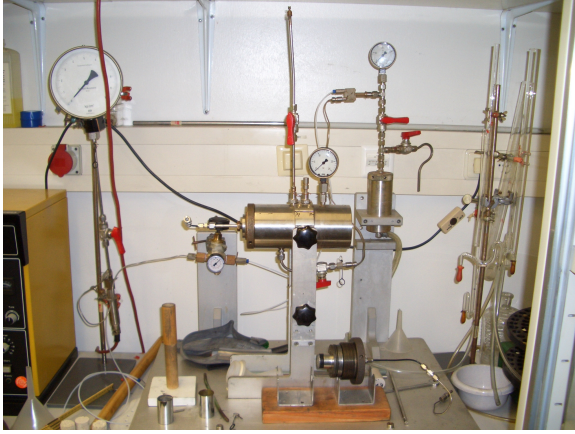


Şekil 3.3:MPS2-120 GMN Marka İnce Kesit Cihazı

3.1.2.4 Hassler-Tpye Core Holders Cihazı

Deney aşamasında yapılan permeabilite testleri Freidrich-Alexander-Universität Institut für Paläontologie laboratuarında yapılmıştır.

Permeabilite deneyi Hassler-Tpye Core Holders marka cihazı ile yapılmaktadır. Bu cihaz hava basıncına göre malzemenin geçirimsizlik özelliğine göre yapılmaktadır (Şekil 3. 4).



Şekil 3.4:Hassler-Tpye Core Holders Permeabilite Cihazı

3.2 METOT

3.2.1 Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri 1.0x5.0x5.0 cm boyutuna gelecek şekilde mini baş kesme makinesi ile kesilerek mineraloji - petrografik analizi için hazırlanmalıdır. (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Deney Numunelerinin Hazırlanması

Porozite ve permeabilite deneyi için DIN normlarına göre $Q=3.0$ cm ve $h=5.0$ cm HILTI-DD 100 marka karot alma cihazı ile hazırlanmaktadır.

3.2.2 Deney Numunelerinin İnce Kesitlerinin Hazırlanmasını

Deney numuneleri $1.0 \times 5.0 \times 5.0$ cm boyutuna getirildikten sonra sırayla 90, 220, 400 ve 800 numaralı silisyum karbür ile parlatma işlemleri yapılır. (Şekil 3.6).



Şekil 3.6:Deney Numunelerinin Silisyum Karbürle Parlatılması

Parlatma işlemleri tamamlanmış olan numuneler etüvde 50° C'de 1 gün bekletilerek, kuru hale getirilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7:Etüv (Fırın)

Araldit By 158-100 Gewichtsteile Impaguieren 100 gr, Aradur 21-Harter zum Impragnierharz Araldit 28 Gewichtsteile 28 gr, Keystone Oil Blue

Porenraumblau 2,5 gr ve Tek-mek Basis Mtyl-Etyl-Keton 2 gr kimyasal malzemeler hassas terazide tartılır. Kimyasal karışım plastik bir kaptta 5 dakika karıştırılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8:Deney Numunelerinin İnce Kesitlerinin Hazırlanması

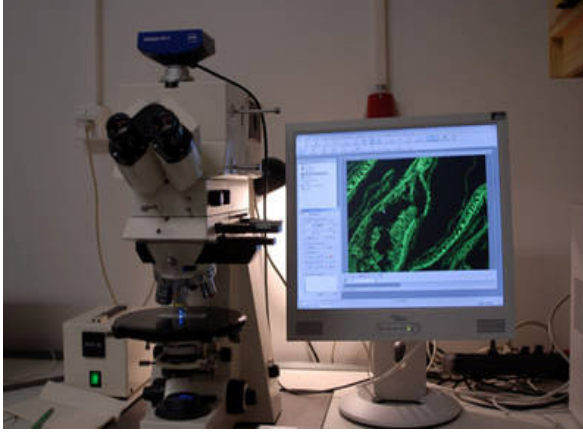


Şekil 3.9:Vakum Cihazı

İnce kesit için hazırlanan kimyasal karışımında kabarcık kalmayasıya kadar, vakum cihazında bekletilir(Şekil 3.9). Vakumu alınan sıvı deney numunesi üzerine dökülerek numunenin en ince gözeneklerine kadar işlemesi sağlanır. Malzeme 24 saat içinde donar. Numunenin yüzeyi tekrar silisyum karbürle parlatılır. Daha sonra deney numunesi özel hazırlanan yapıştırıcı ile cam arasında hava kalmayacak şekilde yapıştırılır. Yapıştırma işleminden sonra yan kesme makinesinde 1cm kalınlığında olan numune 3-4 mm boyutuna kadar inceltilir. Daha sonra MPS2-120 GMN marka

cihazı ile ince kesit istenilen mikron seviyeye indirilir (Şekil 3.4). Polarizan Mikroskop, ZEİS Marka olup, malzemelerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile ince kesitleri hazırlanan numunelerin tanımlanmasında kullanılır.

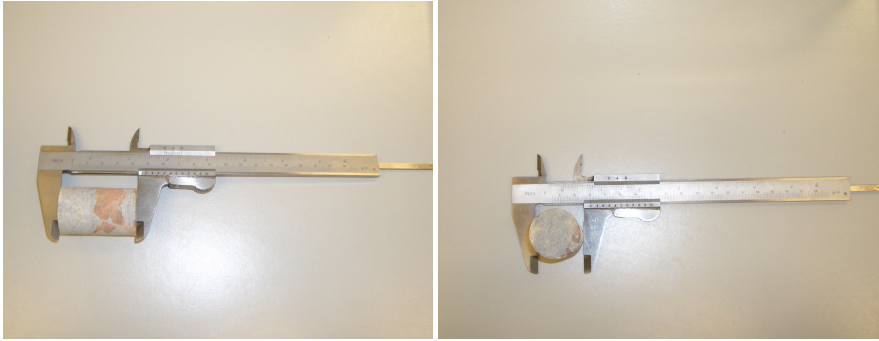
İnce kesitleri hazırlanmış ola numuneler, mineralojik ve petrografik özellikleri mikroskop ile irdelenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Zeiss Marka Polarizan-Mikroskop

3.2.3 Permeabilite Deneyi

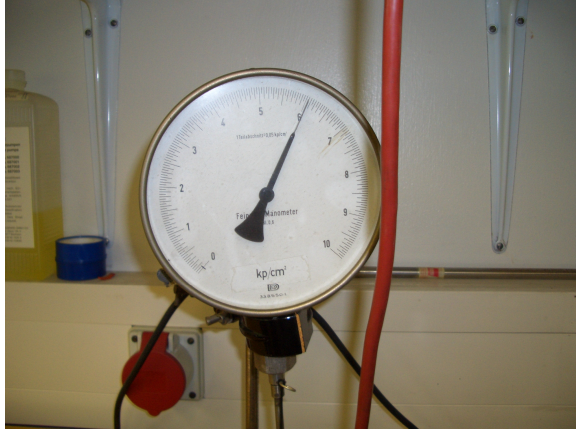
Permeabilite deneylerinde (DIN-18130) ise öncelikle hazırlanan numunelerin çapı ve boyu kumpas ile ölçülmesi gerekmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11:Kumpas ile Numunelerin Ölçülmesi

Ölçümleri alınan numuneler Hassler-Tpye Core Holders cihazının haznesine yerleştirilir (Şekil 3.4). Nunumeye bir taraftan hava verilir bu verilen havanın 7 barı geçmemesine dikkat edilmelidir (Şekil 3.12). Numune içerisinden geçen hava içerisinde köpüklü su bulunan bir U cam

boruya gelir. Havanın bar cinsinden basıncı ayarlanarak, U borusundan köpüklü suyun 10 cm lik uzunluk da geçiş süresi t (sn) 10 defa ayrı ayrı not edilir ve aritmetik ortalaması alınır (Şekil 3.13).



Şekil 3.12: Basınç Göstergesi



Şekil 3.13: U Borusu

Bir rezervuar kaya için porozitenin yanısıra permeabilite (geçirimsizlik) de son derece önemli bir özelliktir. Darcy formülüne göre;

$$k = \frac{q \times \mu \times l}{\Delta p \times A} \quad (3.1)$$

$$1 \text{ Darcy} = 9,86923 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$$

q = Akış oranı (cm³/sn)

k = Permeabilite (Darcy)

p₁-p₂ = Numune boyunca basınç farkı (cm)

A = Numunenin enine kesit alanı (cm²)

l = Numune boyu (cm)

μ = Akışkanın viskozitesi

3.2.4 Porozite Deneyi

Porozite deneyinde (DIN-52102) numune hassas terazide önce kuru hali tartılır(k_{h1}). Sonra numunenin $0,79 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluğuna sahip alkolle 24 saat vakumlayarak bekletilir. Daha sonra arşimet terazisinde alkollü hali (k_{h3}) ve hassas terazide alkollü hali (k_{h2}) tartılır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Arşimet Terazisi

Elde edilen veriler formülize edilerek, porozite değeri elde edilir.

k_{h1} : Kuru ağırlık, gr

k_{h2} : Alkollü ağırlığı (hassas terazi), gr

k_{h3} : Alkollü ağırlığı (arşimet terazi), gr

d_0 : Alkollü özgül ağırlığı, gr/cm^3

V_t : Hacim, cm^3

P_z : Porozite, %,

k_p : Komposite, %,

Bu yaklaşımlara göre, porozite ve komposite değerleri arasında da şu ifadeler kurulabilmektedir (Sobort 1995);

$$V_1 = \frac{k_{h1} - k_{h2}}{d_0} \quad V_2 = \frac{k_{h1} - k_{h3}}{d_0} \quad (3.2)$$

$$V_1 + V_2 = V_t \quad (3.3)$$

$$P = \frac{d_0}{V_t} \quad (3.4)$$

$$k_p + P = 1 \quad (3.5)$$

3.3 Doğaltaşların Özelliklerinin Belirlenmesi

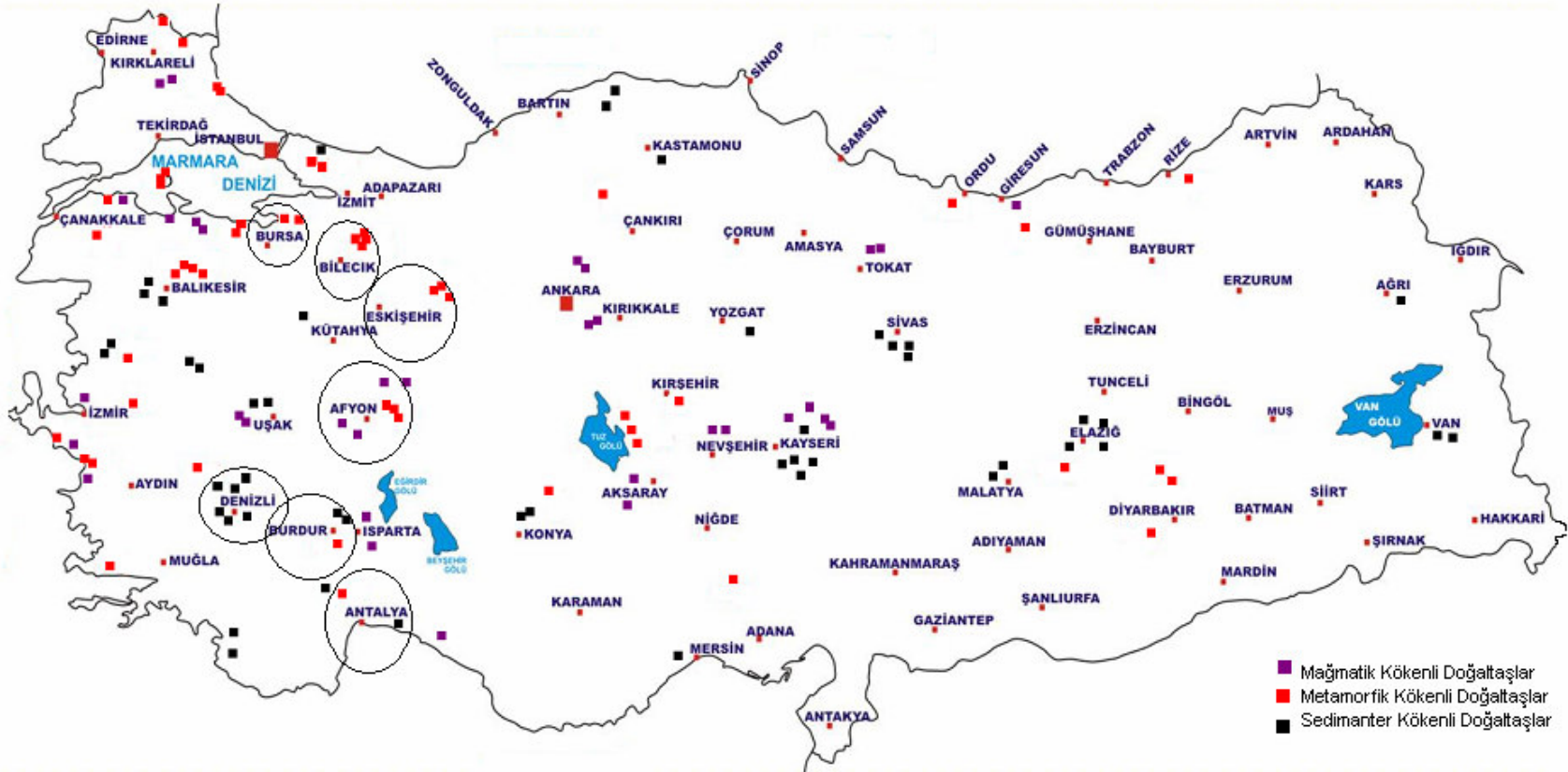
3.3.1 Deney Numunelerine Uygulanan Fiziko Mekanik Testler

Bu çalışmada restorasyon da kaplama olarak kullanılacak doğal taşlar DIN standartlarına göre AKÜ, TUAM merkezi Mermer ve Doğaltaş laboratuvarı ve Freidrich-Alexander Üniversitesi, IPAL Paleontoloji Enstitüsü laboratuvarında yapılmıştır. Fiziksel testlerden Özgül kütle, Birim Hacim Kütle deneyi DIN EN 1936, Su Emme deneyi DIN EN 13755, Basınç Dayanım deneyi DIN EN 1926, Eğilme Dayanım deneyi DIN EN 12372, Aşınma Dayanım deneyi DIN 52108, Porozite deneyi DIN- 52102 ve Permeabilite deneyi DIN–18130 göre yapılmıştır.

Traverten, Bej ve Mermer grubuna ait fiziksel ve mekanik özelliklerin sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu testlerin hangilerinin öncelikli olduğu doğaltaşların kullanım alanlarına göre değişmektedir. Bu nedenle kullanılan alanlarının belirtilmesinde etkili olan testler ve seçimi Çizelge 3.3’de verilmiştir.

3.3.2 Doğal Taşların Kullanım Alanları ile İlgili Standartlar

Doğal taşların kullanım ömrünü uzatabilmek için doğru yerlerde kullanımı önemlidir. Bu amaçla mermerlerin ve travertenlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri gerek DIN, TSE gerekse ASTM standartlarında tanımlanmıştır. Çizelge 3.4’de mermerlerin ve travertenlerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerinin DIN standartları verilmiştir.



Şekil 3.15: Türkiye'deki Doğal Taşların İllere Göre Dağılı

Çizelge 3.2 Doğaltaşların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Kodlar	Doğaltaşlar	Özgül Kütle (kg/m ³)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)	Porozite (%)	Permeabilite (mD)	Basınç Dayanımı (MPa)	Don Sonrası Basınç Dayanımı (MPa)	Aşınma Direnci (cm ³ /50 cm ²)	Eğilme Dayanımı (Mpa)	Doluluk Oranı (%)
RT1	Güreller Bej	2650	2730	0.52	1.39	1.39	2.46	138.44	78.33	5.60	18,82	99.93
RT2	Crema Nouma	2680	2740	0.18	0.49	0.49	2.16	121,45	95,16	7.72	16,52	99.00
RT3	Rosalio Light	2670	2680	0.26	0.69	0.30	0.27	86,07	85,16	7.72	16,52	99.70
RT4	Rosalia Pink	2670	2680	0.26	0.69	0.69	3.21	82.48	82.39	3.10	13,37	99.63
RT5	Crema Temmer	2674	2969	0.24	0.64	0.64	0.43	89.88	69.50	3.85	15,89	99.18
RT6	Dumluözcan	2680	2690	0.31	0.84	0.84	3.01	215.52	107.32	0.79	29,30	99.59
RT7	Küfeki	1950	2660	11.78	22.91	22.91	2.53	15,28	7,81	22.00	5,62	73.31
RT8	Limra	2350	2720	3.27	7.69	13.60	0.65	29,72	25.52	21.90	10,93	86.40
RT9	Gümüş Traverten	2460	2650	1.14	2.83	7.17	0.65	41,65	39.74	15.50	13,60	92.83
RT10	Afyon Traverten	2460	2600	2.02	5.00	5.38	0.62	66,81	61.56	20.09	11,12	94.62
RT11	Sincanlı Traverten	2230	2580	6.47	14.66	14.66	1.97	38.89	31.10	5.10	6,47	86.50
RT12	Denizli Traverten	2456	2150	5.43	11.68	12.46	1.31	18.89	17.79	9.70	11,60	87.54
RT13	Emperador	2650	2690	1.23	3.27	1.49	0.67	85,68	78.95	11.75	14,42	99.30
RT14	Salome	2700	2780	0.24	0.64	2.86	0.31	64,04	63.31	18.70	16,93	97.14
RT15	Afyon Şeker	2750	2730	0.16	0.24	0.70	0.54	68.70	67.42	18.50	15,59	99.30
RT16	Afyon Grili şeker	2740	2720	0.12	0.21	0.73	0.58	69.16	65.74	18.70	15,14	99.27

Çizelge 3.3: Doğal Taşların Kullanılan Alanlarının Belirtilmesinde Kullanılan Test Yöntemleri için Seçim Kılavuzu

No	BD	DSBD	SE	PR	PM	AD	ED	MPA	TE	KD	ÇD	KD
1	√	√	√	√	√			√	√	√		
2	√	√	√	√	√			√	√	√		
3	√		√	√	√		√	√	√	√		
4			√	√	√		√	√	√		√	√
5			√	√	√		√	√	√		√	√
6	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
7	√		√	√	√	√	√	√	√		√	√
8	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
9		√	√	√	√		√	√	√	√		
10			√	√	√			√	√	√		
11			√	√	√			√	√			
12	√	√	√	√	√	√	√	√	√			
13	√	√	√	√	√	√	√	√	√			

1: Kolon-Sütün, 2: Kiriş-Sarak, 3: İç/Dış taşıyıcı Konsol, 4:İç-Kuru duvar kaplaması, 5: İç-İslak duvar kaplaması, 6: Dış duvar kaplaması, 7: İç taban ve basamak kaplaması, 8: Dış taban ve basamak kaplaması,9: Örtü-Çatı kaplaması, 10: Tezgah-Masa üstü iç dekorasyon, 11: Plastik sanatlar-Heykel, 12: Parke-Doğal taş kaplama plakası, 13: Yapı Taşı Olarak Kullanım, BD: Basınç Dayanımı, DSBD: Don Sonrası Basınç Dayanım, SE: Su Emme, PR: Porozite, AD: Aşınma Dayanımı, ED: Eğilme Dayanımı, MPA: Min-Pet Analizi, TE: Tuz Etkisi, KD: Kimyasal Direnç, ÇD: Çizilme Dirençi, KD: Kaymaya Karşı Direnç

Çizelge 3.4 DIN Standartlarına Göre Doğaltaşların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin, Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri (DIN EN 1936, DIN EN 13755, DIN EN 1926, DIN 52108 , DIN EN 12372, DIN 52102, DIN 18130).

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Sınır Değerleri	Birim	Sınıflandırma	DIN Test Metodu
Birim Hacim Ağırlık	2650	(kg/m ³)	Mermer, Kireçtaşı	DIN EN 1936
	2400	(kg/m ³)	Traverten	
Ağırlıkça Su Emme	0,1-3	(%)	Mermer, Kireçtaşı	DIN EN 13755
	1-10	(%)	Traverten	
Basınç Dayanımı	75-240	(Mpa)	Kireçtaşı	DIN EN 1926
	25-160	(Mpa)	Mermer	
	20-60	(Mpa)	Traverten	
Aşınma Dayanımı		12(cm ³ /50 cm ²)	Tümü	DIN 52108
Eğilme Dayanımı	3-19	(Mpa)	Mermer, Kireçtaşı	DIN EN 12372
	2-12	(Mpa)	Traverten	
Porozite	0,1-1	(%)	Mermer	DIN 52102
	0,1-2,5	(%)	Kireçtaşı	
	5-10	(%)	Traverten	
Permeabilite	10 ² -10 ⁰	(mD)	Mermer Kireçtaşı	DIN 18130
	10 ² -10 ⁻¹	(mD)	Traverten	

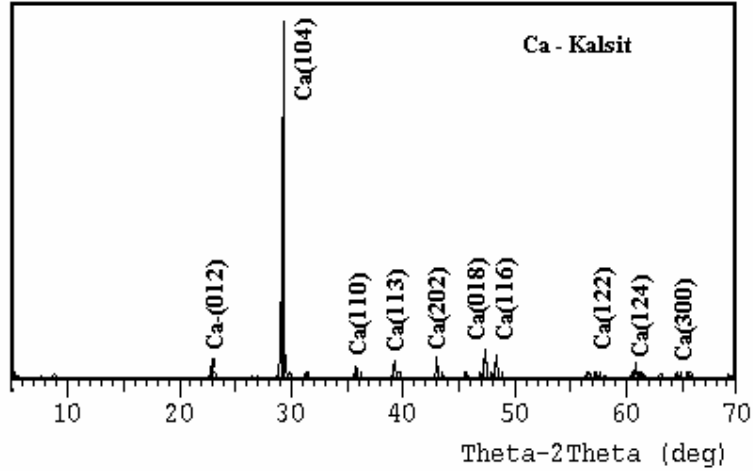
3.3.3 Kimyasal Analiz

Doğal taşların kimyasal analizi ACME laboratuvarında XRF cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları % oranlarına göre Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

3.3.4 Minerolojik ve Petrografik İnceleme

Karbonatlı sedimanter kayalarda birçok karbonat minerali bulunabilir. Bu minerallerden hakim olanları Şekil 3.16'da görüldüğü gibi saf kalsiyum karbonat [CaCO₃ Kalsit] ile kalsiyum magnezyum karbonattır [CaMg(CO₃)₂

Dolomit . Bununla beraber bu çalışmada kullanılan doğal taşların çoğu % 1–2 oranında diğer mineralleri de kapsarlar. Bunlardan kuvars, grafit, hematit, limonit, pirit gibi minerallerin yanı sıra mika klorit, tremolit, vallostonit, diyopsit ve hornblent yaygın olarak bulunan silikat minerallerindendir. TS 10449'a göre kalsiyum karbonat esaslı mermerler, mineralojik bileşim olarak en az % 95 kalsit mineralinden oluşmalıdır (Kulaksız 2005). Kayaçı oluşturan minerallerin birbirleriyle olan göreceli özellikleri doku olarak adlandırılmaktadır. Doku kavramı kayacın temel bileşenleri olan minerallerin boyutları, şekilleri, dağılımları ve yönelimleri gibi özelliklerin yanı sıra kayacın uğradığı farklı basınç-sıcaklık koşulları altındaki çoklu metamorfizma ve deformasyon evreleri gibi jeolojik evrimlere ait bilgileri kapsamaktadır. Bunlar tanelerin bireysel özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileridir (Onargan diğerleri 1997).



Şekil 3.16: Afyon Beyaz Mermerinin X-ışınları Difraksiyonu Analizi ile Mineralojik Bileşiminin Saptanması

Mineralojik ve petrografik analiz için mikroskopta yapılan optik incelemeler ve X-ışınları difraksiyonu (XRD) analizi kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan, karbonat kökenli doğal taş gruplarına ait örneklerin mineralojik–petrografik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.5: Doğaltaşların Kimyasal Özellikleri

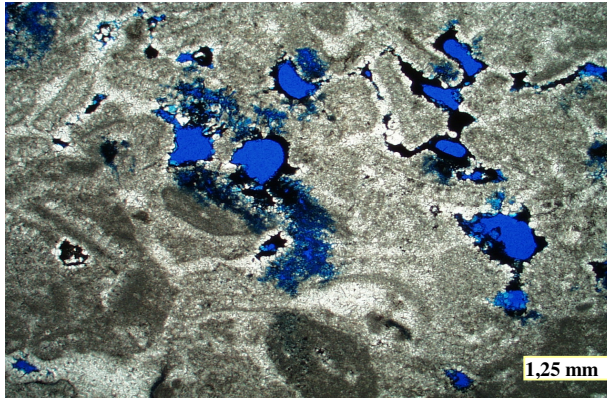
Numunelerin Oksit Bileşiği		RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	RT6	RT7	RT8	RT9	RT10	RT11	RT12	RT13	RT14	RT15	RT16
SiO ₂	(%)	1.38	1.75	0.64	1.75	0.35	2.24	3.52	0.15	1.07	2.55	2.38	0.26	0.45	0.55	0.60	0.95
Al ₂ O ₃	(%)	0.21	0.46	0.16	0.46	0.12	0.48	1.06	0.06	0.22	0.71	0.21	0.08	0.21	0.30	0.30	0.21
Fe ₂ O ₃	(%)	0.34	0.31	0.08	0.31	0.07	0.99	0.73	0.03	0.07	0.16	3.13	0.04	0.05	0.19	0.05	0.05
MgO	(%)	0.46	0.54	0.29	0.54	0.17	3.6	0.59	0.19	0.21	0.26	2.77	0.42	17.0	1.92	0.18	0.20
CaO	(%)	55.2	54.6	55.0	54.6	54.8	49.8	49.76	55.8	54.2	53.3	54.4	54.1	35.2	53.1	55.2	54.4
Na ₂ O	(%)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
K ₂ O	(%)	<0.01	<0.01	0.02	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.18	<0.01	<0.01	0.02	0.05	0.05	0.04
TiO ₂	(%)	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
P ₂ O ₅	(%)	<0.01	<0.01	0.02	0.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.05	<0.01	0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01
MnO	(%)	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01
CO ₂	(%)	42.31	42.24	46.4	42.7	43.7	42.79	44.24	44.0	43.6	42.9	37.01	44.0	46.4	43.6	43.5	43.2
Toplam	(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3.3.4.1 Traverten Grubu

Gümüş Traverten (RT10), ince taneli kalsit kristalleri yanında iri taneli kalsit kristalleri de bulunmaktadır. Bitki kalıntıları vardır ve bunların içleri kalsit ile dolmuştur. Ayrıca yapı içerisinde (0,03-0,1 mm) boyutlarında belli bir iç yapısı olan ve karbonat tanelerinden oluşan pelletler ve algler bulunmaktadır. Kayaç içindeki organik kısmın bozulmasıyla oluşan boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar kovuk porozite, kovuk yada boşluk porozite olarak tariflenir. Çıplak gözle ayırt edilebilen genellikle boşluk boyutu değişken olan ve kayacı oluşturan tanelerin şekil ve sınırlarına uygunluk göstermeyen boşluk alanları olarak tanımlanır. Bu boşlukların bir kısmı da spartit dolgu ile dolgulandığı gözlenmektedir (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18).

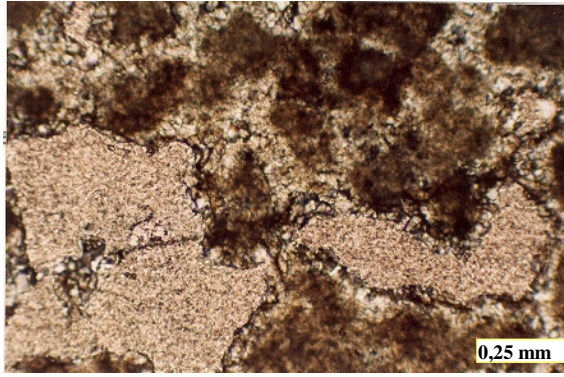


Şekil 3.17: Muhtemel İçi Kalsit Dolgulu Bitki Kesitleri (RT10), (X Nikol, X 5)



Şekil 3.18: Genel Tane Yapısı (RT10)

Denizli Traverten (RT13), sert mineraller yüksek relief oluşturmaktadır. Traverten boşlukları çevresinde kalsit oluşmuş durumdadır ve kalsitleşme daha fazladır. Çatlak boyunca hep ince taneli kalsit gelişmiştir. Kireç çamurundan sonra kalsitler gelişmeye başlıyor ve kireç çamuru azalıyor (Şekil 3.19). Yer yer bitki kalıntıları görülmektedir. Ortalama tane boyutu 30–100 mikron arasında değişen spari-kalsit ile az miktarda tane boyu 1–4 mikron arasında değişen mikritik kalsit minerallerinden oluşmuştur. Gözenekli bir yapısı vardır.



Şekil 3.19: Kireç Çamuru Çevresinde Oluşan Kalsit Yapısı (RT13), (X 10, Tek Nikol)

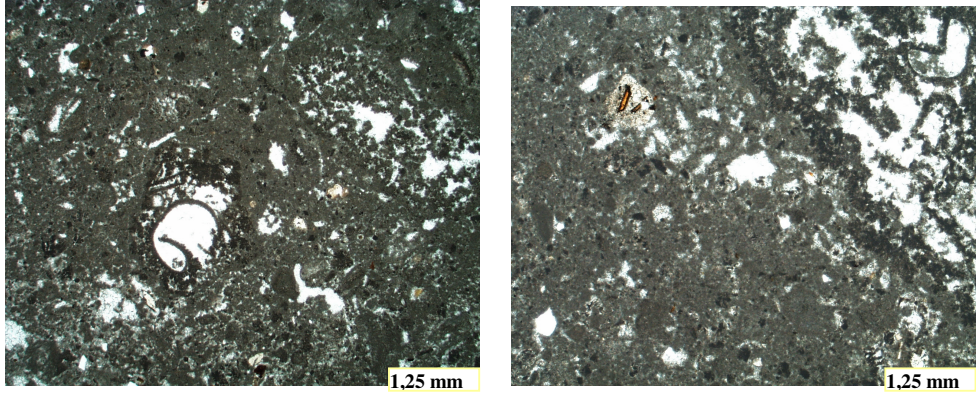
Afyon Traverten (RT11), kireç çamuru yoğun haldedir, kalsit kristali gelişmemiştir. Opak mineraller vardır. % 2,55 oranında silis tanesi içinde dağılmıştır. Çok az miktarda çatlaklar boyunca ince taneli kalsitler vardır. % 10-15 arasında boşluk bulunmaktadır. Opak olan mineraller yüzeyde kalmışlar, sertliğini etkilemektedir (Şekil 3.20).

İki tür karbonat gelişimi bulunmaktadır; birincisi taneden dışa doğru gelişmiş aragonit türü, ikincisi ise kalsitler. Bunlar daha ziyade, boşluk etrafında boşluktan dışarıya doğru oluşan kristallerdir. Boşluklardan sonra ışınal kalsitler ve daha sonra da ışınal olmayan kalsitlerin varlığı görülmektedir. Kalsitleşme daha da ilerledikçe silisleşme mevcuttur. Sarı ve kahve rengi kirlilikler, canlı (organik) yapılardan, yosun türü bitkilerden olabilir. Ayrıca yapı içerisinde (0,03-0,1 mm) boyutlarında pelletler, algler

ve gastropod kavkuları bulunmaktadır. İkincil porozite tipi olan kovuk yada boşluk porozite gözlenmektedir (Şekil 3.21).

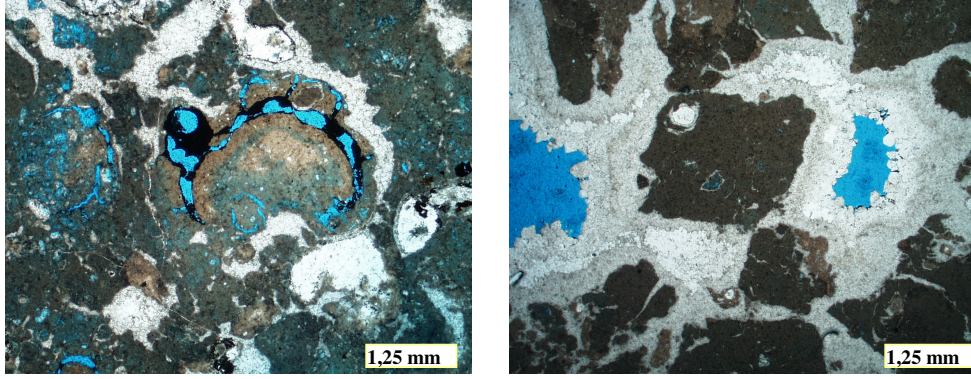


Şekil 3.20: Afyon Traverten (RT11) İçindeki Opak Mineralinin Görünümü



Şekil 3.21: Afyon Traverten (RT11) İnce Kesit Görünümü

Sincanlı traverteninde (RT12), Gümüş traverten de olduğu gibi organik kısmın bozulmasıyla oluşan boşluklar bulunmaktadır. Kayaç (RT12) çıplak gözle ayırt edilebilen genellikle boşluk boyutu değişken olan kovuk porozite bulunmaktadır. Bu boşlukların büyük bir kısmı da sparit dolgu ile dolgulu olduğunda diğer kısımda diyajenezden dolayı çözündüğü gözlenmektedir. Bundan dolayı yapı içinde çeşitli büyüklükte gözenekler bulunmaktadır. Bu gözenekler kayacın su emme karakteristiğini artırmaktadır (Şekil 3.22).

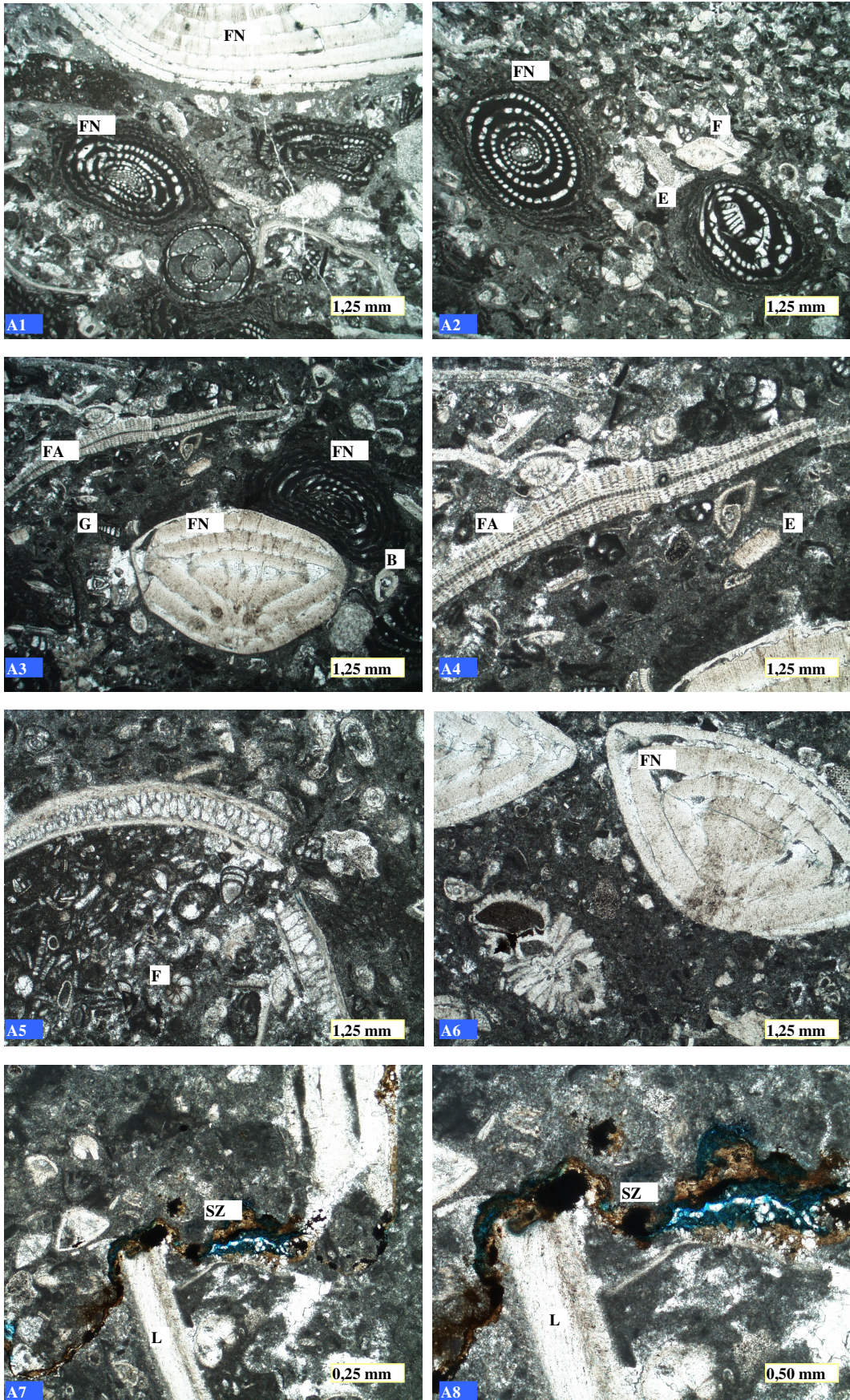


Şekil 3.22: Sincanlı Traverten (RT12) İnce Kesit Görünümü

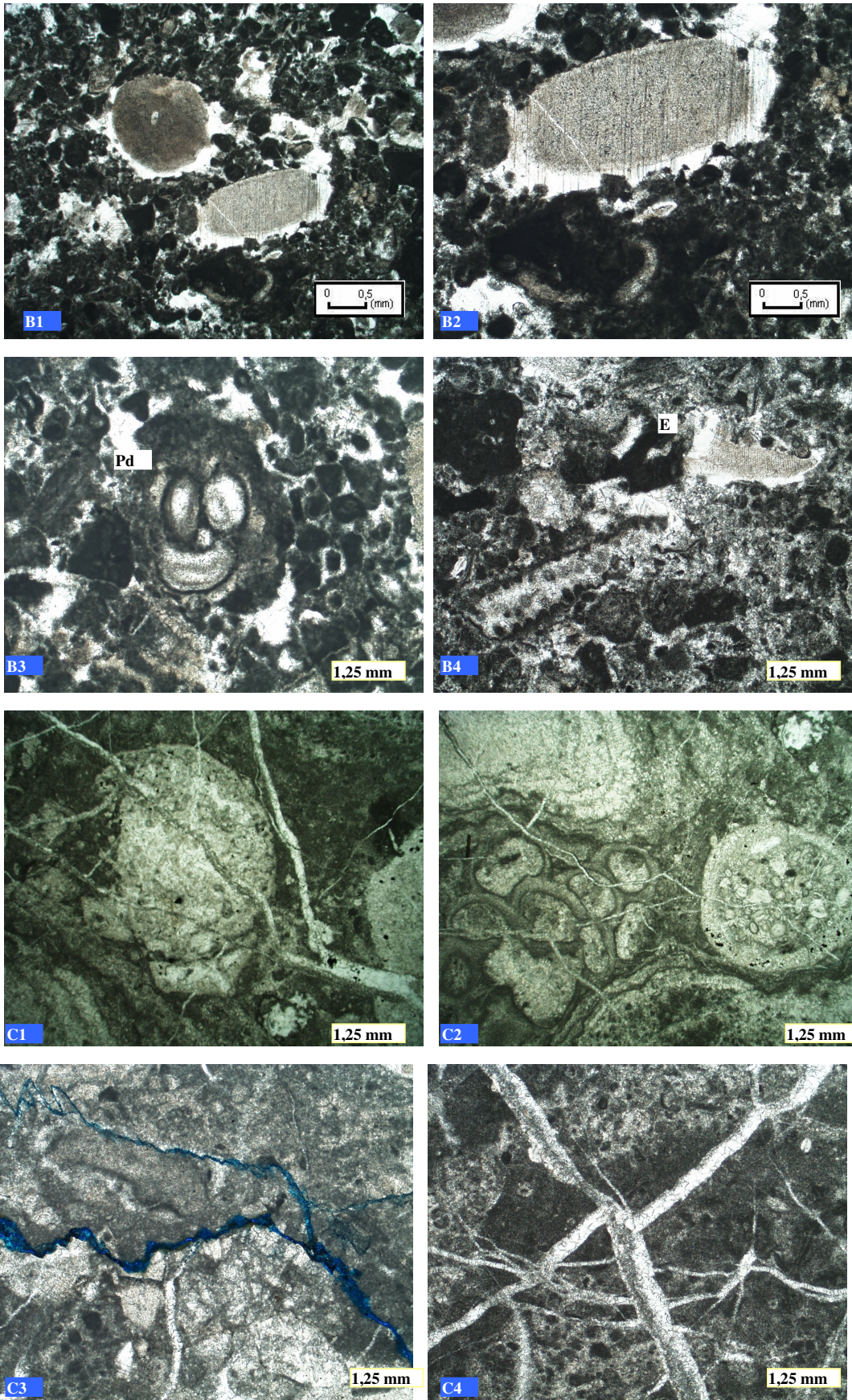
3.3.4.2 Kireçtaşı Grubu

Güreller bej (RT1) kireçtaşı, fasiyes olarak açık deniz ortam olan sığ deniz çökelpnenin olduğu derin deniz ortamlardır. Tane morfolojisine taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası hamur destekli ve tane destekli kontak tipleri gözlenmiştir. Güreller bej doğaltaşının doku ve fasiyes modelleri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Buna göre Alveoline-Nummulite Foraminifer Floudstone olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.23).

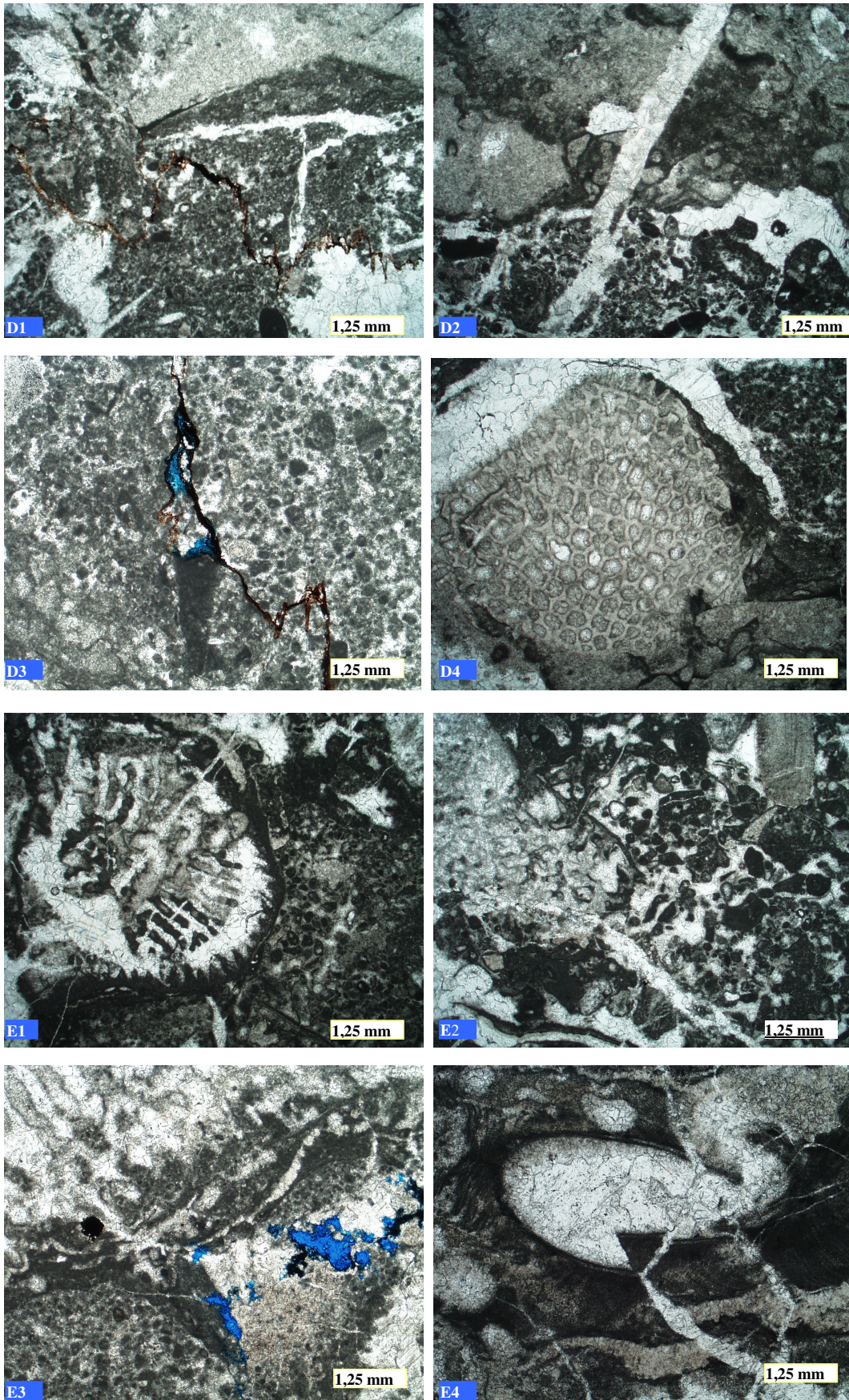
Crema Nouma (RT2), lagün ortamında çökelpmiş bir kireçtaşıdır. Çökelpme sırasında ortam sakinken çökelpme şartlarının değışmesi sonucu küçük akıntılar zemin üzerinde kanallar meydana gitirmiş ve daha sonra akıntıların meydana getirdiği intraklast, biyoklast gibi malzemeler bu kanalcıklar içerisine çökelperek mikrosparitik bir çimento ile bağlanmıştır (Şekil 3.24). Tane morfolojisine taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası hamur destekli ve tane destekli kontak tipleri gözlenmiştir. Crema Nouma doğaltaşının doku ve fasiyes modelleri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Buna göre İtraklast-ekinoderm-wackestone-packstone olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.23: Güreller Bej (RT1-A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8) İnce Kesit Görünümü



Şekil 3.24: Crema Nouma (B1-B2-B3-B4) ve Crema Temmer (B1-B2-B3-B4) İnce Kesit Görünümleri



Şekil 3.25: Rosalia Light (D1-D2-D3-D4) ve Rosalia Pink (E1-E2-E3-E4) Bej Mineralinin Görünümleri

Crema Tem (RT5), Organik resif ortamında çökelmiş bir kireçtaşıdır. Kayaç genelde mükemmel dilinimli kalsit kristallerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.24). Kayaçta yoğun bir şekilde gözlenen çatlak düzlemleri boyunca kristalleşme vardır. İri kalsit kristalleri de yer almaktadır. Çatlak boyunca kireç çamuru ve kalsit ile birlikte kil minerallerine de rastlanmıştır. Kavkı parçalarına yer almaktadır. Tane morfolojisine taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası Konkavo-Konveks ve hamur destekli kontak tipleri gözlenmiştir. Crema Temmer doğaltaşının doku ve fasiyes modelleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. Buna göre Boundstone olarak adlandırılmaktadır.

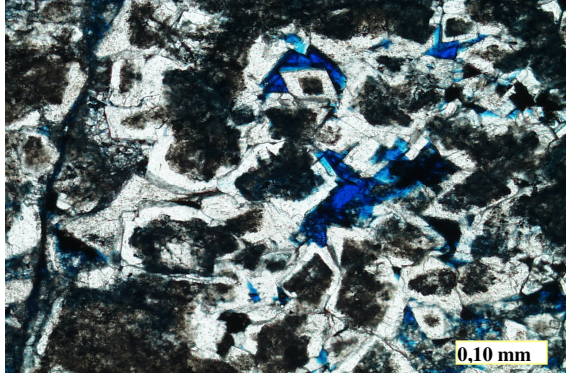
Rosalia Light (RT3), Organik resif ortamında çökelmiş bir kireçtaşıdır. Kayacın ana bileşeni 2-10µm boyutunda kriptokristalen kalsit mineralidir. Düzensiz şekilli erime boşlukları kayaçta yoğun bir şekilde gözlenmiştir. Ayrıca birbirini değişik doğrultular boyunca kesen çatlak düzlemleri de kayaçta az oranda izlenmiştir. Gerek erime boşlukları ve gerekse çatlak düzlemleri sekonder kalsit dolguludur (Şekil 3.25). Düzgün tane sınırlarına sahip sekonder kalsit kristalleri polisentetik ikizlenme göstermekte ve kristal boyutları 10-90µm arasında değişmektedir. Ayrıca kayacın bazı bölgelerinde demirli oksitler çatlak düzlemleri boyunca kayaca nüfuz etmiştir. Tane morfolojisine göre taneler arasında kötü boylanma gözlenmektedir. Taneler arası konkavo-konveks ve hamur destekli kontak tipleri gözlenmiştir. Rosalia Light bej doğaltaşının doku ve fasiyes modelleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. Buna göre Resifal-Kireçtaşı olarak adlandırılmaktadır.

Rosalia Pink (RT4), kalsit kristalleri kayacın ana bileşimini oluşturmaktadır. Çatlak düzlemleri boyunca taneler arasındaki boşluklarda kalsit oluşumu görülmektedir (Şekil 3.25). 15-60µm boyutundaki erime boşlukları kayaçta düzensiz bir şekilde dağılmıştır. Mükemmel dilinime sahip sekonder kalsit kristallerinin boyutu 5-50µm arasında değişmektedir. Ayrıca kayaçta yer yer mikrofosil parçalarına rastlanmıştır. Tane morfolojisine taneler arasında iyi boylanma gözlenmektedir. Taneler arası hamur destekli ve tane destekli kontak tipleri gözlenmiştir. Rosalia Pink doğaltaşının doku ve fasiyes modelleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. Buna göre Mercan Boundstone olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 3.6 Doğaltaşların Mineral Bileşimi ve Fasiyes Modellemeleri (Volk, Koch ect. 2001)

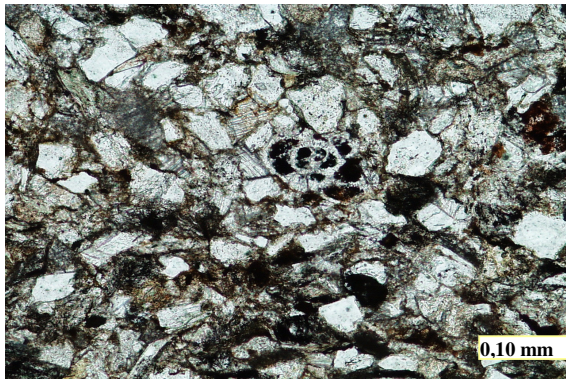
Stratigrafi	RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	
Alveoline-Nummulite Foraminifer Floadstone	■					FT-1
Intraklast Ekinoderm Wackestone-Packstone		■				FT-2
Resifal-Kireçtaşı			■			FT-3
Mercan-Boundstone				■	■	FT-4
<p>■ nadir</p> <p>■ yaygın</p> <p>■ sık</p> <p>■ çok sık</p> <p>W= Wackestone</p> <p>P= Packstone</p> <p>F= Floadstone</p> <p>B=Boundstone</p>	Açık Deniz Ortam					FT-1
	Lagün					FT-2
	Organik Resifal					FT-3/FT-4/FT-5
	Ooide					
	Peloide					
	Intraklast					
	Lithoklast					
	Pellets					
	Schwämme					
	Foraminifer (küçük)					
	Foraminifer (Nummulite)					
	Foraminifer (Alveoline)					
	Alg					
	Serpelin alg					
	Mercan 1. Tip					
	Mercan 2. Tip					
	Bryozoa					
	Mollusken					
	Ekinoderm					
	Gastropod					
Dasycladaceen						
Mikroben-Lagen						
Matrix						
Çimento dolgu						
Symtaxialen Amwach. Çimento						
Çatlaklar arası Kalsit Dolgu						

Emperor (RT9), orta büyüklükte kalsit kristallerinden oluşuyor. Kayaç dolomitleşmiş olabilir (Şekil 3.26). Romboedrik şekilli dolomit mineralleri ve zonlanma gözlenmiştir. Kayaç dokusu Ksenotopik mozaik dokudur. . Tane morfolojisine taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası çizgisel kontak tipleri gözlenmiştir. Kayaç adı dolomit olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.26: Dolomit (RT9) Kristallenme Görüntüsü

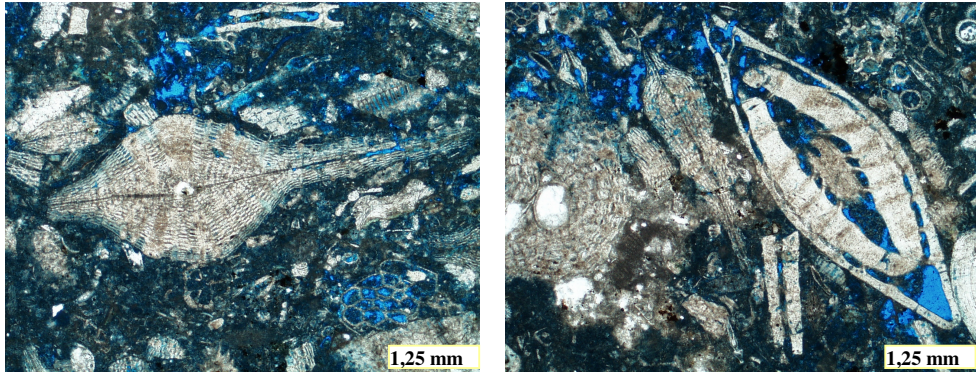
Dumluözcan (RT6) kireçtaşı stilolitler meydana gelmiştir. Bunlar basınç erimesinden dolayı oluşmuştur. Bu boşluklara kalsit dolgusu oluşmuştur. Kayaç içerisinde az oranda fosil yer almaktadır. Kayaç dolomit minerallerinden meydana gelmiştir. Kayaç gelişen ikincil çatlaklara kalsit mineralleri yerleşmiştir. Tane morfolojisine taneler arasında iyi boylanma gözlenmektedir. Taneler arası tane destekli tipleri gözlenmiştir. Buna göre kaya Çamur taşı olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 3.27).



Şekil 3.27: Dumluözcan (RT6) Kireçtaşı İnce Kesit Görünümü

Küfeki (RT7) doğaltaşı, fosilli kireçtaşı olarak tanımlanabilir. Kayaçta *Orbitoides* cinsi fosiller bulunmaktadır. Fosiller genellikle merceksi, bikonkav ve bikonveks kavkı şekillerine sahiptir. Fosillerin genişliği 10-70µm ve uzunluğu da 15-120µm arasında değişmektedir. Sekonder kalsit kristalleri kavkı boşlukları ve çatlaklar boyunca oluşmuştur.

Karbonatlı kayaçları oluşturan, özellikle aragonit bileşimli oolit ve mollusk kavkuları ile evaporit minerallerinin tatlı su diyajenezi ile çözündürülüp uzaklaştırılmaları ile oluşan kalıp porozite gözlenmektedir. Kayaçta sıkça gözlenen boşluklar 5-90µm eninde ve 10-100µm boyundadır. Kavkı boşlukları ve çatlaklar boyunca kayaca demirli eriyikler nüfus etmiştir. Söz konusu eriyikler kayaca sarımsı renk kazandırmıştır. Ayrıca kayaçta yersel olarak killeşmeler de gözlenmiştir. Fosil içeriği oldukça fazla olup, sık olarak foraminifer (Aveoline-Nummulite), algler, ekinoderm, yaygın olarak gastropod, bryozoa ve nadir olarak molluks kavkularına rastlanılmaktadır (Şekil 3.28). Küfeki doğaltaşı dokusu ve fasiyes modeline göre Intraklast-Ekinoderm- Foraminifer (Aveoline-Nummulite) Wackestone-Packstone olarak adlandırılmaktadır.

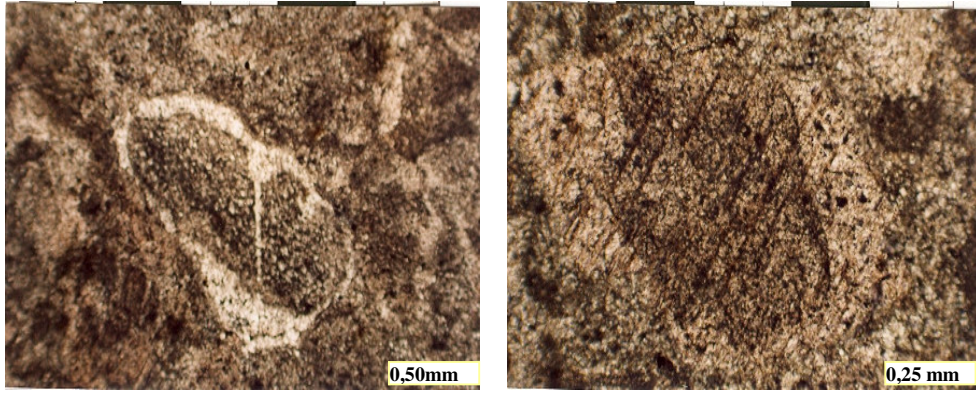


Şekil 3.28: Küfeki (RT7) Kireçtaşının İnce Kesit Görünüm

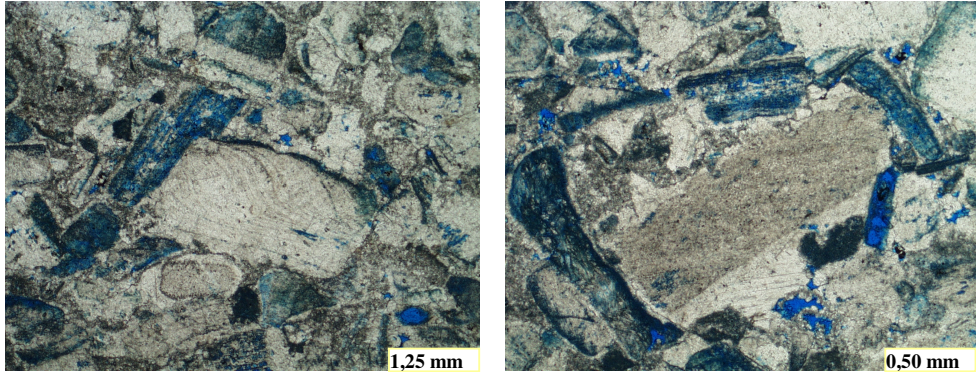
Limra (RT8), dairesel kesitler çevresinde kalsit gelişimi vardır (Şekil 3.29). İri kalsit kristallerine sahip ve dilinimleşme gözlenmektedir. Bitki kalıntıları ve boşluklar vardır (Şekil 3.30).

Finike Limra, mikritik dokulu kireçtaşı olup, odunsu bitkilerin bulunduğu bir ortamda oluşmuştur. Bataklık, sazlık kayacı olduğu tahmin edilmektedir.

İnce tane boyutlu bir kayaç olması ile birlikte, odunsu yapılar tane boyut dağılımını büyütmektedir. Yapı içinde çeşitli büyüklüklerde gözenekler mevcuttur. Bu gözenekler kayaçın su emme karakteristiğini artmaktadır. Ayrıca kayacın su emmesini yapı içindeki odunsu oluşumlar etkilemektedir. Ayrıca yapı içinde spartinin sintaksiyel (eş eksenli) büyümesi ile oluşan sık olarak ekinoderm, nadir de olsa mollusk, bryozoen ve algler bulunmaktadır. Limra doğaltaşı dokusu ve fasiyes modeline göre floundstone olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.29: Daire Kesit Çevresinde Kalsit Gelişimi ve İri Kalsit Kristalinin Görüntüsü (RT8), (X10, X Nikol)

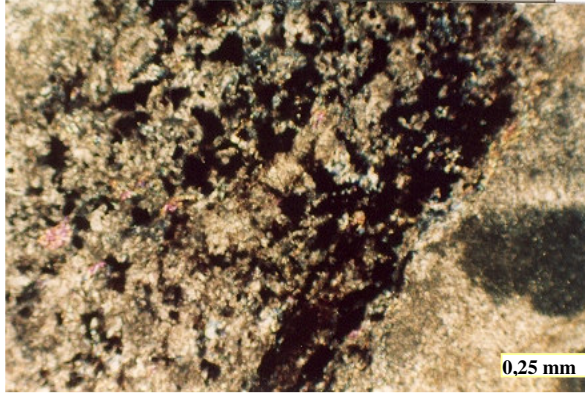


Şekil 3.30: Bitki Hücrelerinin Boyuna Kesiti (RT8), (X10, X Nikol)

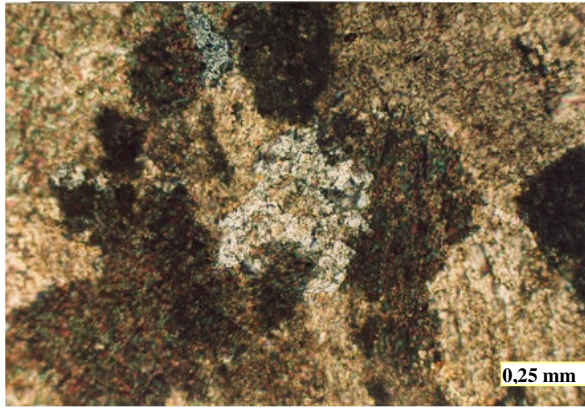
3.3.4.3 Mermer Grubu

Salome (RT14), kalsit kristalleri demir oksitle boyanmış şekildedir. İri kalsit taneleri ve ufak kalsit kristalleri vardır. Opak oranı fazladır (Şekil 3.31). Tane morfolojisine göre taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir.

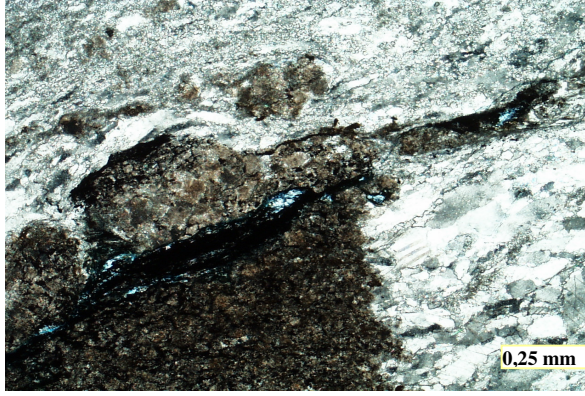
Taneler arasında hamur destekli kontak tipleri gözlenmektedir. Çok az miktarda silisleşme var, kristal sınırları net değildir (Şekil 3.32). Salome, yapraksı doku şeklindeki kalsit kristallerinden oluşmuştur. Kalsit kristalleri basınç altında kalmış bir görünüm sergilemektedir. Basınç altında kalan kristallerin yapraksı yapı, kristallerin yapı inceliklerini bir kat daha artırmıştır. Ayrıca opak mineraller yapı içinde bazı bölgelerde yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Kayaç içerisinde geç diyajenez evrelerde gömülme ve sıkışma olayları ile gelişen çatlak poroziteler gözlenmektedir. RT14 no'lu örnek mermer olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 3.33).



Şekil 3.31: Mermer İçindeki Opakların Görünümü (RT14), (X Nicol, X 10)



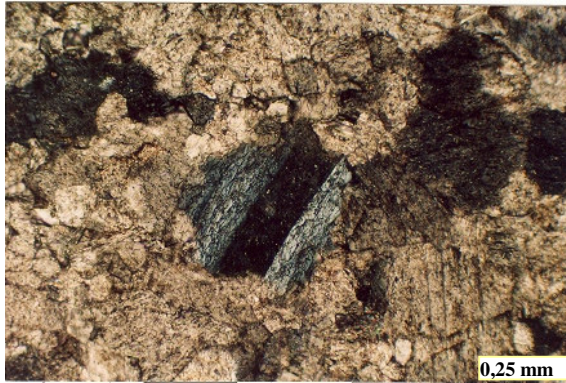
Şekil 3.32: Mermer İçindeki Kuvars Tanesi (RT14), (X Nicol, X 20)



Şekil 3.33: Salome (RT14) Mermerin İnce Kesit Görünümü

Afyon Şeker (RT15) mermeri, çok sayıda kalsit kristalinin yan yana gelmesi sonucu oluşmuştur Feldispat taneleri mevcuttur (Şekil 3.34). Polisentetik ikizli kalsitten oluşan mermer, hafif yanal basınçlara maruz kalmıştır. (Şekil 3.35).

Granoblastik dokulu mermer olarak tanımlanmaktadır. Kayaç bileşimi içinde ince kalsit kristalleri hakimdir. Kalsit kristallerinde ikizlenme, dilinimlenme yok denecek kadar azdır. Kayaca sarımtırak soluk şeker rengini veren, yapı içindeki aktinolitlerdir. Tane morfolojisine göre taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası kenetli ve çizgisel kontak tipleri gözlenmiştir. Bu kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.34: Feldispat Tanesi (RT15), (X 10, X Nikol)



Şekil 3.35: Polisentetik Kalsit Kristalleri (RT15), (X Nikol, X 10)

Afyon Grili Şeker (RT16) mermer, çok sayıda kalsit kristalinin yan yana gelmesiyle oluşmaktadır. Gri açık banlardan oluşan feldispat taneleri kenarları boyunca reaksiyona girmiş ve ayrılmıştır. Tane morfolojisine taneler arasında orta boylanma gözlenmektedir. Taneler arası kenetli ve çizgisel kontak tipleri gözlenmiştir. Bu kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 3.36)



Şekil 3.36: Plajiolklas Tanesinin Görüntüsü (RT16), (X Nikol, X 10)

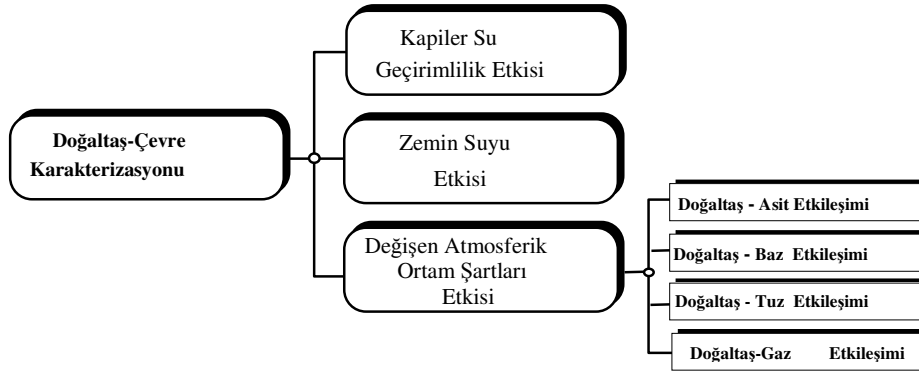
4. RESTORASYONDA KULLANILAN DOĞALTAŞLARIN ÇEVRE ETKİLEŞİMİ

4.1 Çevre Etkileşim Özellikleri

Restorasyonda, iç ve/veya dış cephe kaplama malzemesi veya döşeme malzemesi olarak kullanılan doğal taşların yağmur, kar, don, sıcaklık farkları, rüzgar v.b. gibi atmosferik etkenlerle, bazı kimyasal etkilere karşı gösterdikleri dayanıklılık, doğal olarak bu malzemenin kimyasal ve mineralojik çeşitleri ile yapılarına ve kullanılmış buldukları yere göre değişmektedir. Genelde kaplama ve döşeme malzemelerinde, malzemenin hacim, renk ve yapısal karakteristiğini bozacak başlıca etkenler şu şekilde gruplandırılabilir.

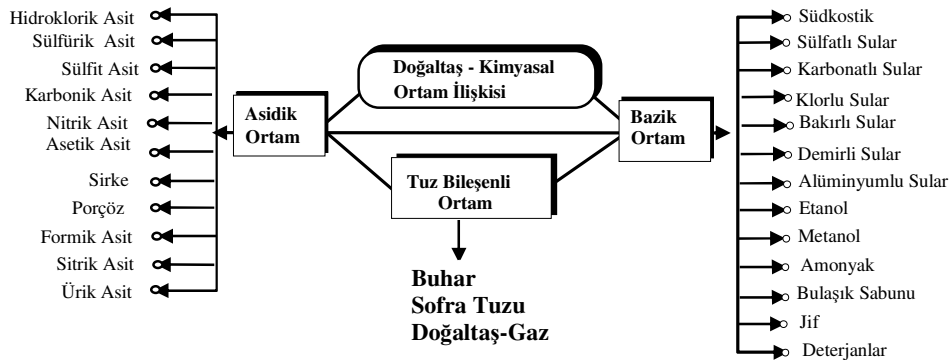
- Atmosfer etkileri,
- Kimyasal etkiler,
- Yangın etkisi,
- Organizmaların etkileri.

Malzeme karakteristiğini doğrudan etkileyen faktörlerin başlıcaları, mekanik deformasyonlar, aşınma, ısıl etkiler, yangın, su ve nem etkileri, güneş ve atmosferik etkiler, sıcak-soğuk ortam şartları ve kimyasal etkileri gibi durumlar sayılabilmektedir. Bu etkiler sonucu, ortaya çıkan bazı kimyasal değişimlerle, genellikle süreye bağlı olarak malzemenin içyapısında veya yüzeysel olarak eskime ve bozulmalar meydana gelebilmektedir. Ayrıca, bu etkileşimler sonucu, gerek doğal taşların mekanik karakteristiğinin zayıflaması ve gerekse fiziko-kimyasal karakteristiğinde önemli boyutlarda değişimler gözlenebilmektedir. Yangın etkisi hariç, bu tür etkiler uzun bir süreç sonunda gerçekleşebilmekte ve malzemede veya yapıda ani çökmelere ve bozunmalara yol açmamaktadır. Bu amaçla, değişen atmosferik ortam şartlarında doğal taşların fiziko-kimyasal etkileşimleri ve karakteristik değişimleri analizlerle irdelenmektedir. Bu etkileşim olgusunun çeşitlemesi Şekil 4.1' de şematik olarak gösterilmiştir.



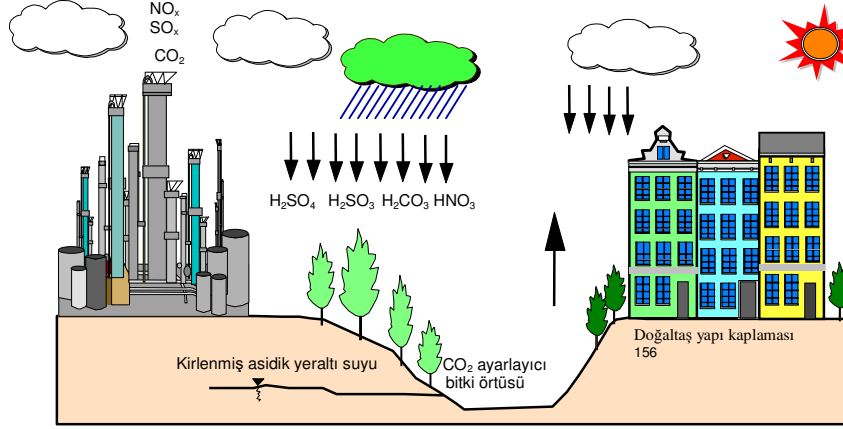
Şekil 4.1: Doğaltaş Çevre Karakterizasyon Etkileşimleri (Sariisik A.,1998).

Belirli standartlar ışığında, farklı amaçlarla kullanılacak doğal taşların, kullanım alanları ve uygunluk dereceleri belirlenebilmelidir. Bu standart çalışmalarına ışık tutmak amacıyla, doğal taş türlerinin farklı kimyasal çözelti etkileşimleri, yapılan analizlerle irdelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kimyasal çözeltiler Şekil 4.2’de verilmiştir



Şekil 4.2: Doğaltaş – Kimyasal Ortam İlişkisi (Sariisik A., 1998).

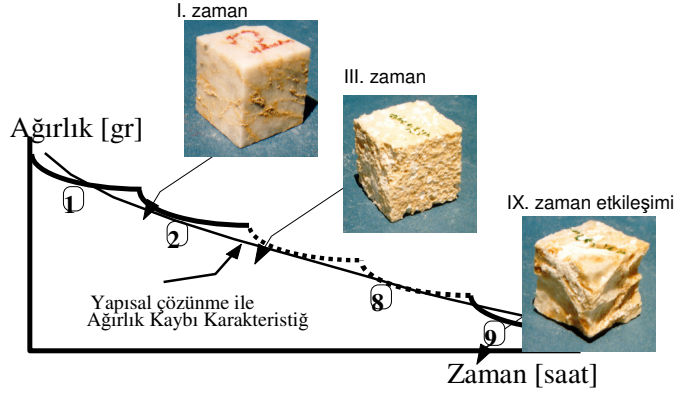
Yeryüzünde atmosfer koşullarına bağlı olarak sülfürik asit, hidroklorik asit gibi kuvvetli çözücü içeren ortamlarda yapı elemanı olarak kullanılacak doğal taşların yüzey özelliklerinin bozulmaması ve hatta parçalanmaması arzu edilmektedir. Genellikle ppm ve mg mertebelerinde yeraltı suyunda olduğu kadar termal kaplıcalarda rastlanan çözücü tuzların doğal taşlara uzun sürede etki edebildikleri gözlenmektedir(Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Kaplama Malzemesi Olarak Doğaltaş - Çevre İlişkisi (Sariisik A., 1998).

Özellikle sülfatlı, klorlü ve karbondioksitli suların doğal taş türlerine etki dereceleri belirlenerek sınıflandırılması gerekmektedir. Açık hava tesirlerinin kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşlar üzerine etkisi Şekil 4.1'de sembolize edilmiştir .

Yapılan çalışmalardan edinilen tecrübe ile doğal taş türleri üzerinde farklı kimyasal çözeltilerin etkisi ile ağırlık kaybının belirlenmesinde, belirli bir zaman süresinde, fiziksel olarak doğal taşın yüzeyi pürüzlenmekte ve kılcal çatlamlara maruz kalmaktadır. Özellikle kenar ve köşelerde daha fazla oranda bozunmaların olduğu gözlenmiştir. Bozunma derecesi ve ağırlık kaybı oranına, doğal taşın su emme oranı, gözeneklilik ve doluluk oranı gibi özelliklerin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Doğal taş yapısındaki karakteristik değişim, fonksiyonel olarak ayrı zaman dilimlerinde irdelenmiş ve sembolik karakteristik değişimi Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Asit Etkisinde Ağırlık Kaybı Karakteristik (Sariisik A., 1998).

Belirli bir zaman sürecinde kimyasal çözelti etkisinde doğal taşın birim ağırlığında kısmi bir azalma söz konusu olmaktadır. Bu kısmi azalma miktarı, her bir etkileşim adımında farklı olup, giderek etkileşim yüzdesinin artan bir karakteristik sergilediği gözlenmektedir. Bu etkileşim eşitlik 1 ile irdelenebilmektedir:

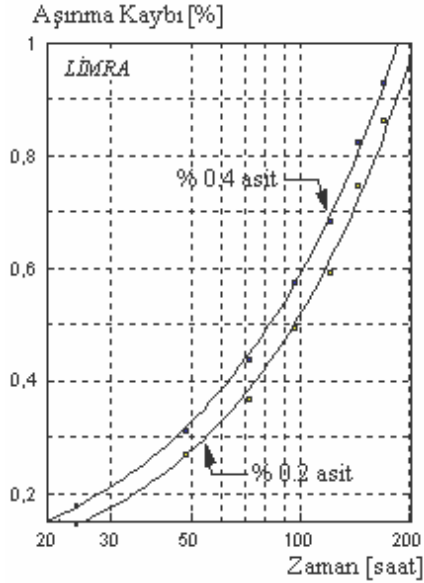
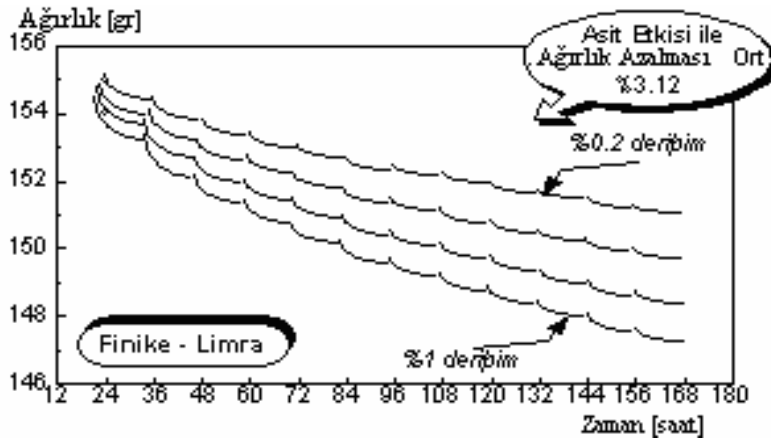
$$\Delta w = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left| \frac{\rho_{1i} - \rho_{2i}}{\rho_{2i}} \right| * 100}{n} \quad (4.1)$$

Burada;

- Δw = Ağırlık kaybı yüzdesi,
- ρ_{1i} = Malzemenin ilk ağırlığı, gr,
- ρ_{2i} = Malzemenin birim etkileşim sonrası ağırlığı, gr,
- n = Toplam etkileşim sayısı.

Kalsiyum karbonat esaslı doğal taş türlerini temsil amacıyla, *Finike Limra* doğal taş numuneleri üzerinde %1.0, %0.8, %0.6, %0.4, %0.2 derişimlerde ayrı ayrı hazırlanan hidroklorik asit çözeltilerinin yukarıda belirtilen analiz prensipleri T.S. 1910 standartları [9] ile uygulanarak doğal taşların karakteristik değişimleri irdelenmiştir. Analiz bulgularından, her bir doğal taş türünün yüzeyinde bozunma ve kimyasal yapılarında belirli oranlarda değişimler belirlenmiştir. Asit reaksiyonları sonucunda belirli bir zaman sürecinde, yüzey eskimesi her doğal taş da aynı olmayıp doğal taşın

fiziksel olarak porozitesinin önemli ölçüde rol oynadığı gözlenmiştir. Bu bakımdan, özellikle dış cephe kaplamalarında su emme oranı düşük, kırıksız ve çatlaksız, düşük poroziteli doğal taş türlerinin kullanımına özen gösterilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Kimyasal etkileşim testlerinin analiz bulguları Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5: Doğal Taşların HCL Asit Etkisinde Ağırlık Kaybı Değişimi (Sarişik A., 1998).

Bu doğal taş türlerine ait etkileşim, fonksiyonel olarak irdelenmiş ve genel karakteristik eğilim yüksek korelatif değerlere sahip logaritmik fonksiyonlar ile ifade edilmeye çalışılmıştır. Analiz bulgularından:

- Finike - Limra için;

$$\Delta w = 0.012 t^{0.851} \text{ (%0.4 HCl asit)}$$

$$\Delta w = 0.007 t^{0.907} \text{ (%0.2 HCl asit)}$$

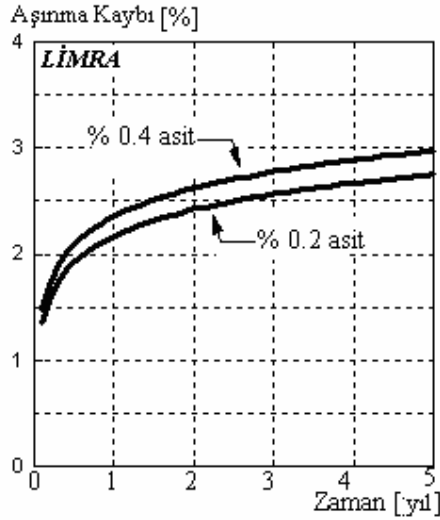
ilişkileri elde edilmiştir.

Burada

Δw . = Ağırlık kaybı yüzdesi,

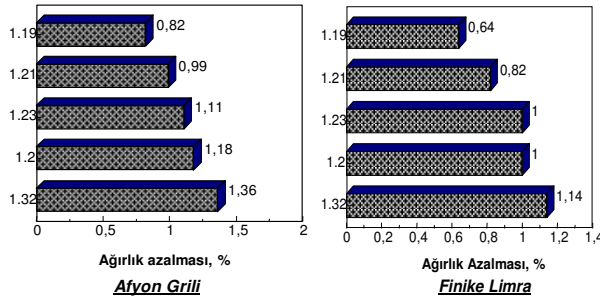
t = Kimyasal etkileşim süresi, saat.

Bu eşitlikler incelendiğinde; çözeltilerin derişimleri yüksek olduğunda, doğal taşların aşınma hızı artmakta ve doğal taş yüzeyinde kısa sürede parçalanmalar meydana gelmektedir. Aşınma derecesinin %1 'in altında olması, standartlara göre en uygun doğal taş türünü vermektedir. Ancak aşınma oranı %1-5 arasında olan doğal taşlarda, belirli ölçülerde kullanım sınırının içine girebilmektedir. %5 in üzerinde aşınma özelliğine sahip olan doğal taş türlerinin ise bu tip ortamlarda kullanılmaması arzu edilmektedir. Kimyasal çözeltiler ile etkileşim sonrası oluşan aşınma oranları, doğal taşların özellikle dış cephe kaplamasında kullanıldığı durumlarda bu tür aşınmalardan dolayı meydana gelebilecek eskime karakteristiği farklı istatistiksel yöntemlerle yıllar bazında analiz edilmiş ve bulgular Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 : Yıllar Bazında Doğal Taşın Eskime Karakteristiği (Sariisik A., 1998).

Doğal taşlardaki kimyasal çözeltiler ile etkileşim sonrası oluşan eskime karakteristiğini detay olarak incelemek amacıyla, porozite ve oluşum özellikleri göz önünde bulundurularak bir sınıflama yapılmıştır. Bu incelemeye göre, eskime karakteristiklikleri zaman sürecine bağımlı olarak farklı değişimler sergilemiştir. Dış cephe kaplamada farklı zonlarda kullanılacak olan doğal taş türlerinin, asit yağmurlarından etkileşimi kaçınılmaz olmaktadır. Bu makale de ayrıca, asit yağmurlarının doğal taş karakteristiği üzerindeki etkileşim derecesi detay ölçümlerle analiz edilmiştir. Bu analizlerde, ortamın pH eşel değeri hassas olarak tanımlanmış ve geliştirilen deney düzeneklerinde farklı özelliklerdeki doğal taş türlerinin, H₂SO₄ etkileşim testleri yapılmış ve pH değişiminde doğal taşın eskime yüzdesi belirlenmiştir. Doğal taşların özellikle dış cephe kaplamasında ve/veya iç cephe yapımında kullanıldığı durumlarda bu tür bozunmalardan dolayı meydana gelebilecek eskime karakteristiklikleri ve asit ortam etkileşimleri bazında Şekil 4.7’de verilmiştir.

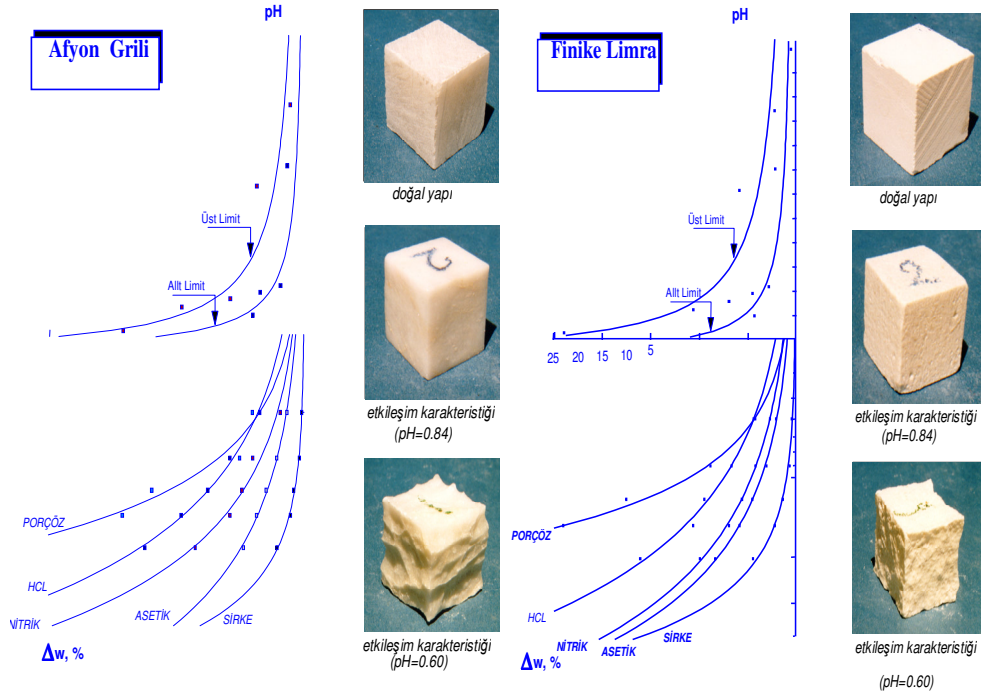


Şekil 4.7: Doğaltaşların Asit Yağmurlarına Karşı Fiziksel Dayanım Özelliği (Sariisik A., 1998).

Doğal taşların çevre etkileşim dinamiğini analiz etmek için öncelikle bir ön pilot çalışma yapılmış ve bu çalışmada, değişik maksimum derişimlerdeki hidroklorik, sülfürik, nitrik, asetik, sitrik ve formik asitler ile südkostik ve amonyak çözeltileri kullanılarak etkileşim ölçüleri, doğal taşların aşınma oranı ve ağırlık kaybı yüzdeleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca, makroskobik olarak renk değişimi ve yüzey görünümündeki değişiklikler fotoğraflama tekniği ile irdelenmiştir. Yapılan ön çalışmalardan edinilen bulgular ile,

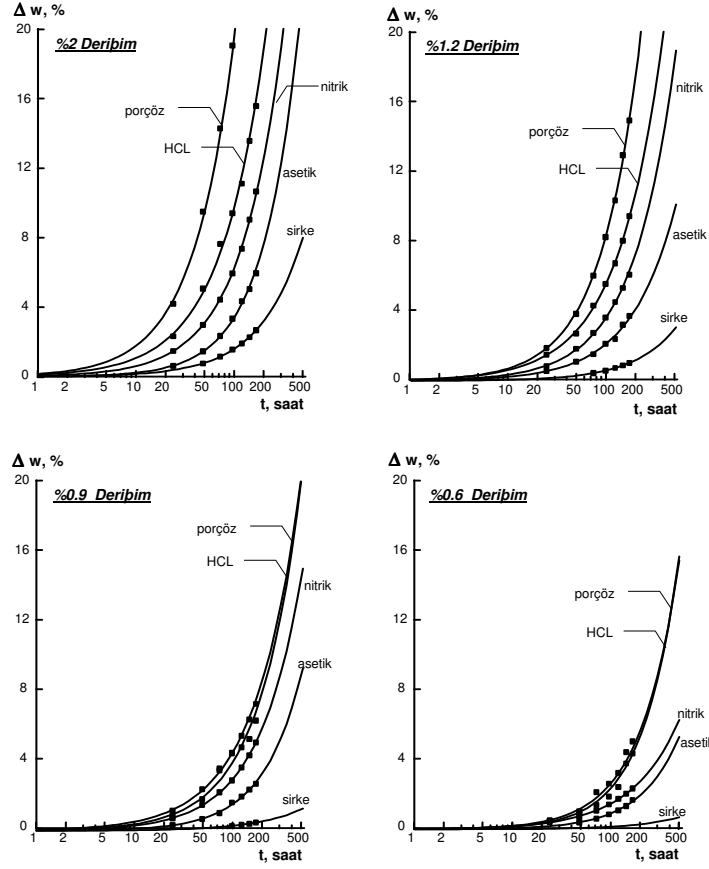
doğal taş türlerinde aşınma oranı yükseldikçe, doğal taşlardaki boyut değişiminin arttığı gözlenmiştir.

Esas olarak kimyasal çözeltilerin doğal taş numunelerine en çok etkideği noktalar Şekil 4.8'de sembolize edilmiştir.



Şekil 4.8: Doğaltaş - Asit Ortam Etkileşim Analiz Diyagramı (Sariisik 1998).

Doğal taşlardaki kimyasal çözeltiler ile etkileşim sonrası oluşan eskime karakteristiğini detay olarak incelemek amacıyla, doğal taşların porozite ve oluşum özellikleri göz önünde bulundurularak bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada Afyon Grili türü doğal taşları, örnek doğal taş türleri olarak ele alınmış ve farklı derişimlerde, hidroklorik asit, porçöz, nitrik asit, asetik asit ve sirke ile reaksiyon tepkimelerine maruz bırakılmışlardır.



Şekil 4.9: Afyon Grili Mermerine Ait Asidik Ortamlardaki Zamana Bağımlı Birim Ağırlık Değişim Karakteristiği (Sariisik 1998).

Afyon Grili kireçtaşının algoritmik etkileşim karakteristikliklerine ait matematiksel eşitlikler:

Etkileşim Ortamı	Regrasyonel Eşitlik
Porçöz kullanımı	$\Delta w = 0.04 \psi^{2.23} t^{(1.10 - 0.11 \ln \psi)}$
HCl	$\Delta w = 0.04 \psi^{1.93} t^{(1.05 - 0.18 \ln \psi)}$
Nitrik asit	$\Delta w = 0.03 \psi^{0.91} t^{(0.97 + 0.12 \ln \psi)}$
Asetik asit	$\Delta w = 0.003 e^{(1.54 \psi)} t^{(1.12 + 0.07 \ln \psi)}$
Sirke kullanımı	$\Delta w = (0.005 + 0.007 \ln \psi) t^{(0.94 + 0.09 \ln \psi)}$

* Δw : ağırlık azalması, %, t : etkileşim zamanı, saat, ψ : ortamın asitlik derişimi, %

Bu incelemeye göre, eskime karakteristiklikleri zaman sürecine bağımlı olarak farklı değişimler sergilemiştir. Doğal taşların özellikle dış cephe

kaplamasında ve/veya iç cephe kaplama yapımında kullanıldığı durumlarda bu tür bozunmalardan dolayı meydana gelebilecek eskime karakteristiklikleri ve asit ortam etkileşimleri bazında Şekil 5.9'de verilmiştir. Ayrıca, elde edilen bulgular, istatistiksel olarak irdelenmiş olup, ortamın asitlik derişim ve etkileşim zaman süreci bağımlı değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu değişken parametrelere bağımlı olarak, doğal taş türlerinin birim ağırlık değişimleri (azalmaları) algoritmik ifadelerle modellenmiştir.

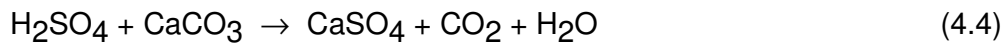
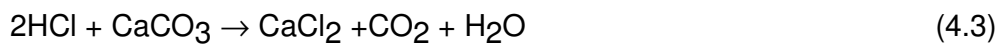
Doğal taşın eskime karakteristiğine etkiyen değişken faktörler olarak etkileşim süresi ve ortamın asitlik derişiminin yanısıra, doğal taşın çözülme olgusu çok uzun bir zaman sürecinde olması nedeniyle, porozitenin de etkisi, geliştirilen matematiksel modellemede, baz parametre olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, porozitenin yıllar bazında etkisinin yüksek olduğu belirlenmiş ve geliştirilen modellemelere bir örnek olarak Finike-Limra doğal taşına ait matematiksel eşitlik:

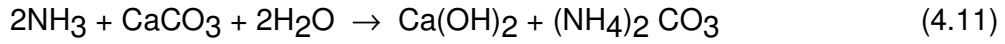
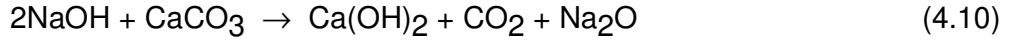
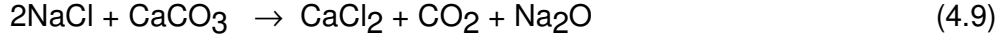
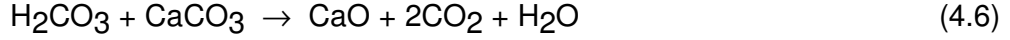
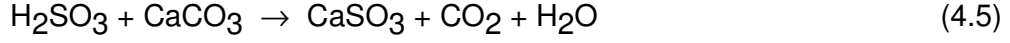
$$\Delta w = (167 - 1.2 \Phi) - 1.86 * 10^{0.045 \Phi} \log t \quad (4.2)$$

olarak elde edilmiştir. Burada

- Δw = Ağırlık kaybı yüzdesi,
- Φ = Numunenin porozitesi, %,
- t = Kimyasal etkileşim süresi, saat.

Diğer taraftan doğal taşın kimyasal çözelti etkileşimi, kimyasal reaksiyonlar bazında irdelenmiş ve mermerlerin kimyasal yapıları esas olarak kalsiyum karbonat kökenli olduğu için aşağıdaki kimyasal reaksiyonlar teşkil ederek, doğal taşların aşınmaya maruz kaldığı gözlenmiştir. Bu kimyasal etkileşim esnasında, doğal taşların bünyesinde bulunan silikatlar, inert davranış özelliği göstermektedir. Ancak doğal taşların bünyesindeki metal oksitler, renk değişimine neden olabilmektedir. Bu reaksiyonlar aşağıdaki eşitliklerde verildiği gibi gerçekleştiği gözlenmiştir:



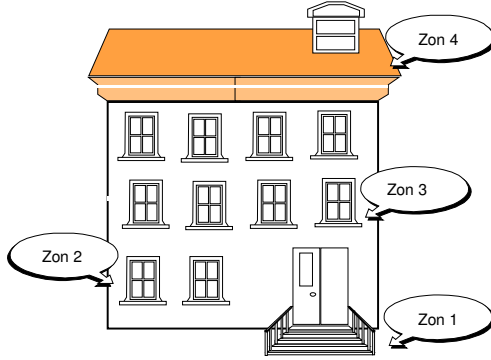


Bu eşitlikler incelendiğinde; kalsiyum karbonat esaslı doğal taşların, çeşitli kimyasal reaktiflerle etkileşim reaksiyonları sonucu elde edilen ürünlerin kalsiyum klorür, sülfat, sülfid veya oksitler olduğu gözlenmiştir. Çözeltilerin derişimleri yüksek olduğunda, doğal taşların aşınma hızı artmakta ve doğal taş yüzeyinde kısa sürede parçalanmalar meydana gelmektedir. Ayrıca, analiz bulgularından baz olarak etkileşim dinamiğini sembolize etmek amacıyla değişken parametreler tanımlanmış ve bu parametreler yardımıyla, doğal taşın kullanım yerine bağımlı bir sınıflandırma imkanı sağlanmıştır. Geliştirilen bu parametreler ve nümerik değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Burada ayrıca, kullanım yeri ile ilgili zon (Şekil 4.10) tanımlamaları da gruplandırılmıştır (Sarışık 1998).

Çizelge 4.1: Doğaltaş Kullanım Yerinin Asit Etkisine Göre Zon Optimizasyonu

Asit etkisinde aşınma ile ağırlık kaybı (%)	İç Cephe		Dış Cephe		Güzel Sanatlar Heykel
	Ilık Ortam	Soğuk Ortam	Ilık Ortam	Soğuk Ortam	
<0.5	1-4	1-4	1-4	1-4	6
0.5-3	2-4	2-4	2-4	2-4	6
3-7	3-4	3-4	-	-	-
7-12	4	4	-	-	-
>12	4	-	-	-	-

Bu teknik inceleme sonucu kalsiyum karbonat kökenli doğal taşı Afyon Grili özellikle dış mekânda, iç cephe kaplama, iç yer döşeme, iç mekânda sütun ve kolon, güzel sanatlar, kemer, çeşme yapımında kullanımı uygun iken, Finike Limra doğal taşında sadece iç cephe kaplama da kullanımı uygundur.



Şekil 4.10: Doğaltaşın Dış Cephede Kullanımı

4.1.1 Atmosfer Etkileri

Atmosfer ortamının yapı ve kaplama taşları üzerindeki etkileri genel olarak yağmur, kar ve don olaylarının oluşumu ve bu olgulara bağımlı olarak sıcaklık değişimi, nem-rutubet değişimi, rüzgar etkisi ve güneşin ultraviyole ışınlarının etkileri gibi etkenler sayılabilmektedir. Ancak, bu etkileri, kaplama taşlarına olan olumsuz etkilerinin göz önünde bulundurularak, etkileşim yoğunluğuna göre irdelemekte yarar vardır. Atmosferin yapı malzemelerine zarar veren en önemli etkisi, donma etkisidir. Sıcaklık azalıp 0°C in altına düştüğünde malzeme boşlukları içersine emilmiş bulunan su, donarak buz haline geçer. Bu geçişte bir hacim artması olmaktadır. Eğer malzeme boşluklarının doyma derecesi %80 nin üstünde, çapları küçük (5 mikronun altında), ve boyları uzun (2 cm`in üstünde) ise; o zaman malzeme içinde buz basınçları ve hidrostatik basınç doğarak, çatlama, parçalanma, ve dökülmelere yol açar. Eğer bu olay sık sık tekrarlanırsa, malzeme tamamiyle kullanılamayacak bir duruma gelebilmektedir. Atmosfer etkilerinin ikincisi periyodik sıcaklık ve rutubet

değişmeleridir. Bunlara bağlı olarak doğan periyodik genişleme ve büzülme olayları serbestçe şekil değiştirmesi önlenmiş malzemelerde periyodik gerilme değişmelerine yol açmakta ve kırılma etkisi meydana getirerek çok uzun bir süre sonunda malzeme bozunmaya uğramaktadır. (Kocataşkın 1976).

4.1.1.1 Don Etkileri

Yaz - kış, gündüz - gece, yağmur - güneş farkları nedeni ile atmosferde meydana gelen periyodik sıcaklık ve rutubet değişiklikleri malzemede periyodik genişleme ve büzülme meydana getirir ve bir yorulma etkisi yaparak malzemeyi çok uzun bir süre sonunda zarara uğrattırır. Doğadaki kayaların parçalanmasına yol açan etkenlerden biri olan bu olayların yapıda kullanılan malzemeye nisbeten kısa süredeki etkileri henüz etraflı bir şekilde araştırılmamıştır. Atmosferin kısa sürede zarar veren en önemli etkisi boşluklu malzemedeki donma - çözülme etkisidir (Eriç 1994).

Isı ve nem etkileri hiç bir yerde don zararlarında olduğu kadar içiçe girmemiştir. Masif ve kuru (kırılabilir) malzemeler için sıcaklık düşmeleri, sıfır noktasına ulaşmasa bile tehlikeli olmaktadır. Sıfır noktasını aşan sıcaklık değişiklikleri nem etkileriyle birleşirse, belirli şartlar altında donma sonucu çatlama ve büyük hasarlar görülebilir. Bunun için gerekli ilk şart, kapalı gözenek veya boşlukların mevcut olmasıdır. Açık gözenekli malzemelerde gözenekleri bir buz tabakası kapalı hale getirebilir. Kapalı gözeneklerin öncelikle %90'ının su ile dolu olması gereklidir. 4°C altındaki sıcaklıklarda su molekülleri birbirlerini iterler. 0°C de buzlaşmanın neden olduğu hacim artışı %9 olarak kabul edilmektedir. Gözeneklerin %90, su ile dolu olmadığı durumda, bu genişleme için yer vardır ve donan su gözenek yüzeylerine basınç uygulamaz. Gözenek tamamen su ile dolu olması durumunda, suyun hacim artışı için yer olmayacaktır. Böylece su, buz haline geçemeyecek ve gözenek yüzeylerine önemli bir basınç etkileyecektir. Pratikte bu basınç hemen hemen hiç oluşmaz. Çünkü her

malzeme bu basınca biraz esneklik gösterir, böylece gerilim çözülür, su donar. Bu arada malzemenin çekirdek yapısı bozulur. Pratikte, donmanın etkinliği ya da süresinden çok sıfır noktasının geçilmesi yani yoğunlaşma ve donma değişimi önemlidir. Doğal taşlardan cephe kaplaması olarak kullanılan doğal taş plakaların dağılması, bu yoğunlaşma donma değişiminin sıklığına bağlıdır. Açık kapiler ve gözeneklerde, donma nedeniyle çatlama olmaz. Ancak gözenek ve boşluklar tuz kristalleşmesiyle kapatılabileceğinden kapiler ve gözenekli malzemelerde de donma ve çatlama tehlikesi bulunmaktadır.

Kötü hava şartlarına maruz kalan eski tip yapıların elemanlarında ve yüzeylerinde görülen bozulmalara çürüme, dağılma denilmektedir. Bu olgu, fiziksel ve kimyasal bozulmalar olarak ayırım yapılmalıdır. Fiziksel bozulma, söz konusu yapı elemanının derinliklerine doğru pek az yayılır. Nedenleri, sıcaklık değişimleri (sıcaklıktan dağılma), donma çatlama ve nem etkileriyle bağıntılı olarak çiçeklenmelerdir. Çiçeklenmeler, gözenekli doğal taşlarda önem kazanmaktadır. Çeşitli tuzların yapı elemanı yüzeylerinde kristalleşmeleri ve bunu takip eden nemlenme ve kuruma olayları sonucu ortaya çıkmaktadır. Tuzun hacim artışı; cinsine göre 10-100 kg/cm² ye kadar varan basınç etkilerine neden olabilir. Yağmur ve rüzgarın eleman üzerinden malzeme taşınması olayı da erozyon olarak tanımlanan bir bozulma şekli olmaktadır. Fiziksel bozulma, nem sayesinde aktifleşen kimyasal bozulma ile birlikte etkilemektedir. Kimyasal bozulma, malzemenin çok daha derinlerine işler, hasar gücü yüksek ve çevre şartlarına bağımlıdır. Endüstri bölgelerinde ve büyük kentlerde oluşan asit yağmurlarının özellikle yumuşak, gözenekli doğal taşlarda kimyasal bozulma etkileri belirgin olmaktadır (Eriç 1994).

4.1.1.2 Sıcaklık Değişiminin Etkileri

Kaplama ve döşeme malzemesi olarak kullanılan, doğal taşların çoğu, levha yapısındadır. Bu levhalar kendilerine verilen şekli koruyamazlar, sürekli değişirler. Burada boyutlar arasındaki orantı bozulmazsa izotrop

(yöne bağımsız) bir hacim değişikliği söz konusudur. Doğal yapı taşındaki kristaller ısıtılınca, anizotrop bir form değişikliği (hacim artışı) gösterirler. Yani, bir yöne doğru daha fazla genişlerler. Isı da, nem de, bir form değişikliğine neden olabilmektedir. Her sert madde ve her gaz, sıcaklık artışına bağımlı olan ısı absorpsiyonu ile (ısı emişi) hacim artışı göstermekte ve bunun tersi de söz konusu olmaktadır. Ama, nem absorbe eden her maddenin de hacmi artmaktadır.

Malzemede ortam şartlarında oluşan sıcaklığa bağlı deformasyonlar;

- *Expansiyon* genişleme
- *Kontraksiyon* büzülme, çekme

olarak sınıflandırılabilen olup, neme bağlı deformasyonlar ise;

- *Expansiyon* taşma, kabarma
- *Kontraksiyon* Büzülme, çekme

olarak gruplandırılabilir (Özer, 1982-b).

Doğal taşların ısınma sonrası karakteristik davranışlarının ne ölçülerde değişim gösterdiği üzerine yapılan incelemeler sonucu, farklı sıcaklık bölgelerinin etkileşim dinamiğinin olduğu gözlenmiştir (Artel v.d., 1969). Bu sıcaklık bölgeleri:

- -20°C, +80°C arası sıcaklık değişimi. Bu aralık güneş ışınları ve doğal olaylara bağlı bölgesel sıcaklık etkenleri sonucu oluşan ısınma şeklidir.

- +80°C, +573°C arası sıcaklık değişimi.
- +573°C nin üzerindeki ısı artışı durumları.

-20°C ve +80°C arasındaki bölgede, dış mekanların yer ve cephe kaplama plakalarının montajında dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü, sıcaklık karşısındaki genişleme ve soğuk karşısında büzülme meydana gelmektedir. İç mekanlarda ise, malzemenin pencerelerde, yer ısıtma sistemi üzerinde veya ısı kaynağına yakın olması gibi durumlarda genişleme ve büzülme göz önünde tutulmalıdır. Genelde plakaların ısı genleşmesi:

$$\Delta t = 0.00001 \text{ mm/mmK}$$

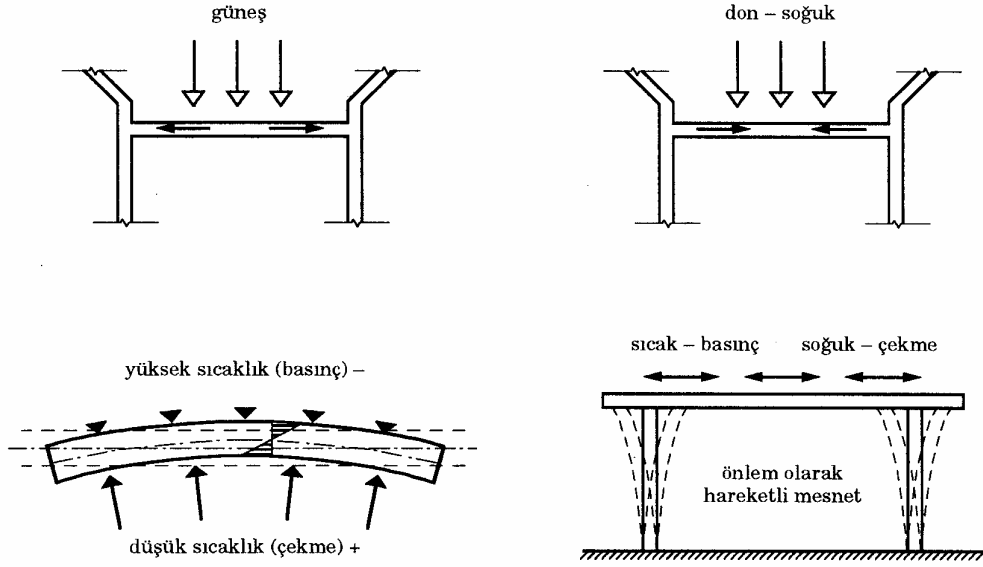
$$\Delta t = 10 \times 10^{-6} \text{ mm/mmK}$$

olarak tanımlanmıştır. Bu parametrik değer, doğal taş plakaların 20°C den 80°C ve hatta 100°C civarlarına kadar ısınmış olmaları durumunda, malzemede yaklaşık 1mm/m lik bir genişleme olacağını sembolize etmektedir. Bu da, dış cephe ve yer döşemelerinde ihmal edilmemesi gereken bir unsurdur.

Nem alma özelliği olmayan malzemelerde sadece sıcaklığa bağlı form değişiklikleri görülmektedir. Nem alma özelliği olan malzemeler de ise, kabarma ve büzülme olayları görülmektedir. Dış duvar elemanları, kış sonlarında hala soğuktur. Hacimleri azdır ve büzülme değerleri fazladır. Ama aynı anda da bu zamanlarda özellikle nemli olduklarından yapı elemanının büzülme oranını zorlarlar. Yazın veya yaz sonunda da bunun tersi olmaktadır. Temmuz ve Ağustos ayları en fazla güneş ısı yansıyan aylardır. Dış duvar elemanları bu aylarda azami genişleme ölçülerine ulaşırlar. Aynı zamanda nem değerleri de asgariye düşmüştür. Büzülme değerleri genişler ve değerlerini zorlarlar. Genişleme değeri de malzemenin yapısına göre azalır. Sıcaklık veya nem etkilerine daha fazla reaksiyon göstermek malzemenin özelliklerine bağlıdır. Yapılarda bu tip olaylara güneşin şiddetli etkisine maruz kalan ve gece ile gündüz arasında büyük sıcaklık farkları olan iklimlerde ve özellikle daha iyi ısınan koyu renkli taşlarda rastlanır. Bu suretle yüzeyce etkilenen taşlar, atmosferik etkenlerin etkisi de eklenince çabuk harab olurlar. Yüksek sıcaklıkların, kimyasal etkenlerin etkisini daha da fazlaştığı bilinen bir gerçektir.

Yapılar devamlı şekilde sıcaklık değişimi ile karşılaştıklarından özellikle dış cephe ve iç yüzeyde ısıl genişlemenin oluşumu kaçınılmaz olmaktadır. Isıl genişleme; malzemede meydana gelen iç gerilmeler, sıcaklık değişim hızı ve malzemelerin ısı iletkenlik değeri ile ilgilidir. Hızlı ve büyük sıcaklık değişimleri (yazın bir günlük değişim) küçük ve yavaş

sıcaklık değişmelerinden (bütün bir yıl boyunca meydana gelen değişmeler) daha zararlıdır (Şekil 4.11) (Eriç, 1994).



Şekil 4.11: Yapılarda Isıya Bağlı Deformasyonlar

4.1.1.3 Su ve Nem Etkileri

Pratikte de çoğunlukla rastlandığı gibi, nem ve ısı etkilerinin ikisi birden görülürse yapı malzemesi, daha fazla bir etkiye uğrar ve daha çabuk yıpranıp bozulmaktadır. Bu nedenle nem ve ısı kavramları, birbirinden ayrı incelenemez. Soğuk hava (tümüyle neme doymuş olabilir) ısıtılırsa içindeki nem miktarı azalır; böylece yapıda bir kuruma olayı başlar. Sıcak hava soğursa yoğuşma suyu oluşması tehlikesi kendini gösterir ve havanın donma noktası aşılsa durum daha da ciddileşir.

Nem, sürekli değişen şekillerde yapı elemanlarına etkir. Nem ayrıca su buharı şeklinde yapı elemanlarına ve malzeme tabakalarına sızar ve eğer şartlar uygunsuzsa öbür taraftan tekrar dışarı çıkar. Bilindiği gibi nem, sıcaklık düşüşlerinden sonra oluşmaktadır. Isı akımının yönü hep soğuk olan tarafa, yazın dışarıdan içeriye (dış duvarlar kanalıyla) doğrudur. Su buharı,

buhar basıncının düşmesinden sonra oluşmakta, yönü de sınır durumlarda ısı akımının ters yönünde olabilmektedir. Örneğin zemin katlardaki döşemelerde olduğu gibi, ısı gibi su buharı da kışın sıcak oda havasından, yapı elemanının içinden, daha soğuk olan dış havaya sızar yazın ise bu durumun tersi söz konusudur. Sadece su buharı difüzyonu yoluyla gerçekleşen bir nemlenme veya nemden kurtulma olayı, çok zaman almakta ve sadece çok az nem miktarları taşınmaktadır. Nem akıcı halde (su halinde) taşınırsa kısa zamanda su buharıyla taşımının kat kat fazlası bir nem transferi elde edilir. Birçok yapı malzemesinde nem emme ve nem verme yeteneği farklı ölçülerdedir. Gözenekli malzemeler, gelen su ile çabucak ve tümüyle nemlenir. Bu tür malzemeler, suyu ancak su buharı şeklinde dışa verebilirler. Bunun için de ısı verilmesi (buharlaştırma ısı) gereklidir. Isı, suyu buhar haline geçirir ve bundan başka, içten dışa doğru sadece buhar difüzyonuna yönelik bir basınç düşmesi sağlar ve bu da yıllar sürebilir. Malzeme içindeki nem, şu hallerde hareket etmektedir (Eriç 1994).

Akıcı formda malzemenin gözenekleri yardımıyla (su iletme veya kapılar iletme özelliği). Bu arada iletilen nem miktarının değeri, sıcaklık gradyanına, malzemenin su iletme özelliğine ve malzemedeki nem miktarına bağlıdır. Veya buhar halinde ise daha az miktarda nem iletilir. İletim, sıcaklığa bağlı olan buhar basıncı gradyanına ve malzemenin ve yüzeyinin buhar geçirgenliğine bağlıdır. Sıvı ve buhar halindeki nem iletimi, aynı veya aksi yönlerde olabilirler. Nem, yol boyunca madde halini değiştirebilir (değişken nem geçişi). Bu şekilde sıcaklık alanı bozulur ve ısı akımı etkilenir; çünkü nemin sıvı halden buhar haline geçtiği yerde malzemedeki ısı çekilmektedir. Su buharı akım yoğunluğu gibi, ısı akım yoğunluğunun da değeri sık sık değişir. Sıcaklık düşüşü, sürekli farklı değerler gösterir ve buhar basıncı düşüşünü etkiler. Isınma periyotlarını genelde soğuma periyotları izler. Aynı şekilde nem verme ve nem alma periyotları birbirini takip eder. Gözenekli malzemeler sıcaklık ve neme bağımlı olarak havadan su alırlar (higroskopik nem) yağmur veya kullanma

suyu altında kalınca ve yapı nemi etkisi ile daha yüksek bir nem miktarına ulaşılır. Bu olayların toplamı yapı elemanının yapısı ve tabaka sıralamasıyla birlikte elemanın "öz nem"ini belirler. Genel olarak bu değerin mümkün olduğunca düşük olması iyidir: Bu da, yapı elemanındaki nemin ya su halinde kapılar etkiler sayesinde belli bir nem düşüklüğüne uyarak buharlaşmak üzere dış yüzeye iletilmesiyle veya su buharı halinde basınç düşüklüğüne uyarak daha kuru bir yerde sızmasıyla sağlanır. Belirtildiği gibi nem taşınması, sıvı halde buhar halindeki çok daha etkindir. Yapı elemanı yüzeylerinde su buharlaşırsa, malzemede bir nem azalması görülür ve yeniden su emilir. Bunun için şart, kuru bir havadır. Nem miktarının azaldığı ölçüde nem düşüşü sona erer, kapılar su emme azalır ve sonunda durmaktadır (Özer 1982-a).

Duvarlarda nem etkileri çok yönlüdür. Öncelikle zemin duvarlarının ısı yalıtım verimi düşer, bunun sonucu da yoğuşma suyu oluşabilir. Nem sadece fiziksel değil kimyasal hasarlar da oluşturur. Bağlayıcı malzemelerin çözülüp, ayrılmasından başka, tuzların hacim artışının neden olduğu çatlama ve kabarmalar görülür. Özellikle donma sonucu hasar gören nemlenmiş duvarlar önem taşır. Yüzeyde başlayan yapısal bozuklukları içerilere doğru ilerler. Sonunda yapı elemanlarının değeri ve etkinliği azalır, yok olur.

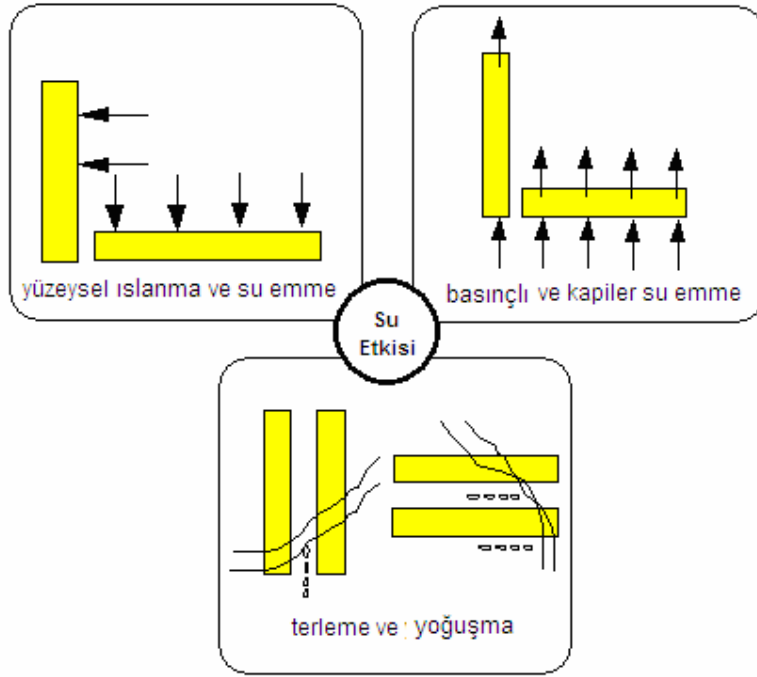
Su emilmesi, alt yüzeyin kapiler güçleri, yer çekimi kuvveti, rüzgâr basıncı, yağmur damlalarının kinetik enerjisi ve hava akımı sayesinde gerçekleşir. 0.01 ile 0.5 mm arasındaki çatlaklar kapiler etki ederler. 0.1 ve 0.2 mm arasındaki çatlaklarda kapiler güçlerin su emilmesine katkısı hemen hemen rüzgârınki kadardır. Çatlak daha da genişlerse rüzgâr basıncının etkisi ağır basar. Daha geniş çatlaklarda rüzgâr, suyu 4 mm genişliğe kadar içeri bastırır. Yağmur gören cephe üzerinde, aşağıya doğru akmak isteyen bir su filmi oluşur. Pürüzsüz cephelerde ve rüzgarsız havalarda bu durum gerçekleşir. Bu verilen açıklamaların ışığında, genelde yapılarda su etkisi üç farklı şekilde sınıflandırılabilir (Eriç 1994).

1. Yüzeysel ıslanma ve su emme olaylarının etkili olduğu haller (düz veya meyilli çatılar, ıslak hacim döşemeleri, banyo, mutfak, teras, balkonlar, genleşme için bırakılan derzler ve doğrama). Bu olguda, yapının rüzgar yönleri tesbit edilmelidir. Bir yapının, rüzgar tarafından sık sık normalin üzerinde yağmur parçacıkları taşınan cepheleri rüzgâr yönleri olarak tanımlanır. Rüzgâr yönlerinin saptanmasında önemli etken, etkili rüzgârın yönüdür. Sağanak yağmur, yapının dış yüzeylerini birinci derecede etkileyen bir yağış şekli olmaktadır. Rüzgar olmadan yağmur yağdığı düşünülürse su, sadece çatıları ilgilendiren bir sorun olacaktır. Ancak rüzgar olgusu kaçınılmaz olduğu için, yapı cephelerine de su düşmesi yoğun olarak görülmektedir.

Binaların cephe elemanları genellikle hiç dikkate alınmadığı halde, yönlere göre konumları uyarınca bu etkenlerde farklı şekilde etkinlenirler. Yönlere göre konum uyarınca bulunan bölgenin sadece sıcaklık etkileri değil, rüzgar, yağmur, sağanak, soğuk ve kar etkileri de farklıdır. Bu nedenle sık sık sağanak etkisinde kalan cephelerin, hiç bir zaman rüzgârla kamçılanan yağmur görmeyen cephelerle aynı şekilde donatılması doğru değildir. Yaz mevsimindeki güneş ışıması, duvar elemanlarının şekil değiştirme eğilimi için kış soğğundan daha önemlidir.

2. Basınçlı su ve kapilarite olaylarının etkili olduğu haller (zemin suyu ve yeraltı sularının etkilediği yapı temelleri, bodrum duvar ve döşemeleri, su depolan, barajlar).

3. Yapı elemanını çevreleyen havanın nemi ve hidrotermik olayların etkili olduğu haller (duvar ve teraslarda görülen terleme ve buhar geçirimsizlik ile yapım sonrası malzeme kurumaları) (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Yapıda Suyun Etkili Olduğu Durumlar

Bu olaylar yapıda duvar ve teraslarda görülen *terleme ve yoğuşma* (kondansasyon) sonucu ortaya çıkan su birikimleridir. Terleme, daha önce de belirtildiği gibi, yapı elemanının yüzeyinde sıcaklık düşmesi ile meydana gelen buharın su haline dönüşmesidir. Yoğuşma ise, farklı buhar basınçlarından dolayı yapı elemanının malzemeleri arasında meydana gelen buharın su haline dönüşmesi olayıdır. Ayrıca, ıslak kârgir binalarda zamana bağlı olarak görülen nemlilik de bu grup içinde yer alabilir. Terleme ve yoğuşma olayları, yapı elemanı içindeki ısı tutucu malzemenin değerini düşürmektedir.

4.1.1.4 Güneş - Radyasyon Etkisi

Güneş radyasyonları, güneşten dünyamıza atmosferden geçerek gelen bir enerjidir. Kısa dalgalı olan bu güneş radyasyonlarının yüzde 27'si doğrudan doğruya, yüzde 16'sı da atmosferden yansıma yoluyla yaygın radyasyon şeklinde yeryüzüne gelmektedir. Güneş ışınlarına dik bir yüzeyin 1 cm² sine 1 dakika süreyle gelen enerjiye güneş sabitesi "Solar

Konstant" (Skk) denir. Bu değer çeşitli iklim bölgelerine göre 2.01>Skk>1.88'dir. Ülkemiz için Skk=1.94 kcal/cm² dak. olarak kabul edilmektedir. Dolaysız ve yaygın radyasyondan oluşan toplam güneş radyasyonu ER (kcal/m².h) ise lkeniz için çeşitli iklim bölgelerine göre 876-672 kcal/m².h değerleri arasındadır. Güneş radyasyonları etkilediği malzemenin yüzeysel durumuna ve rengine göre değer kazanmaktadır. Örneğin parlak ve açık renkli yüzeyler radyasyonu yansıtmakta, koyu renkli yüzeyler ise radyasyonu yutmaktadır. Bu özellikten dolayı, malzeme yüzeyinin çeşitli renklerine göre yüzeysel emicilik katsayısının (a) % olarak belirlenmesi gerekir. Malzeme seğiminde dikkat edilecek diğer bir parametre de, güneş etkisinin neden olduğu dış yüzey ısıl değerlerinin değişimidir. Bir malzemenin dış yüzey ısıl değişim katsayısı (t_R) değeri şu ifade ile tanımlanmaktadır (Eriç, 1994).

$$t_R = t_d + \frac{\sum (R.a)}{\alpha_d} \quad (4.12)$$

t_R : Radyasyon ısısı (kcal/m².h)

t_d : Ortam ısısı (kcal)

a : Yüzeysel emicilik katsayısı (%)

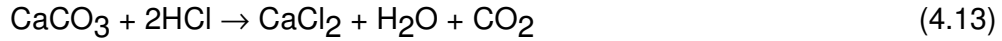
Özellikle sıcak bölgeler için yapılan projelendirmelerde ısıl deformasyon ve geirimsilikte, ortam ısısı (t_d) yerine yüzeysel radyasyon ısısı (t_R) nin alınması daha doğru sonuç vermektedir. Ayrıca, güneş radyasyonu etkisiyle malzemenin içyapısında da bazı kimyasal değişimler söz konusudur. Örneğin morötesi ışınların getirdiği parçacıklar, özellikle organik maddelerin atom yapısını bozmakta, eskime ve renk değişimlerine bir neden oluşurmaktadır.

Güneş ve ultraviyole ışınları sonucu, kaplama taşlarında güneş yanığı denilen olay gözlenebilmektedir. Güneş yanığı denilen bazalt, fonolit ve benzeri taşlar, az bir zaman içinde ufalanarak kk kırıklardan ibaret bir küme haline gelirler. Bileşiminde augit ve magnetit gibi bileşenleri

bulunduran heterogen yapılı taşlarda, ana bileşenlerin kil haline geçmesi sonucunda açık renk lekeler meydana çıkar. Bu değişikliklerden ileri gelen gerginlikler bir takım çatlaklar halinde belirerek taşın parçalanmasına neden olmaktadır.

4.1.2 Kaplama Taşlarına Çeşitli Kimyasalların Etkisi

Kaplama ve döşeme elemanı olarak kullanılan malzemeler, doğrudan doğruya veya dolaylı olarak bazı asit ve bazların etkisine maruz kalabilirler. Asitlerin doğrudan doğruya malzeme üzerine etkisi genellikle endüstride ve muhtemelen bir amaca (yüzeysel eritme) yönelik olarak karşımıza çıkmaktadır. Genelde bilinen, plastik malzemelerden PVC, melamin, üre, teflon ve epoksi dışındaki tüm malzemeler üzerinde asitlerin etkileri vardır. Cam ve porselende yalnızca HF asidinin etkisi söz konusudur. Metallerden ise %58 Ni, %17 Mo, %14 Cr, %5 W ve %6 Fe olan Hastellov-C alaşımı ve platin hariç diğerleri üzerinde de asitlerin önemli etkileri vardır. Örneğin taş türlerinin tanımlanması da HCl asitle mümkündür (Kocataşkın 1976).



Granit, diorit gibi mağmatik kayaların dışında kalan tortul ve başkalaşmış kayaların tümü HCl asidiyle reaksiyona girerler. Dolaylı olarak malzemeyi etkileyen kimyasal etkiler genelde hava, su ve toprakla temas eden malzemelerde kendini gösterir. Havada özellikle endüstri bölgelerinde bulunan SO₃, CO₂ gibi gazlar, yağmur, sis ve havanın nemi ile birleşerek, sülfürik H₂SO₄ ve karbonik asitlerin H₂CO₃ oluşmasına neden olurlar. Bu tür asitlerin kalker esaslı malzemeler üzerinde eritici ve parçalayıcı etkisi vardır. İçinde CO₂'i nötralize edebilecek kireç bulunmayan kaynak ve göl sularında H₂CO₃'nin varlığı, pH değerinin 7'den küçük olmasına, dolayısıyla kalker esaslı malzeme üzerinde asit etkisi görülmesine neden olur. Ayrıca, bataklık ve sulfatlı zeminlerde görülen, içerisinde yüzde 0.03

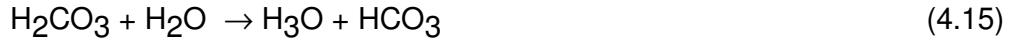
S₀₃ iyonu bulunan sülfatlı suların da kalker esaslı malzemeyi hacimsel genişlemeye uğratarak parçalama özelliği mevcuttur. Deniz suyu içinde bulunan NaCl ve MgSO₄ 'ın da malzeme üzerinde zayıf bir sülfat etkisi yapması mümkündür.

Toprakla temas eden malzemelerde veya malzemede kapiler su geçirimsizlik ve buharlaşma sonucu meydana gelen çiçeklenme olayı, yüzeyde KNO₃, NaNO₃, NaSO₄, CaCO₃, CaSO₄ 2H₂O gibi birtakım tuzların ve sülfatların birikmesidir. Genellikle pişmiş toprak malzemelerde ve kireç, çimento harçlarında görülen çiçeklenme olayında en tehlikelisi CaSO₄ 2H₂O`dır. Lekelenme dışında malzemede parçalanmaya da yol açacağından, üzerinde önemle durulması gerekir. Yapı malzemeleri üzerine zarar veren kimyasal etkileri aşağıdaki guruplar altında toplamak mümkündür:

- havadaki gazların etkileri,
- suların etkileri,
- duvarlardaki çiçeklenmeler,
- çeşitli kimyasal maddelerin direkt etkileri.
- mineral kaynaklı yağların etkileri
- bitkisel ve hayvansal yağların etkileri.

4.1.2.1 Havadaki Gazların Etkileri

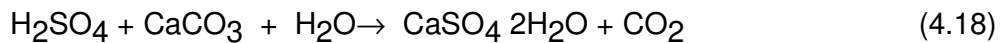
Şehir atmosferi üzerinde evlerin ve fabrikaların bacalarından, otomobillerin ekzoslarından, vapur ve trenlerin bacalarından çok miktarda CO₂ ve S_{0x} gazı karışmaktadır. Bu gazların yağmurlu ve sisli havalarda H₂CO₃ ve H₂S₀₄ şeklinde asit haline geçerek bilhassa binaların dış kaplamalarında kullanılan malzeme üzerine zararlı bir şekilde etkirler. Bu etileşime genelde asit yağmuru etkisi adı verilmektedir. Bu etkileşim dinamik olarak incelendiğinde; CO₂, asidik bir oksittir. Yağmur suyundaki asitliğin büyük bir kısmı karbonik asidin birinci iyonlaşmasından ileri gelmektedir. Bu etkileşimin kimyasal reaksiyon dengesi;



ile verilmektedir. Atmosferde doğal kısmi basıncı 0.00035 atm. olan CO_2 ile dengede olan yağmur suyunun pH değeri 5.6 dolayındadır. Diğer taraftan, NO gök gürültüsü ile meydana gelen yağışlarda, havanın N_2 ve O_2 bileşenlerinin birleşmesiyle oluşur. Oluşan NO daha sonra yükseltgenerek NO_2 verir. Bu da H_2O ile tepkime vererek nitrik asit meydana getirir. Bu reaksiyon;



dengesi ile sağlanmaktadır. Bu şekilde doğal olarak meydana gelen nitrik asit de yağmur suyunun asitliğine katkıda bulunmaktadır. Bununla beraber, otomobil motorları ve termik santraller gibi yüksek sıcaklıklardaki tepkimelerde havadan oluşan HNO_3 miktarı önemli olmaktadır. Hava kirliliğinin çok olduğu bazı bölgelerde HNO_3 ün asit yağmuruna katkısı 1/4 oranında olabilmektedir. Hava kirliliğine etki eden diğer bir faktörde, kükürt yüzdesi yüksek kömürlerin, yakıt olarak kullanılmasıdır. Bu gibi bölgelerde de atmosfere salınan SO_2 çeşitli kimyasal etkileşimler sonucu SO_3 bileşiği haline dönüşür. SO_3 ise sülfürik asidin anhidri durumundadır. Sülfürik asidin, asit yağmuruna katkısı 1/2 olarak kabul edilmektedir. Bu asit oluşumlarının, kalkerli malzeme üzerindeki etkilerini şu reaksiyon tepkimeleri ile göstermek mümkündür (Kocataşkın 1976).



Karbonik asit reaksiyonunu gösteren birinci denklem, suda erimez bir malzeme olan kalsiyum karbonatın, suda erir bir malzeme olan kalsiyum

bikarbonat haline geçtiğini göstermektedir. Bu şekilde suda erir hale geçen dış yüzler, sular tarafından eritilip götürülünce, malzeme eskimeye başlar. Sülfürik asit reaksiyonu ise, kalsiyum karbonatın alçıtaşı şekline geçtiğini ve iki mol su alarak kristalleştiğini göstermektedir. Bu olayda meydana gelen, hacim genişlemesi ve yüzeyde malzemeyi parçalar ve eskimesine yol açmaktadır. Asit yağmurunun bazı etkileri şehirlerde, özellikle heykeller, anıtlar ve mermerden kaplama yapılmış binaların dış yüzeylerinde açıkça görülebilmektedir. Örneğin, Hindistan' da bulunan Taç Mahal, çevredeki çevre kirlenici fabrikalardan dolayı meydana gelen asit yağmuru ile tahrip olma noktasına gelmiştir. Bu, 350 yıllık sanat eseri yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bulunmaktadır.

4.1.2.2 Çevresel Suların Etkileri

Yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taşların üzerinde, farklı şekillerde oluşan suların zararlı etkilerinin olduğu kaçınılmazdır. Bu bakımdan, suların zararlı etkilerinin detay olarak incelenebilmesi için, öncelikle kaplama taşlarına etkiyebilecek bu su çeşitlerinin oluşum ve bulunuş şekillerinin incelenmesinde yarar görülmektedir. Aşağıda su çeşitleri ve bulunuş şekilleri incelenmiştir (Özer, 1982-b).

Su türleri

Sızıntı suları, suyun doğal dönüşümü esnasında yağışlar ile karların erimesinden oluşan suların yeryüzüne varıp toprağa girmeleriyle oluşurlar. Sızıntı suları toprak zerrecikleri arasındaki gözenekleri az veya çok doldurarak kendi ağırlıkları altında daha derin tabakalara iner. Sızıntı suyunun başlıca özelliği, toprağın hava içeren tabakalarında aşağıya doğru bir iniş halinde bulunmasıdır. Sızıntı suyuna has bu iniş, geçirimsizliği daha az bir tabaka tarafından tutulduğunda oluşan birikme, çoğu zaman bir yeraltı suyu havuzu oluşturur.

Absorpsiyon suyu, gözenek köşesi suyu ile sıvışık suyun bulunmadığı yerlerde de zemin zerreciklerinde görülen ince membran halindeki sudur.

Kapilersu, kapilariteyle yükselerek, yeraltı ya da birikme suyunun en yüksek düzeyini de aşan sudur.

Yeraltısuyu ise; sızıntı suyunun tersine, toprak zerrecikleri arasındaki boşlukları tamamen doldurur, başka bir deyimle bunları hava kalmaksızın doyurur. Hem suyu biriktiren tabakanın pozisyonunu, hem de arazi sathının yapısı yeraltı suyunun ağır ağır akmasına neden olabilirler.

Topraknemi, az miktarda ve sızmaksızın aralarında adezyon ve kapilarite yoluyla asılı kalan ve damlama kabiliyeti olmayan sudur. Üzerinde yaşadığımız enlemlerde toprak nemi, yeraltı ve sızıntı sularına bağlı olmaksızın, mevcuttur. Sızıntı suyuna karşılık aşağı iniş halinin olmaması, yeraltı suyuna karşılık ise su ağırlığının bir rol oynamaması, toprak neminin belirgin özelliğidir.

Yukarıda sözü edilen bu su türlerinin etkilerinin ne olabileceği düşünülürken, genelde karşılabilecek olgular özetle; yeraltı ve sızıntı suları, toprak nemi ve yerüstü suları yapıyı dışarıdan, kullanma suyu ise içeriden zorlarlar. Suyun, basıncına bağlı olan zorlama şiddeti çok daha önemlidir. Yeraltı suyu gibi birikmiş kapalı sulara batırılan bir yapının dış duvarlarında, batış derinliği ile orantılı bir hidrostatik basınç oluşur. Kullanma suları da aynı şekilde hazne yapılarının iç cidarlarına hidrostatik basınç uygularlar ki, burada da basınç yüksekliği, depolanmış suyun yüksekliğine eşittir. Sızıntı suları, yerüstü kesiminde yağışlar ve ıslak hacimlerde kullanma suları, eğer konstrüktif tedbirlerle iniş hallerinin bozulmaması, yani birikmemesi temin olunmuş ise ıslattıkları yapı elemanları boyunca basınçsız olarak akar veya sızarlar. Son olarak da toprak neminin bilakis basınçsızlık etkisi altında, kapillarite yoluyla yapı elemanları içinde yerçekiminin aksi yönünde yükselmektedirler. Diğer taraftan, yapı duvarlarında nemlilikten ileri gelen hasarlar görülmektedir.

Duvarlara nüfuz eden zemin nemi, burada yükseldikten sonra zemin kat duvarlarını da ıslatmakta ve sonrasında hem içeri, hem dışarı doğru buharlaşmaktadır. Nemin kapiler yoldan yükselmesi bir limite kadar devam etmektedir; bu limit, buharlaşan nem miktarının zeminden gelen nem miktarına eşit olduğu yerdir. Bu, genellikle kabul edilen değer 1.50 m olarak tasarlanmakta ve daha yüksek yerlerde de nemliliğe rastlanmaktadır. Duvar nemi bünyesinde, çoğunlukla, tuz ve asitler gibi suda çözünen maddeler duvarların içinde yukarı doğru taşınmaktadır. Her difüzyon hareketinde olduğu gibi, nem içinde çözülmüş bulunan maddeler ıslanmış bölge içerisinde üniform bir şekilde dağılma eğilimini göstermektedirler. Fakat bu dağılım, yukarı çıkmakta olan nemin kapiler akımı tarafından engellenmekte ve bu akım daha kuvvetli olduğu için çözülmüş maddeleri, birlikte yukarı sürüklemektedir. Çözülmüş tuzlar ile diğer maddelerin daima nemlenmiş bölgelerin en üst kenarlarında görülmesinin nedeni bu şekilde açıklanabilmektedir. Duvarın yüzeyinde hacim değişimleriyle başlayan kimyasal ve fiziksel süreçler sonucunda kaplama elemanlarında pul pul çözümler ve duvarda boşalmalar görülebilmektedir. Bu nem etkisinde, zaman zaman kaplama taşlarının üzerinde değişik karakteristiklere sahip mantar oluşumlarının meydana geldiği gözlenebilmektedir. Bu olgu, aşağıdaki bölümlerde etraflıca açıklanmaya çalışılmıştır.

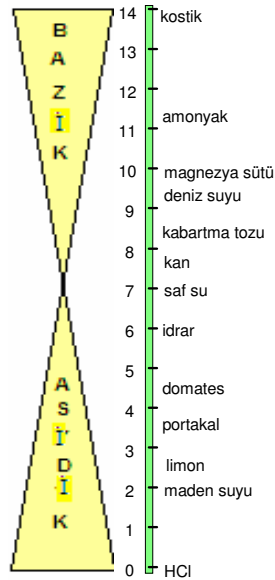
4.1.2.3 Çeşitli Kimyasal Maddelerin Direk Etkileri

Yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşlara bazı asit ve bazların direkt etkileri genel kullanımda görülen bir olaydır. Asit ve baz kavramı, günlük yaşamda sıklıkla karşılaşılan kavramlardır. Çoğu zaman asit veya baz bileşiklerinin, kaplama ve döşeme malzemeleri üzerindeki direk zararlı etkilerinin varlığı söz konusu edilen bir olgu olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan, karşılaşılan asit veya bazların bağlı kuvvetlerinin ne ölçülerde değişebileceğinin araştırılması gerekli olmaktadır. Güncel olarak karşılaşılabilecek asit ve baz bileşiklerinin kuvvetlilik değişimi aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2), (Bhatnagar 1980).

Çizelge 4.2 Asit ve Baz Bileşiklerinin Kuvvetlilik Değişimi

ASİTLER		EŞLENİK BAZLAR	
perklorik asit	HClO ₄	perklorat iyonu	ClO ₄
hidroyodik asit	HI	iyodür iyonu	I
hidrobromik asit	HBr	bromür iyonu	Br
hidroklorik asit	HCl	klorür iyonu	Cl
sülfürik asit	H ₂ SO ₄	hidrojen sülfat iyonu	HSO ₄
nitrik asit	HNO ₃	nitrat iyonu	NO ₃
hidronyum iyonu	H ₃ O	su	H ₂ O
hidrojen sülfat iyonu	HSO ₄	sülfat iyonu	SO ₄
nitroz asit	HNO ₂	nitrit iyonu	NO ₂
asetik asit	CH ₃ COOH	asetat iyonu	C ₂ H ₃ O ₂
karbonik asit	H ₂ CO ₃	hidrojen karbonat iyonu	HCO ₃
amonyum iyonu	NH ₄	amonyak	NH ₃
hidrojen karbonat iyonu	HCO ₃	karbonat iyonu	CO ₃
su	H ₂ O	hidroksit iyonu	OH
metanol	CH ₃ OH	metoksit iyonu	CH ₃ O
amonyak	NH ₃	amit iyonu	NH ₂

Bu asidik veya bazik eşel bileşenlerinin kullanımı ve malzemelere etkileşim (pH) dereceleri ise Şekil 4.13 da sembolize edilmiştir.



Şekil 4.13: Kimyasal Maddelerin Ph Etkileşim Değerleri

Bu genel bilgilerin ışığı altında, kaplama veya döşeme elemanı olarak kullanılan doğal taşların bu ve benzeri kimyasal etkileşimlerinin görülebileceği yerler ve etkileşimler özetle aşağıda irdelenmiştir. Süthane, yağ ve peynir yapım yerleri gibi yerler, laktik ve bütirik asidlerin etkisindedirler. Bu asidler kaplama ve/veya döşeme malzemesini kemirir fakat şişirmezler, yani hacmini değiştirmezler. Konsantrasyonu düşük olan (<%1) laktik aside alüminyum bileşimi yüksek olan malzeme daha iyi dayanır; fakat, konsantrasyon yüksek olursa (>%5) alüminyum bileşimli malzeme daha kolay ve çabuk etkilenir.

Meyva suları ve benzerlerinin ihtiva ettikleri tartarik asid de değdiği yüzeylerde, laktik ve bütirik asidler gibi etki göstermektedir. Asetik asid, keskin sirkede olduğu gibi %5 'e yakın olunca korunmamış malzemeleri bir kaç ay içinde kemirir. Buna engel olmak için yukarıki çarelere başvurulabileceği gibi, malzemenin katı parafin tabakası ile örtmek daha iyi sonuç verebilmektedir. Oleik, stearik ve palmitik asitler, kaplama malzemelerini bozabilirler ve etkinin şiddeti molekül ağırlığı ile oranlı olarak artar. Yer, döşeme gibi hava ile karşı karşı karşıya olan yerlerde etki çok daha şiddetli olabilmektedir.

4.1.2.4 Mineral Kaynaklı Yağlar

Petrol ve rafineri ürünleri; benzol parafin, mazot, fuel-oil, maden kömürü destillenmesi ürünleri: katran v.s.bu tür yağlar kapsamına girmektedir. Bu çeşit mineral yağların malzemeler üzerinde zararlı etkileri yoktur; yalnız sızıntı yaparlar ve renklerinde bozunmalara ve değişimlerine sebep olabilmektedirler.

4.1.2.5 Bitkisel ve Hayvansal Yağlar

Bitkisel ve hayvansal yağlar, molekül ağırlıkları yüksek olan organik asidlerin gliseridleri veya diğer esterleridir. Palmitin, stearin, olein gibi. Bitkisel yağlar taze iken, yani yeni üretildiklerinde, serbest yağ asidleri

ihativa ederler. Hayvansal yağlarda ise, tersine taze iken pek az serbest-asid vardır, fakat, uzun süre havada kalınca bu etki artar. Söz konusu esterler, hidroliz yolu ile alkol ve asidden ibaret olan ilk bileşenlerine ayrılırlar. Bu, sabunlaşmaya yarayan ve özellikle gliserinin malzemeye yaptığı bozucu etkidir. Bu etki, maddelerin kütleye girişi esnasında artar; diğer haller aynı kalmak şartıyla, bu cisimlerin viskozitesi ile ilgilidir. Bunların tersine, zeytin yağı, pamuk yağı, bezir yağı v.s. gibi bitki tohumlarından çıkarılan yağlar ile balık yağlarının malzemelere etkileri önemsenmeyecek kadar az olmaktadır.

4.1.3 Yangın Etkisi

Malzeme üzerinde fiziko-kimyasal değişime neden olan diğer bir etki de yangındır. Yanma, malzemenin hidrojen kurtulması ve oksijenin absorpsiyonunu oluşturan sıcaklık ve akkor hale gelme olayıdır. Sıcaklık etkisi ile malzeme erimekte veya kimyasal ayrışmaya uğramaktadır. Bunun için gerekli ısı miktarı malzemenin cinsine göre değişir. Genel ilkelere göre, sıcaklığın her 10C⁰ yükselişiyile kimyasal olaylar bir misli artış gösterir. Yangında meydana gelen sıcaklığın yapılan yangın deneylerine göre 1200 C⁰'ye kadar yükseldiği saptanmıştır. Ayrıca havalanma etkisiyle yangın gelişme ve artma gösterir. Örneğin az bir havalanma koşuluyla sıcaklık 6 saatte 900 C⁰'ye, kuvvetli bir havalanma ile de 2.5 saatte 1200 C⁰'ye yükselir. Malzeme yapısı üzerinde yangın etkisi fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki şekilde karşımıza çıkar. Fiziksel değişim ısıl deformasyonlar ve erimedir. Erime ise, sıcaklığın artışı sonucu, malzeme iç yapısında molekül bağlarının uzaması, elastik şekil değiştirme değerinin artması ve sonuç olarak iç yapının kristal sisteminin dağılarak malzemenin katı halden akıcı hale geçmesi olayıdır.

Isıl deformasyonlar ve erime sonucu malzemede parçalanma ve büyük oranda değişimler görülür. Yangın etkisiyle malzemenin kimyasal yapısında meydana gelen değişimler ise molekül yapısının bozulması ve

karbonlaşma olayıdır. İnorganik grupta yer alan mermer v.b. doğal taş malzemelerin bünyesinde bulunan CaCO_3 , CaSO_4 , Ca(OH)_2 , yangın anında kimyasal bir değişime uğrayarak, malzemenin molekül yapısının bozulmasına yol açar. Bu arada birtakım zararlı gazlar (CO_2 , CO , SO_2 , SO_3) oluşur. Malzemede molekül yapısının değişimi genelde kristal suyunun kaybolmasıdır. Kuvarlı taşlar $600\text{ }^\circ\text{C}$, kalker $900\text{ }^\circ\text{C}$, önemli hacim değişikliklerine uğrar ve iç yapısında oluşan CO_2 ve H_2O 'nun ısınması suretiyle taşı patlattığı görülür. Bazalt ve diorit gibi taşlar bu etkilere daha dayanıklıdır. Malzemenin kimyasal yapısında meydana gelen ikinci bir olay da karbonlaşmadır. Daha çok organik malzemelerde karşılaşılan bu olayda oksijen, malzemenin kimyasal yapısındaki karbonu yakmakta ve bir yanma sıcaklığı meydana getirmektedir (Eriç 1994).

Binalardaki yangınlarda 1200°C ' ye kadar yükselen sıcaklıklar doğduğu ölçülmüş bulunmaktadır. Yapı malzemeleri bu sıcaklığa kadar ısıtıldığında, ahşabın yandığı, çeliğin yumuşayıp mukavemetini kaybettiği, beton veya taşların ise parçalanıp döküldüğü görülmektedir.

Yapı malzemelerinin yangına ve yüksek sıcaklıklara dayanıklılığını araştırmak için laboratuvarında özel fırınlar içinde 1200°C sıcaklığa kadar ısıtılan nünuneler üzerinde deneyler yapılır. Bu incelemelerden doğal taşların ve minerallerin, sıcaklıkla artan genişlemeler yaptığı, bünye suyunu kaybederek çatladığı gözlenmiştir. Gözönünde tutulması gereken önemli bir nokta, sıcaklık arttıkça malzeme mukavemetinin yavaş azalmasını sağlamak, ani hacim değişiklikleri olmasını önlemektir. Örneğin kuvarlı taşların 579°C de, kalkerlerin 900°C de ve tuğlaların 1000°C de önemli değişiklikler göstermeleri, bu malzemeyi ancak o sıcaklıkların altında kullanmaya imkan vermektedir. Bu kullanışta dahi, sıcaklığın derecesi ile ilgili bir mukavemet azalması olabileceği gözönünde bulundurmak gerekir.

4.1.4 Organizmaların Etkisi

Organizmaların, yani canlıların etkisi, daha çok organik malzeme üzerindedir. Örneğin topraktaki bakterilerin bitümlü tecritleri bozduğu, mantar ve kurtların ahşaba zarar verdiği, asalak deniz hayvanlarının deniz kıyısındaki yapılara zarar verdikleri, bitki ve yosunların kayaları parçaladığı bilinen olaylardır. Mantar, yosun ve bazı yabancı otlar gibi bitkilerin tohum veya sporaları, yüzeyleri pürüzlü veya çeşitli taşların üzerine rüzgar veya diğer bir araç ile taşınıp tutunduklarında, özellikle bu durumda bulunan taşlar aynı zamanda nemi de bünyesinde tutan türlerden olurlar ise, bir süre sonra kök salarlar. Kökler taşa yavaş yavaş girip kalınlaştıkça, her defasında, az da olsa, bozucu bir etki yaparlar. Bu olayların tekrarlanması taşı bozmaya yeterlidir (Kocataşkın, 1976). Kaldı ki, bu' gibi bitkilerin akıttıkları bazı asid maddeler de ayrıca bozucu etkiler yapmaktadırlar.

4.2 Kalsiyum Karbonat Kökenli Doğal Taş Türlerinin Porozite Tipleri

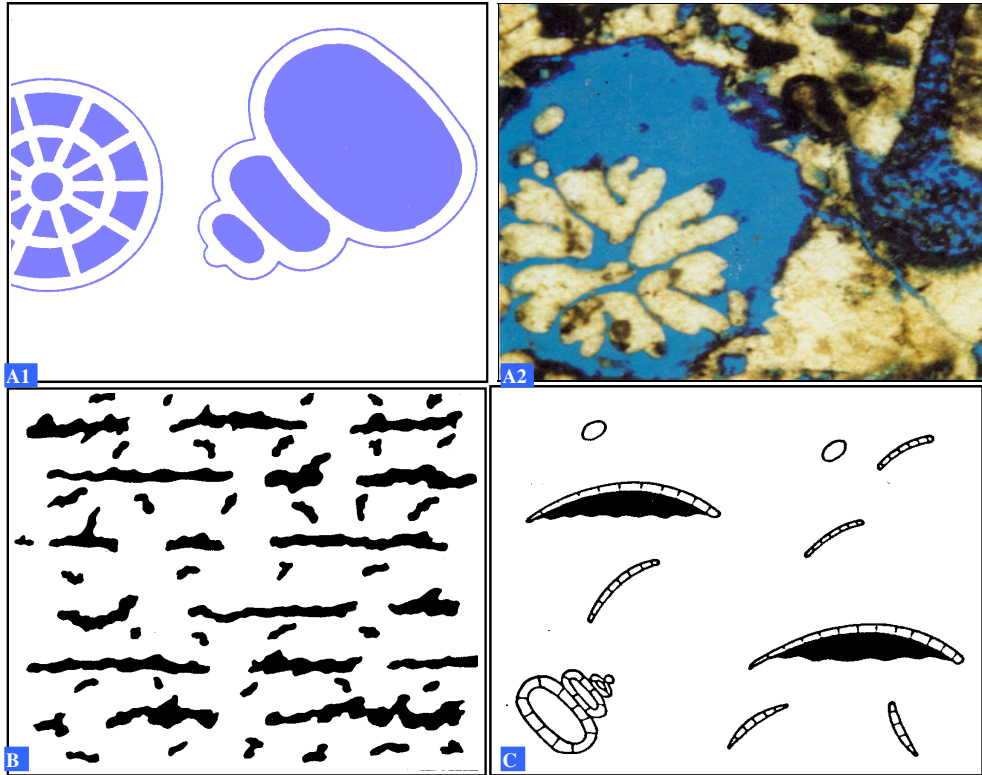
Porozite doğal taşları oluşturan tanelerin arasındaki ve içindeki boşlukların toplam hacmidir. Doğal taşların porozite özellikleri diğer özelliklerine bağlı olarak değişir. Porozitede tane şekli, tane boyu yuvarlaklık, küresellik, boylanma, istiflenme, paketlenme ve tanelerin birbirine kenetlenme derecesi en önemli faktörlerdir. Karbonatlı kayaçlarda gözlenen iki ana porozite tipinden birisi, birincil porozite olup çökelme sırasında oluşur ve çökelme ortamları ile yakın bağıntısı vardır (Şekil 4.14).

A1-A2: Tane içi porozite, taneler içinde oluşan porozite olup, iskeletsel (fosilsel) tanelerin yumuşak kısımlarının yok olması ile meydana gelir. Bu tip porozite karbonatlarda rastlanan yaygın gözenek çeşitlerinden birisi olup, korunabilen birincil porozitenin önemli tiplerindedir. Tane içi porozitenin büyük kısmı, çökelme öncesi oluşurken, bir bölümü de çökelme sırası veya sonrasında oluşabilir.

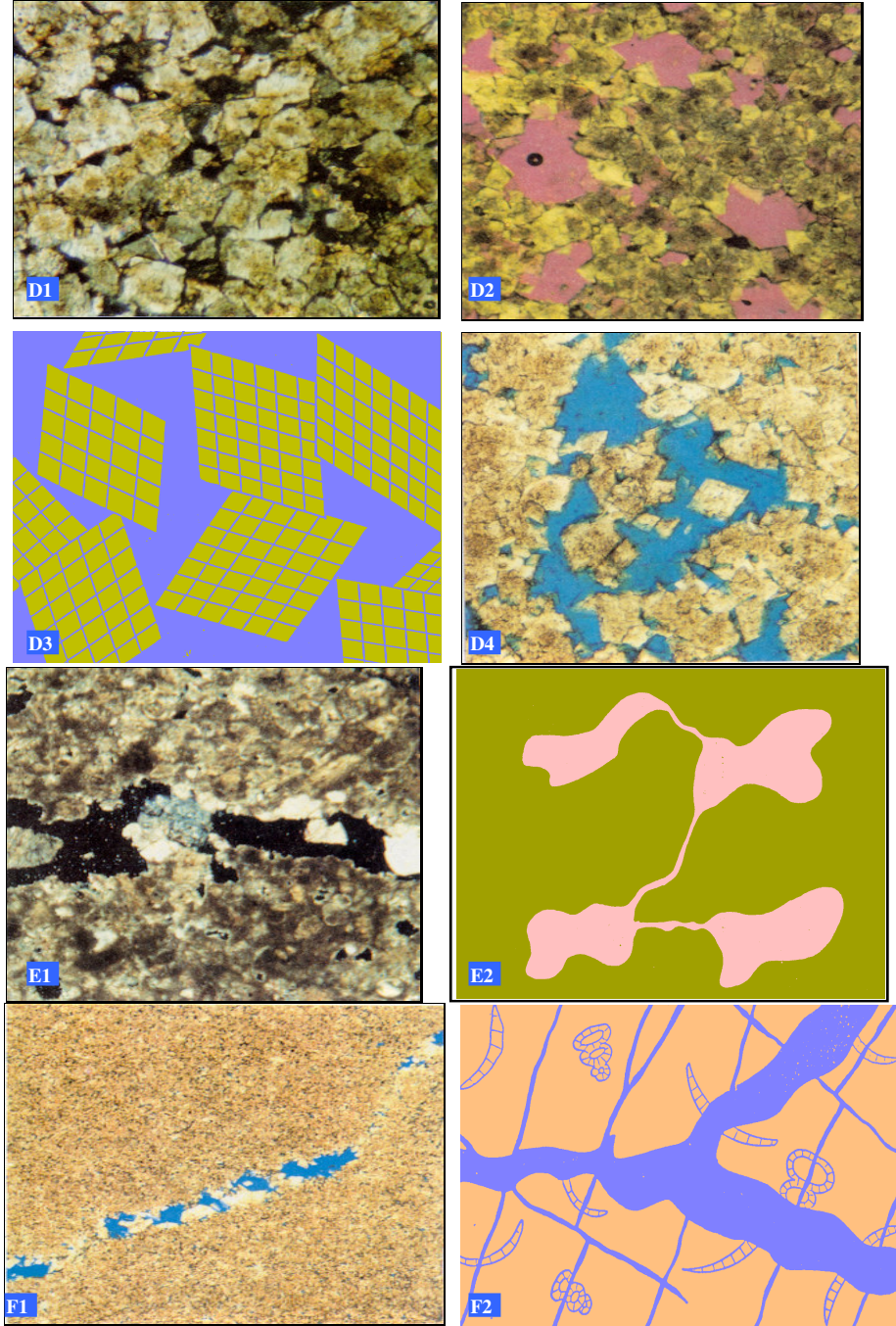
B: Gözlü porozite, genellikle tabakalanma veya laminalanmaya paralel olarak gelişir ve çoğunlukla da düzensiz şekiller sunar. Laminalanmaya paralel gelişen bu tip porozitenin bulunduğu kayaç, yatay yönden düşey

yöne göre daha fazla permeabilite içerir. Gözlü porozite alanlar çoğunlukla, gaz kabarcıklarını bıraktığı boşluklarla bağlantılı, algal dokunun çürümesi ve kuruma çatlakları boyunca alg yaygısı fasiyeslerinde gelişir.

C: Sığınak porozite, iri iskeletsel parçalar veya kaba intraklastların şemsiye rolü oynadığı ve ince malzemenin girmedığı alt kesimlerde gelişir ve korunur. Sığınak porozite, kaba kavkı ve intraklastlar içeren çoğu oolitik tane taşları ile düzlemsel fosilsel taneler içeren istif taşlarında gözlenir. Birlikte bulunduğu tane arası boşluklarda boyut olarak daha büyük olup, genellikle korunabilen birincil porozite olarak dikkati çeker.



Şekil 4.14: Birincil Porozite Türlerinin Sembolik Görünümü (Duran ve Şengündüz 1993).



Şekil 4.15: İkincil Porozite Türlerinin Sembolik Görünümü (Duran ve Şengündüz 1993). İkincil porozite çeşitleri ise şu şekilde tanımlanmaktadır. Çökeltmeden sonra erken ya da geç diyajenetik aşamalarda gelişen boşluk alanlarıdır (Şekil 4.15).

D1-D2-D3-D4: Kristal arası porozite, kristaller arasında gelişen boşluk alanları olup, dolomit kayalarda yaygın olarak bulunurlar. Ornatma

sonucu gelişen dolomitlerde, geride kalmış olan kalsit tatlı su diyajenezi sonucunda, çözünerek ortamdan uzaklaştırılır. Sonuçta, dolomitte yüksek oranlarda billur arası porozite oluşur.

E1-E2: Kovuk porozite, kovuk yada boşluk porozite olarak tariflenir. Çıplak gözle ayırt edilebilen genellikle boşluk boyutu değişken olan ve kayacı oluşturan tanelerin şekil ve sınırlarına uygunluk göstermeyen boşluk alanları olarak tanımlanır. Kanal porozite ise; oluşum mekanizması kovuk porozite ile benzer olup, boşluk geometrisinin farklı oluşu ile ayrılır (Şekil 5.15). Kanal porozite, kayaçdaki birincil ve ikincil boşluk alanlarını etkili drenaj özelliği nedeniyle, üç boyutta birbirine bağlanabilir.

F1-F2: Çatlak porozite, geç diyajenez evrelerde gömülme ve sıkışma olayları ile gelişir. Dolomitler, kırılma özellikleri nedeniyle, çatlaklanmaya karşı kireçtaşlarına nazaran daha duyarlıdır. Kireçtaşlarında ise basınç etkisi altında, çoğunlukla basınç erimesi, stilolitleşme ve yönlendirme gibi olaylar oluşur. Çizelge 4.3'de deney numune olarak kullanılan doğaltaşların birincil ve ikincil porozite çeşitleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. İncelenen Doğaltaşların Porozite Çeşitleri

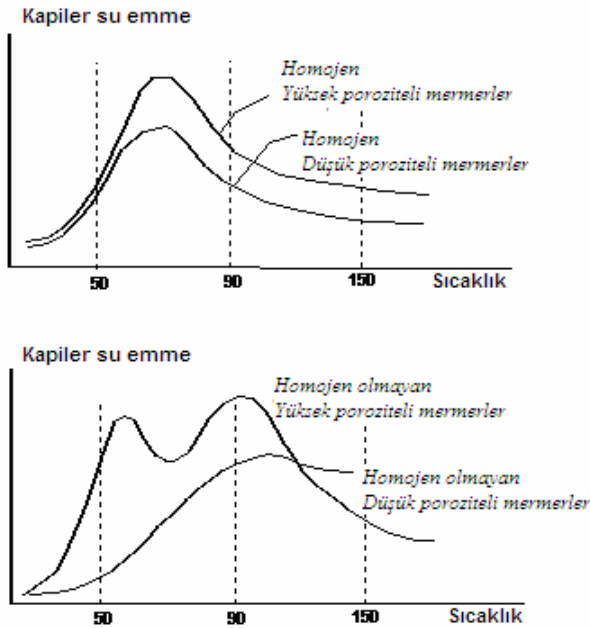
Doğaltaşların İsimleri	Doğaltaşların Kodları	Birincil Porozite	İkincil Porozite
Güreller Bej	RT1		L1-L2
Crema Nouma	RT2		L1-L2
Rosalio Light	RT3		L1-L2
Rosalio Pink	RT4		L1-L2
Crema Temmer	RT5		L1-L2
Dumluözcan	RT6		L1-L2
Küfeki	RT7	B1-B2-D-E	
Limra	RT8	B1-B2	
Gümüş Traverten	RT9	K1-K2	
Afyon Traverten	RT10	K1-K2	
Sincanlı Traverten	RT11	K1-K2	
Denizli Traverten	RT12	K1-K2	
Emperador	RT13		G1-G2-G3-G4
Salome	RT14		L1-L2
Afyon Şeker	RT15		G1-G2-G3-G4
Afyon Grili şeker	RT16		G1-G2-G3-G4

4.3 Kalsiyum Karbonat Kökenli Doğaltaş Türlerinin Kapilarite Özellikler

Doğal taşlar, yapı ve kaplama malzemesi olarak dış mekânlarda ve yer döşemesinde kullanıldığında, doğal taşın çözülmesi olgusu gündeme gelmektedir. Atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle doğal taşlar belirli bir değişime uğrarlar. Çözülme şiddeti, her doğal taş da aynı olmayıp doğal taşların mühendislik özellikleri, yapısı, bileşimi ve su emme kabiliyetine bağlı olarak gelişmektedir. Az su emen doğal taşlar, binaların dış kaplamaları ve yer döşemeleri için ideal olmaktadır. Bu bakımdan, doğal taşların kullanım yerine bağımlı olarak su etkileşimi ve su geçirimsizlik karakteristiklikleri önemle üzerinde durulması gerekli bir husus olmaktadır.

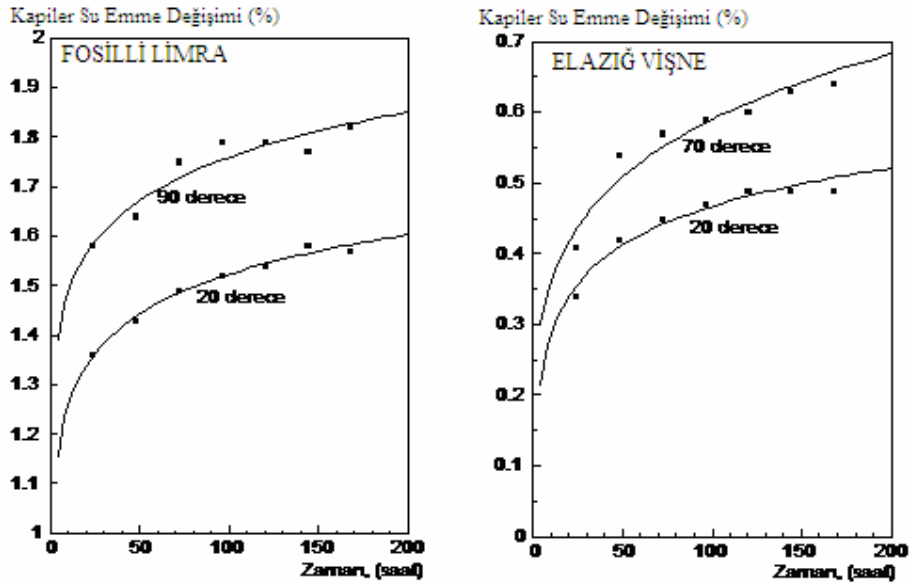
- Atmosfer ortamı sıcaklık değişiminin doğal taşın kapiler su emme özelliğine etkisi,
- Doğal taşların porozite ve strüktür yapısının, kılcal su geçirimsizlik (Kapilarite) özelliğine etkisi,
- Belirli zaman süreçlerinde doğal taşların kapiler su geçirimsizlik özelliklerinin analizi.

TS standartlarına (TS 4045) göre deneysel incelemelerden edinilen tecrübe malzemenin homojenliği, gözenekliliği ve yapısal strüktürüne bağımlı olarak Şekil 4.16 'de sembolize edilmiştir (TSE 1984).



Şekil 4.16: Sıcaklık Değişiminin Kapiler Su Emme Oranına Etkisi

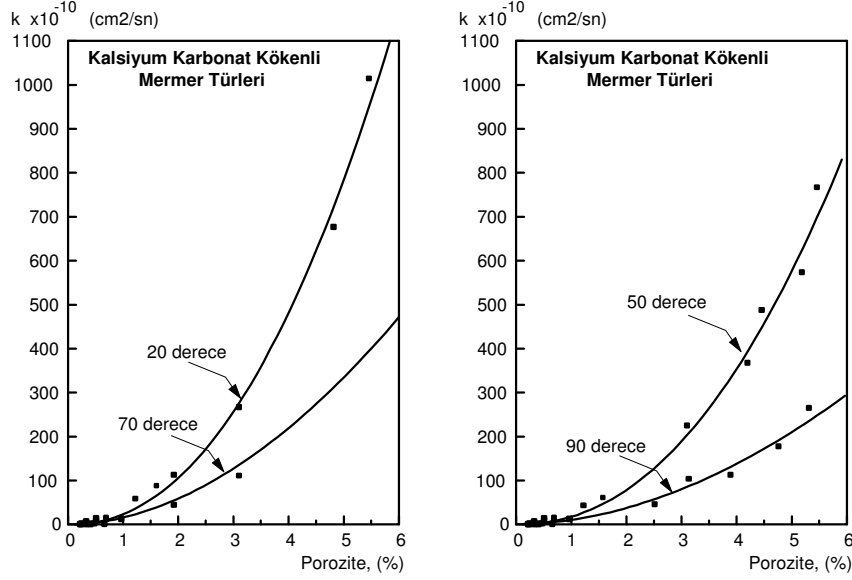
Bu olgu, farklı yörelerden getirilen değişik doğal taş türleri üzerinde analiz edilmiş ve bulgular ışığında, doğal taşın porozitesine bağımlı olarak belirli bir sıcaklık değerine kadar kapiler su emmenin arttığını ve belirli bir sıcaklık değerinden sonrada bu özelliğin düştüğü gözlenmiştir. Genel olarak doğal taş türleri için sınır değer 75-85°C olarak belirlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda ise, kapiler geçirimliliğin oldukça yüksek değerlerde arttığı gözlenmiştir. Yapılan analiz incelemelerinde kullanılan mermer türlerinin Fosilli Limra ve Elazığ Vişne türü mermerlere ait karakteristik etkileşimi birer örnek olarak Şekil 4.17'de verilmiştir. Şekil 4.17'de irdelendiğinde görüleceği üzere, Elazığ Vişneye oranla daha poroz bir yapıya sahip olan Fosilli Limranın daha fazla kapiler su emme özelliği gösterdiği, kullanım yeri açısından da bünyesinde daha fazla nem tutacağını sergilemektedir.



Şekil 4.17: Sıcaklık Etkileşiminde Kapiler Su Emme Değişimi (Sariisik A., 1998).

Diğer taraftan, doğal taşlar yapısal oluşum itibariyle farklı porozite oranlarına sahip olduğu bilinen bir gerçektir. Porozitenin doğal taşın kapiler su geçirimlilik değerine ne oranda etkili olduğunu incelemek amacıyla yapılan bir irdlemede, artan porozite oranının kapileriteyle doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, değişen atmosfer sıcaklığında, sıcaklık değerinin artmasının kapiler su geçirimlilik katsayısının düşmesine

neden olduğu görülmüştür. Kalsiyum karbonat kökenli mermer türlerinin porozite oranına bağımlı kapileritenin değişimi Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18: Porozite-Kapilerite Değişim (Sariisik A., 1998).

Analiz bulgularının ışığında, kapiler değişim karakteristiğine göre kalsiyum karbonat kökenli doğal taş türlerini kullanım yeri spesikasyonlarına bağımlı olarak gruplandırılabilceği gözlenmiştir. Burada geliştirilen yeni yaklaşım, doğal taşın **kapiler su geçirimsizlik parametresi** bazında, sayısal sınır değerler şu şekilde geliştirilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Kapiler Su Geçirimsizlik Parametresi

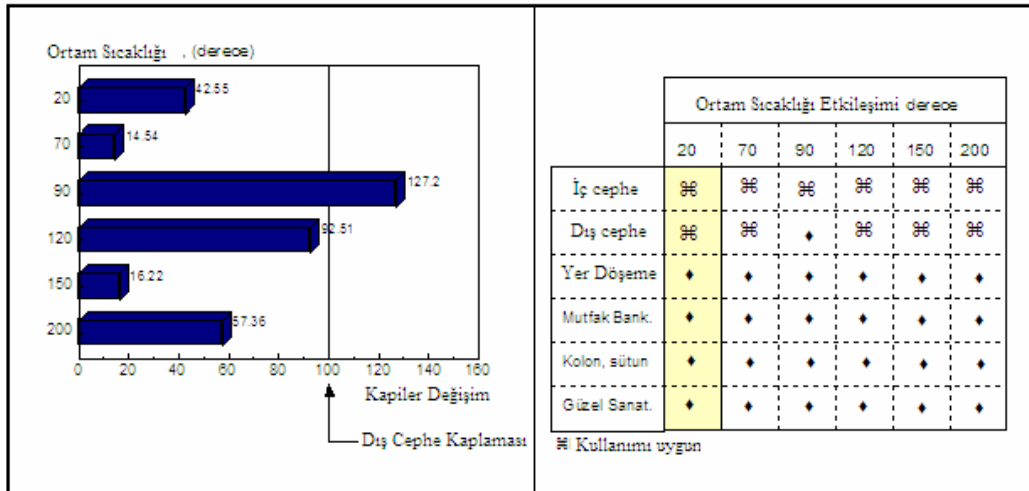
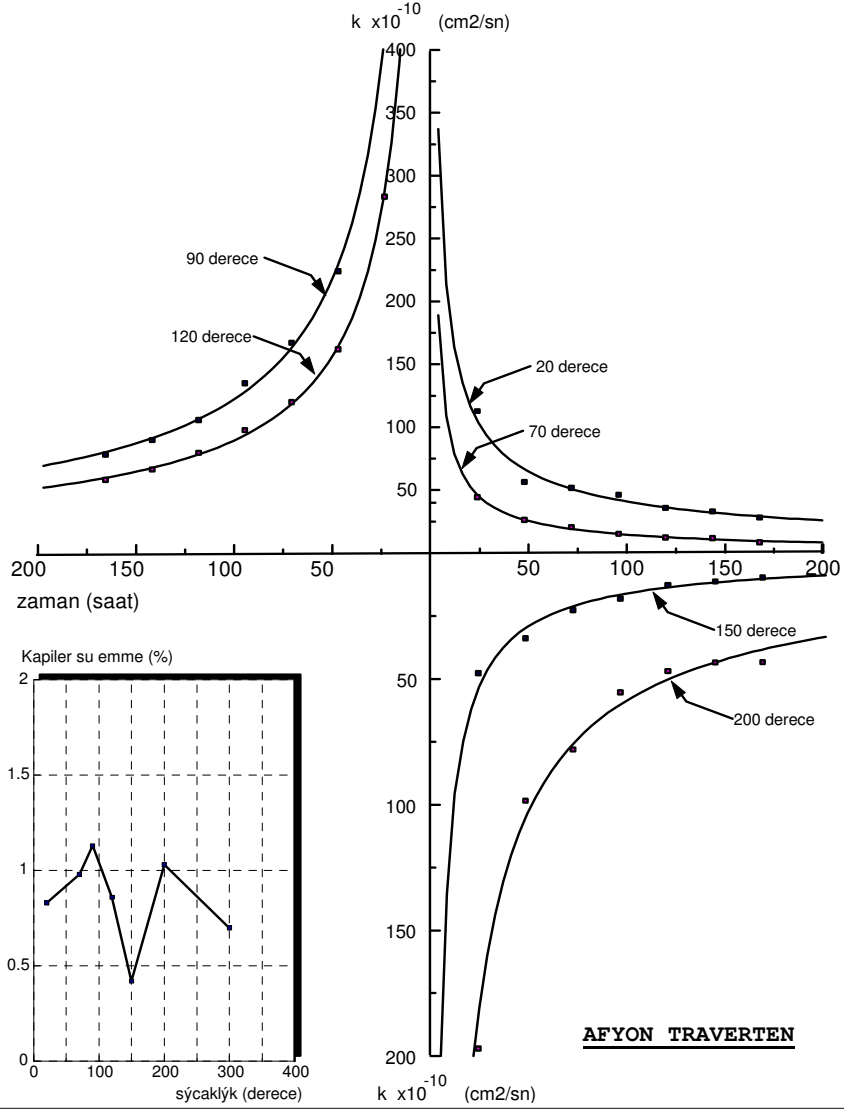
Doğal taşın Kullanım Yeri	Kapiler Su Geçirimsizlik (cm ² /sn)
İç cephe kaplama	10 ⁻⁶
Dış cephe kaplama	10 ⁻⁸
Yer döşemesi	10 ⁻⁹
Mutfak bankosu	0.45x10 ⁻⁹
Kolon, sütun	0.35x10 ⁻⁹
Güzel sanatlar	0.30x10 ⁻⁹

Kapilaritenin iyi karakteristik sergilemesi amacıyla, kullanım yerlerine göre ortam sıcaklığının da etkisinde doğal taşın **maksimum porozite değişim oran değerleri** şu şekilde geliştirilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Maksimum Porozite Değişim Oran Değerleri

Doğal taşın	Ortam Sıcaklığı 20°C	Ortam Sıcaklığı 70°C
Kullanım Yeri	Porozitesi (%)	Porozitesi (%)
<i>İç cephe kaplama</i>	16	30
<i>Dış cephe kaplama</i>	1.95	2.64
<i>Yer döşemesi</i>	0.68	0.78
<i>Mutfak bankosu</i>	0.47	0.51
<i>Kolon, sütun</i>	0.42	0.45
<i>Güzel sanatlar</i>	0.39	0.41

Yukarıda belirtilen bu bulgular ışığında, çalışma kapsamı genişletilmiş olup, ayrı ayrı her bir doğal taş türünün kapiler su geçirimsizlik karakteristiği belirli zaman süreçleri bazında analiz edilmiştir. Bu incelemede, doğal taşların yapısal özellikleri de göz önünde bulundurularak ayrı ayrı kapiler su geçirimsizlik karakteristiklikleri sıcaklık ortamları bazında analiz edilmiştir. Bu analiz bulgularından da, incelenen doğal taş türü üzerinde kapiler etkileşim açısından kullanım yeri spesifikasyonları tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu inceleme de ayrıca, doğal taş türünün mineralojik ve petrografik açıdan da ince kesit analizi yapılarak, doğal taşın kapiler su geçirimsizliğine etkiyen yapısal strüktür özellikleri de detay olarak tanımlanmaya çalışılmıştır. Ancak burada kalsiyum karbonat kökenli Afyon travertine ait detay analiz bulguları, açıklamalı yorumları ile birlikte Şekil 4.19'da verilmiştir (Sarıışık A., 1998).



Şekil 4.19 Etkileşim Zamanı-Kapilarite Değişimi ve Kapiler Su Emmeye Ortam Sıcaklığının Etkisi (Sariisik A., 1998).

5. RESTORASYON

Bir sanat yapıtını ya da insanlık tarihine tanıklık eden herhangi bir nesneyi korumak ve gereğinde, olabildiğince ilk durumuna getirmek amacıyla, bu yapıtı, bu nesneyi sağlamlaştırmaya ve bunların yıpranma sürecini durdurmaya yönelik işlemlerin tümüne restorasyon denir. Yapıt, nesne hangi gereçten olursa olsun, sürekli birçok bozucu etkene maruz kalır. Organik gereçler kükürt dioksit, azot oksitleri, klorlu bileşikler ve ozon gibi kirli atmosferdeki zararlı gazlar tarafından kemirilir. Nem ve ısıdaki ani değişiklikler, her türlü gereçte çok ciddi bozulmalara yol açar , doğaltaş, don sonucu parçalanır. Günümüzde restorasyon tekniklerinin uygun ve verimli kullanılmasıyla, bu gibi olumsuz etkenleri giderme olasılığımız oldukça yüksektir (Ahunbay 2004).

5.1 Tarihi Anıtlarda Bozulmaya Neden Olan Etkenler

Anıtların onarımına geçilmeden önce, harap durumuna neden olan etkenler gözlem ve teknik incelemelerle araştırılıp saptanır. Bir hekimin hastasıyla konuşarak şikâyetini dinlemesi, anamnez alması gibi, restorasyonu yapacak olan mimar da kendini ancak hasarlarıyla anlatabilen anıtı dikkatle incelemek zorundadır. Onu çeşitli zamanlarda: yazın aşırı güneş altında, yağmur yağarken, karla örtüldüğünde inceleyerek, bu koşullardan nasıl etkilendiğini, nasıl davrandığını gözleyip kaydetmeli, çatlama, çiçeklenme, yosunlanma ve benzeri bozulmalarını saptayıp bunlara neden olan etkenleri araştırarak çalışmalarını sürdürmelidir. Mimar ancak yapıyı iyice tanıdıktan sonra tanısını koyarak iyileştirme çareleri bulmaya girişebilir. Hasar nedenlerini, bozulma sürecini kavramadan yapılacak mücadeleler yanlış olabilir, ya da tanı doğru konulmadığı için yapılan işlem amaca hizmet etmekten uzak durabilir. Hasar nedeni ortadan kaldırılmadığında bozulmalar devam eder, harcanan zaman ve emek boşa gider. Ayrıca gecikmeden ötürü hasar büyüyebilir, başka sorunlar ortaya çıkabilir.

5.2 Hatalı Malzeme Kullanımı

Antik çağdan bu yana anıtsal yapıların özenle seçilen malzemelerden yapılması mimarlık geleneğidir. Anadolu'nun birçok ören yerinde rastlanan tapınak, tiyatro gibi anıtlar iri boyutlu, dayanıklı taşlarla yapıldığı için günümüze kadar gelebilmişlerdir. Mimar Sinan İstanbul ' un genel görünümünü etkileyen Şehzade, Süleymaniye, Mihriban Sultan külliyelerini, Osmanlı döneminde Bakırköy çevresinde çıkarılan küfeki taşının yoğun ve homojen tabakalarından hazırlanan bloklarla inşa edilmiştir.

Geleneksel mimarlığımız taş, kerpiç, tuğla, ağaç gibi doğal kökenli malzemelerle oluşturulmuştur. Kullanılan malzemelerin iyi nitelikte olmaması, yapılan bozulmaları hızlandırmaktadır. Taşların içinde kil tabakalarının, başka yabancı maddelerin bulunması hızlı aşınmaya, taşın yabancı maddelerin bulunduğu tabaka ya da damardan kopup ayrılmasına neden olur. Tortul kütleler doğada yatay tabakalar halinde bulunurlar. Taşın binada doğadaki tabakalaşmasına uygun olarak ta yer alması önemlidir. İşlenmeleri sırasında cepheye gelecek noktalarına dikkat edilmeli, tabakasına başka bir deyişle suyuna göre biçimlendirilmelidir. Eğer blok, taşın suyuna ters olarak hızlanır ve tabakalaşmasına dikkat edilmeden yerine konursa, bozulma tabakaların cepheden geriye doğru katman katman dökülmesi şeklinde olur. Taşın genel yapısının dayanıksız olması da, kolayca ayrışıp dağılmasına neden olur. Perge ' de Büyük Hamam ' da ılık mekânın yan kapı kemerindeki bozulma iri konglomera bloklarıyla yapılmış olan kemerin taşlarından birinin parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Konglomeranın bağlayıcı harcının kolay çözülmesi sonucu çakıllar dağılmış, zayıflayan kemer taşı ezilmiş ve strüktürel bir bozulmaya neden olmuştur.

5.3 Kötü İşçilik ve Detay Kullanımı

Yapı oluşturan bileşenlerin uygun bir bağlayıcı malzeme ve teknikle birleştirilmeleri dayanımları açısından önemlidir. Kesme taş yapıları blokları birleştirmek için kullanılan kebet ve mil gibi korozyona uğrayabilecek demir bağlantı elemanlarının iyice izole edilmemesi sonucunda, derzlerden içeri giren su demir öğelerin paslanmasına neden olmaktadır. Paslanma sırasında hacmi büyüyen demir ve miller, yarattıkları iç gerilimle birleştirdikleri duvar bloğunu veya söve, sütun başlığı gibi mimari bileşenleri çatlatmakta, müdahale edilmeyip bozulma ilerlediğinde, mimari öge parçalanmaktadır.

İlk tasarım hatalarını düzeltmek bazen çok zor olabilir, hasarlar sürekli bakım ile giderilmeye çalışılır. Görünüş açısından bir sakınca bulunmadığı durumlarda daha uygun bir malzeme kullanımına gidilebilir: örneğin demir mil kenetleri paslanmaz çelik ya da titanyum ile yenilemek uygun bir çözümdür.

5.4 Uzun Süreli Doğal Etkenler

Yapılar uzun yıllar doğanın çeşitli etkenleri altında yıpranır ve sürekli bakım sağlanmazsa ciddi hasarlar gözlenir. Sıcak yaz günlerinde aşırı sıcak karşısında genişleyen malzemeler, soğuk kış günlerinde dona maruz kalır; ısı farkları, donma çözünme döngüleriyle malzemeler yorulur, yıpranır. Suyun kapilarite ile bina içindeki harekette yapı malzemelerinde hasara neden olmaktadır. Zeminden yükselen nem strüktürü ıslatarak taşıyıcı sisteme gelen yükü fazlalaştırdığı gibi ayrıca içinde taşıdığı tuzların duvar yüzeyinde buharlaşması sonucu çiçeklenmelere, duvarın fiziksel ve kimyasal yapısını bozucu etkilere sebep olabilmektedir.

Yağmur sularının bozulan bir çatı kaplaması veya deresinden dolayı binadan hızla uzaklaştırılamaması, yosun ve otların gelişmesine uygun bir ortam hazırlar. Bozuk olan ayrıntı çevresinde yosunlar yerleşir, ahşap çatı

ve döşemelerde mantarlar gelişir. Ciddi hasarların başlangıcı olabilecek bu bozulmaların sürekli bakımla giderilmesi gerekir.

Yağmur sularının yüzeyden akarken yaptıkları aşındırıcı etkide, özellikle kolayca aşınan taşlarla yapılmış anıtlarda önemli hasarlara yol açabilir. Kapadokya' da peribacaları ve kaya kiliselerinin alt kesimlerinde yüzey sularının “ topuk aşınması “ olarak tanımlanan oyulmalara neden oldukları gözlenmektedir. Anıtın zemine yakın kısmı oyulduğunda üst parçalar konsol durumda kalmakta, destekleme sağlanmadığında altı oyulan kısım koparak düşmektedir.

Suyla ilgili olan don olayı da anıtları da tahrip eden önemli etkenlerden biridir. Çatlaklara giren su donduğunda kama etkisi yaparak çatlakların büyümesine, büyük parçaların kopmasına yol açar. Eskişehir ' in 110 km güneydoğusunda bulunan Yazılıkaya köyündeki Midas anıtı üst kısmından aldığı suların etkisiyle gelişen ciddi bir çatlağın tehdi altındadır. Bakımsızlık, dikkatsizlik, kötü detaylandırma gibi etkenlerle birleşen don, düzeltilmesi güç ve çoğu zaman pahalı kayıplara neden olmaktadır. Örneğin Osmanlı yapılarında pencere sövelerinin alt kısımlarındaki parmaklık yuvaları kurşunla doldurulmadığında, bu boşluklara giren sular kışın don etkisiyle genişmekte, sövenin pencere demiri dışında kalan parçasını koparmaktadır. Liken ve mikroorganizmalar taşların üzerinde yerleşerek onların bozulmasına neden olur.

5.5 Hava Kirliliği

Atmosferi kirlüten sanayi atıkları, ısınma sistemleri, kömürle çalışan vapurlar, motorlu taşıtlardan çıkan zararlı gazlar, anıtların üzerinde kirli bir tabakanın oluşmasına, ayrıca taşları eriten asit yağmuruna sebep olmaktadır. Havadaki karbondioksit, kükürt dioksit ve kükürt trioksit gazlarının yağmur suyunda erimesiyle taşları eriten asitler oluşmaktadır. Islanan yüzeylerdeki bezemeler asitin aşındırıcı etkisiyle ayrıntılarını yitirmektedir. Arada sırada ıslanan cephelerde ise kara, geçirimsiz bir

tabaka oluşur. Cephelerde biriken kurum mimari ayrıntıların algılanmasını engellemekte, bu kir tabakası altında kalan taşlar özelliklerini yitirerek erimektedirler. Zamanla kabaran, dökülen kabuklar sülfatlaşma belirtisi gösterir. Gözenekleri kalsiyum sülfatla dolan taşlar, bozulma derinliğine bağlı olarak, yüzeyden ıslanma alanı sınırına kadar, tabaka halinde dökülür.

5.6 Restorasyon Teknikleri

Restorasyon uygulamalarına geçmeden önce yapılan araştırmalar ve belgeleme çalışmaları (anıtın tarihi, estetik ve teknik yönden incelenmesi, rölövesinin hazırlanması ve bozulmalarının saptanması) binanın ayrıntılı olarak tanınmasını sağlar. Ön araştırmalar sonunda elde edilen bilgiler hasar nedenlerini ortadan kaldıracak veya etkilerini azaltacak koruma tekniklerinin seçilerek uygulanmasını temel oluşturur. Onarımlarda geleneksel tekniklerin yanı sıra, çağdaş teknolojiden de yararlanılmaktadır.

Birçok ülkede tarihi yapılar yıllık ve beş yıllık programlar çerçevesinde incelenir ve saptanan hasarlara göre gerekli bakım ve onarımları yapılır; böylece yüksek maliyetli müdahalelere gerek kalmadan korunmaları sağlanır. Birdenbire ortaya çıkan yangın, deprem, toprak kayması gibi felaketler ise büyük ölçekli müdahaleler yapılmasını gerektirebilir (Ahunbay 2004).

Anıtların onarımları için genel olarak;

1. Sağlamaştırma
2. Bütünleme,
3. Yenileme,
4. Yeniden yapma (Rekonstrüksiyon)
5. Temizleme,
6. Taşıma

Tekniklerinden yararlanır. Çoğu kez bir anıtın restorasyonu için yukarıda sıralanan tekniklerden bir kaçını bir arada uygulanır. Örneğin yeniden kullanılması kararlaştırılan bir Osmanlı kervansarayının gelişigüzel

eklerden arındırılması, tehlikeli durumda olan taşıyıcılarının sağlamlaştırılması, bir bölümü yıkılmış olan tonozlarının yeniden yapılması ve içinin çağdaş kullanıma uygun olarak donanımı gerekli olabilir. Depremde kubbesi çatlayan, son cemaat yeri ve minaresi yıkılan bir caminin, hem strüktürel açıdan sağlamlaştırılması, hem de yıkılan son cemaat yeri ve minare gibi öğelerinin yeniden yapımı tekrar mimari gibi öğelerinin yeniden yapımı ile tekrar mimari bütünlüğüne kavuşturulması söz konusu olabilir.

Bilimsel restorasyonda olabildiğince az müdahaleyle, anıtın tarihi belge ve estetik değerinin korunmasının müdahalelerin derecesi, sağlamlaştırmadan yeniden yapım'a doğru artar. Koruma açısından en uygunu, sağlamlaştırmayla yetinmektir. Ancak anıttaki hasar derecesi arttıkça, müdahalenin kapsamı genişler; tarihi yapıya ekler getiren, dokusunu değiştiren tekniklerin (örneğin: bütünleme, yenileme) uygulanması zorunlu olabilir.

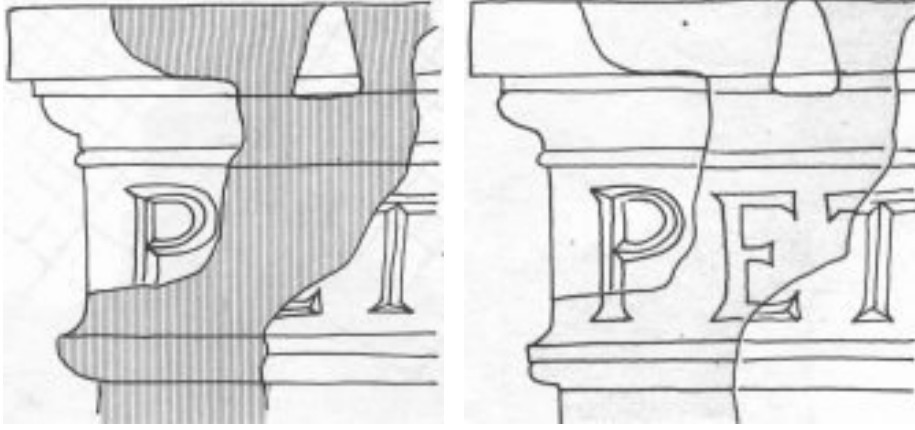
5.6.1 Sağlamlaştırma

Anıtta kullanılan malzemeler doğal etkilerle, zamanla bozulup harap olur. Soylu ve dayanıklı olarak kabul edilen taşlar da düzgün yüzeylerini yitirir, oyuk ve çatlaklarla dolu, kötü bir görünüm sergilerler. Koruma uzmanları özel kimyasal birleşimler kullanarak malzemelerin dokusunu sağlamlaştırır; bozulma sürecini bir ölçüde yavaşlatıp, özgün yapıyı daha uzun süre yaşatmaya çalışır.

5.6.2 Bütünleme (Reintegrasyon)

Bir bölümü hasar görmüş, ya da yapı ve öğeleri ilk tasarımlarındaki bütünlüğe kavuşturacak biçimde geleneksel, ya da çağdaş malzeme kullanarak tamamlama işlemine "bütünleme-reintegrasyon" denilmektedir. (Şekil 5.1). Yıkık durumda göze hoş gelmeyen bir yapı bütünlüğüne kavuşur, kullanılabilir duruma getirilir, hem de tümüyle yok olmaktan kurtarılabilir. İlk yapılışındaki işlevini yitirmiş, tekrar

kullanılmayacak durumda olan arkeolojik yapıların bütünlmesi söz konusu değildir.



Şekil 5.1: Tamamlama ve Tamamlayıcı Hatlar Uygulanması

Örneğin artık savunma işlevini sürdürmeyen İstanbul Kara surları'nın bütünlmesi gereksizdir. Arkeolojik ve peyzaj değeri taşıyan kalıntıların sağlamlaştırılarak korunması daha uygun bir yaklaşımdır. Buna karşılık, bir yangında kubbesinin bir bölümü yok olan Beylerbeyi Camii'nin tekrar kullanıma açılabilmesi için yarısı yanmış olan kubbesinin bütünlmesi gerekmiştir.

5.6.3 Yenileme, Yeniden Kullanım, Yeni İşleve Uyarlama (Renovasyon, Rehabilitasyon)

Zamanla değişen yaşam biçimi ve ona bağlı istekler nedeniyle birçok tarihi yapı işlevini yitirmekte, ilk yapılış amacından farklı bir işleve hizmet etmek için uygulanmaktadır. Hamam, kervansaray, tekke, manastır gibi tarihi yapı türleri ancak özel durumlarda özgün işlevlerini sürdürdüklerinden, bu yapı türlerinin farklı amaçlarla kullanılmaları zorunlu olmaktadır. Konut, otel gibi işlevleri günümüzde de geçerli olan binalar ise bugün yapılan benzerlerinin konfor koşullarını sunmaktan uzak olduklarından, işlevsel olarak eskিয়েক standart altı kalmakta, güncelleştirme yapılmadığında, terk edilerek harap olmaktadır. Yeniden işlevlendirme eski binaların yıkımdan kurtarılması için

bir araçtır. Bunun için bu çeşit bir kullanım arzu edilir, fakat bu nedenle yapının planı ya da süslemeleri değiştirilmemelidir. Ancak bu sınırlar içinde yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler tasarlanabilir ve buna izin verilebilir denilerek yeniden kullanımla ilgili temel yaklaşım ana çizgileriyle belirtilmiştir. Uygulamada bu ilke daha çok tarihi ve sanat değeri yüksek olan binalar için geçerli olmaktadır. Örneğin bir 16.yüzyıl hamamının ya da medresenin yeniden işlevlendirilmesinde, anıtın bütünlüğünün, tipolojik özelliklerinin, mekânsal ilişkilerinin zedelenmemesi, değiştirilmemesi istenir.

Çevresel özellikleriyle korunması istenen yapıların yeniden kullanımlarında, yeni işlevin dış görünümü bozmadan gerçekleştirilmesi arzu edilir. Bu binaların kurtarılması için tek ekonomik yol olan yeniden kullanım sırasında, iç düzenlemede daha esnek uygulamalara gidilmesi söz konusudur. Yangın, bakımsızlık nedeniyle döşeme ve tavanlarını yitirmiş ve ilk tasarıma ait yeterli veri bulunamayan 2.grup yapılarda, yeni bir iç düzenleme yapılmasına izin verilebilir. Çok önemli plan ve iç mekan değerlerine sahip olan yapılarda ise yeni kullanıma elverişli, serbest iç düzenlemeler uygulanmaktan çok tarihi mekanların anısını sürdüren düzenlemelere gidilmesi uygun olur.

5.6.4 Yeniden Yapım (Rekonstrüksiyon)

Tümüyle yıkılmış, yok olmuş, ya da çok harap durumda olan bir anıtın veya sitin elde bulunan belgelere dayanılarak yeniden yapılması ancak özel durumlarda kabul edilen bir uygulamadır. Yeni yapı, yerine yapıldığı yerin tarihi dokusuna, özgün malzeme ve işçiliğe sahip değildir. Bir kopya, tarihi yapının kütle ve mekânlarını ancak biçimsel olarak canlandırabilir, anıtın yerini alması olanaksızdır; kısaca tarihi değer taşımaz.

Bazı durumlarda yeniden yapıma gitmek kaçınılmaz olur. Bir kentin silüetinin önemli bir parçası, tarihi bir kompozisyonun ögesi olan yapıların yeniden yapılması gerekebilir. Rekonstrüksiyonun gerçekleşebilmesi için

yeniden yapımı olanaklı kılacak teknik verilerin, fotoğraf, rölöve ve benzeri grafik belgelerin var olması gerekir. Yıkılan yapıya/yapıtlar ait korunmuş parçaların, kapı, pencere, tavan bezemesi, silmeler vb. özenle ayrılarak saklanması, sağlanabilen tüm özgün parçaların yeni yapıda kullanılması rekonstrüksiyonun tarihi yapıyla ilişkilerine güçlendireceğinden yararlıdır.

5.6.5 Temizleme

Anıtların ve kentsel sitlerin genel etkisini bozan, tarihi ve estetik değeri taşımayan eklerden arındırılması işlemdir. Bu binaya, uzun yaşama sırasında, çeşitli tarihlerde, değişen sanat akımlarının temsilcileri tarafından yapılan ek ve bezemelerin üslup birliğine ulaşma kaygısıyla kaldırılması ise temizleme değildir.

5.6.5.1 Cephe Temizliği

Otomobil egzozlarından, ev ve fabrika bacalarından çıkan kurum ve isler havayı kirletir ve binaların cephelerinin kararmasına neden olurlar. Koyu bir kir tabakası mimari güzellikleri gizler; cepheleri kirli yapılar, çevrede yaşayanlara kasvet verir. Özellikle güneşe hasret kuzey ülkelerinde kara cephe endüstri kentleri olumsuz olarak etkilediklerinden, kent yönetimleri cephe temizliğine önem vermektedir. Cephe temizliği turizm açısından da önemlidir. Bakımlı, temiz cephe tarihi cepheler daha çekici olduklarından, Londra, Paris, Roma gibi kentlerde anıtların cephe temizlikleri periyodik olarak ele alınmaktadır.

Tarihi binaların cephelerinin temizliği, dikkatli yapılması gereken bir işlemdir; özensiz yapıldığında yüzeye zarar verir, bozulmayı hızlandırır. Temizliğin hangi teknikle yapılmasının uygun olduğuna karar verilebilmesi için önce cepheye oluşturan malzemenin türü, kir tabakasının niteliği, yüzey bozulmaları ve yapının bulunduğu ortamın özellikleri incelenir. Bu araştırmalar koruma kimyacıları tarafından yürütülür. Taş yüzeylerinin temizliği için tel fırça, zımpara kâğıdı veya spiral gibi aşındırıcılar

kullanılarak yüzeyler zedelenmektedir. İzin alınmadan temizlenen Molla Çelebi Camii cephesinde taşçı ustaları tarak ve madırğa ile cephenin en üst tabakasını kazımışlardır. Temizleme işlemi sırasında yalnız kir tabakasının kaldırılmasına, taş veya tuğla yüzeyin tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir. Oysa bu tür denetimsiz uygulamalarda, hem ilk taşçı ustasının taşı işlerken yüzeyde bıraktığı özgün izler, hem de taşın zamanla kazanmış olduğu patina yok edilmektedir. Temizlik için mekanik, kimyasal ya da ısı kaynaklı teknikler arasında seçim yapılması söz konusudur (Şekil 5.2).

Bu amaçla önceden yüzey üzerinde değişik teknik ve kimyasallarla temizlik denemeleri yapılır ve koruma açısından en uygunu seçilir.

1. Mekanik temizlik
2. Kimyasal temizlik
3. Suyla yıkama
4. Emici kil ve kâğıt hamurla uygulama
5. Emici jeller uygulanması



Şekil 5.2: Suyla Temizlik

5.6.6 Arkeolojik Restorasyon

Arkeolojik alanların korunmasıyla ilgili ilkeler çeşitli uluslar arası toplantılara konu olmuş, kalıntıların bakım ve onarımı, buluntuların saklanması yükümlülüğü kazıyı yapan arkeologlara verilmiştir. Bu görevler kazı yetki belgesinde tanımlanır ve bağlayıcıdır. Ancak koruma bir ekip çalışmasıyla gerçekleştirilebilir; strüktür ve zemin mühendisliği, malzeme,

kimya gibi bilim dallarıyla yakın ilişki kurulması gerekir. Önemli olan kazıda çalışan arkeolog ve mimarların koruma konusunda bilinçli olmalarıdır; gerektiğinde ivedi koruma işlemlerini yapabilecek kadar donanımlı olmalı fakat sorunları kendi birikimleri çözemediklerinde, özel koruma yöntemlerini uygulayabilecek uzmanlara başvurarak deneyimlerinden yararlanılmalıdır.

5.6.6.1 Taşıyıcı Düzenle İlgili Sorunlar

Arkeolojik alanlarda kazı sırasında ortaya çıkan mimari parçalar ender olarak sağlam ve bütündür. Restorasyon sırasında hasarlı, kırık parçaların birleştirilmesi, bütünlenmesi gerekir. Antik yatay ve düşey taşıyıcılara yük bindirmek malzemeyi zorlayıcı olabileceğinden, yeni bir taşıyıcı sistem oluşturulması yeğlenmektedir. Burada taşıyıcı sistem kalın duvar içine yerleştirilen bir betonarme çerçeve ve ondan taşan konsollardan oluşmaktadır.

5.6.6.2 Malzeme sorunu

Onarımda kullanılmayacak kadar harap olmuş mimari parçaların yerine kopyalarının hazırlanması gerekebilir. Öncelikle bütünleme ve yenilemelerin hangi malzeme ile yapılacağıının belirlenmesi gerekir. Eğer Özgün malzeme hala sağlanabiliyorsa en iyisi özgün malzeme kullanılmasıdır. Yunanistan'ın Parthenon tapınağı eski mermer ocakları işletilerek elde edilen mermer bloklar kullanılarak onarılmaktadır. Ancak eski taş ocaklarının yerlerinin bilinmemesi, ocakların artık işletilmemesi, başka çözüm yollarına yöneltebilir. Bu durumda yapay taş kullanımına gidilebilir. Özgün taşın rengine ve yapısına uyum sağlayabilmek için malzeme araştırması yapılır; taş tozu ve kırığı ile gerekli bağlayıcı katkıları eklenerek uygun fiziksel ve kimyasal özellikler elde edilebilir. Dökme tekniğiyle hazırlanan yeni parçaların gerçeğe yakın biçim alabilmeleri için silikon, kauçuk, lâteks gibi kalıp malzemelerinden yararlanılmaktadır.

Özgün parçalardan alınan ayrıntılar aynen veya soyutlama yapılarak kullanılmaktadır.

Bütünlenecek parçalarda yapay taşın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin doğal taşa uyumuna dikkat edilmelidir. Özellikle boşluklu taşlardan yapılmış sütunların gövdelerinin oyulması ve çekirdeğin betonla doldurulması sakıncalı olabilmekte, yapay taş farklı genişerek doğal taşı çatlatacak gerilimler yaratabilmektedir. Bu tür hasarlar Yunanistan'da yapılan bazı onarımlarda gözlemiştir. İklim koşullarının zorladığı durumlarda, yüzeysel yamalar da uzun ömürlü olmaktadır. Özgün parçaların kırıklarının birleştirmek için titanyum, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yararlanılır. Korozyona karşı güvenlik sağlamak için metal bağlantı elemanlarını kurşun ya da epoksi reçine gibi koruyucularla iyice örtülmesi gerekir. Bu işlemler mimari parçaların içleri boşaltılarak veya yüzeye yakın bağlantılarla gerçekleştirilmiştir. Zamanla paslanan demir hem taşıyıcılı özelliğini yitirmiş hem de mermerleri çatlatmaya başlamıştır. (Ahunbay 2004).

6. RESTORASYON UYGULAMALARI

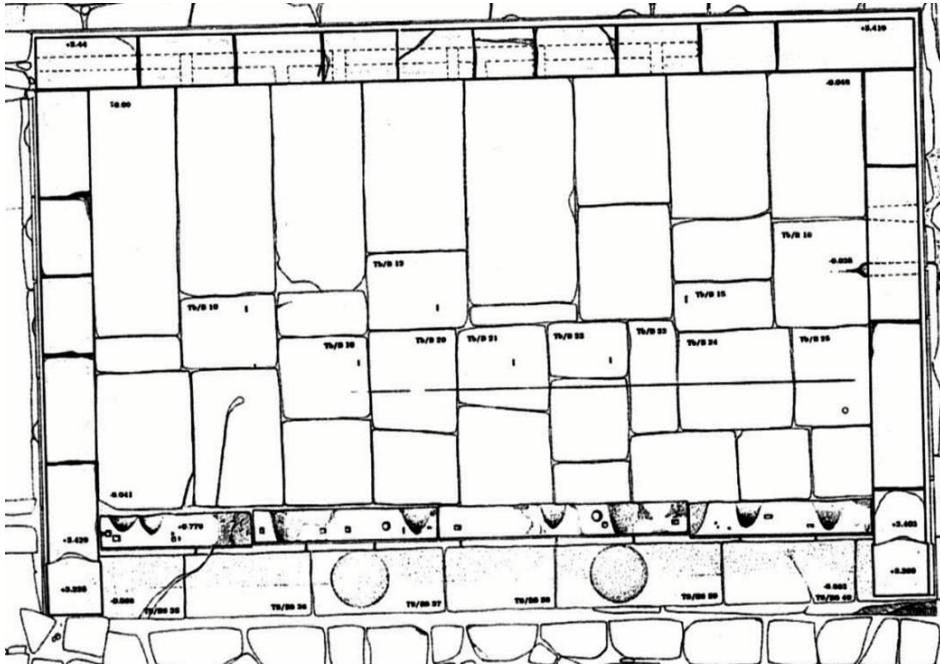
6.1 Kaunos Liman Agorası Çeşme Binası

Kaunos antik kentinde yapılan 36 yıllık kazı sonrasında liman agorası güney köşesinde bulunan çeşme binasının restorasyon ve rekonstrüksiyonuna karar verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler İscehisar'da mermer el sanatkarları tarafından işlenmiş ve yerine monte edilmiştir. Bu şekilde antik kentlerin rekonstrüksiyonunda doğaltaş işlemeciliğinin önemi yeniden gündeme gelmektedir (Işık 2006).

6.1.1 Kaunos Liman Agorası Çeşme Binası'nın Restorasyonu

Zamanında Liman Agorası'na hayat veren bu Çeşme Binası'nın restorasyonuna, gün yüzüne çıkartıldığından tam 36 yıl sonra karar verilmiştir. Amaç, yapıya kendi dönemindeki fonksiyonunu yeniden kazandırmak ve böylece ziyaretçiler için kenti algılanabilir kılmak; onlara, kendilerini bir "Kaunoslu" gibi hissettirmektir. Bu bağlamda Bina'nın ilk kullanım evresine göre restorasyon projesi çizilmiş ve kurullardan gerekli izin alınarak 2005 yılı kazı mevsiminde restorasyon çalışmalarına başlanılmıştır.

Agora'nın güneydoğu köşesine inşa edilmiş olan Çeşme Binası, Afyon Kocatepe Üniversitesi ile yapılan işbirliği çerçevesinde gerçekleştirilen restorasyonu yapılmıştır. Çeşme Binası, 5,36x8,02 m. boyutunda ve dikdörtgen planlı yapı, çoğu Hellenistik Dönem çeşme binaları gibi görkemli bir teras duvarı önünde ve Kentin ana arterlerden birinin kenarındadır. Malzemesi açık mavi travertenden kesilmiş ve her üç duvarı da architrav yüksekliğine kadar korunmuş altı blok sıradan oluşmaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1: Kaunos Liman Agorası Çeşme Binası (Işık 2006).

Yapının taban, duvar ve parapetine ait blokların yüzeyleri hem kullanımından kaynaklanan aşınmalar ve hem de inşasına yönelik yapı tekniğinin izlerini göstermektedir (Şekil 6.2-6.3).

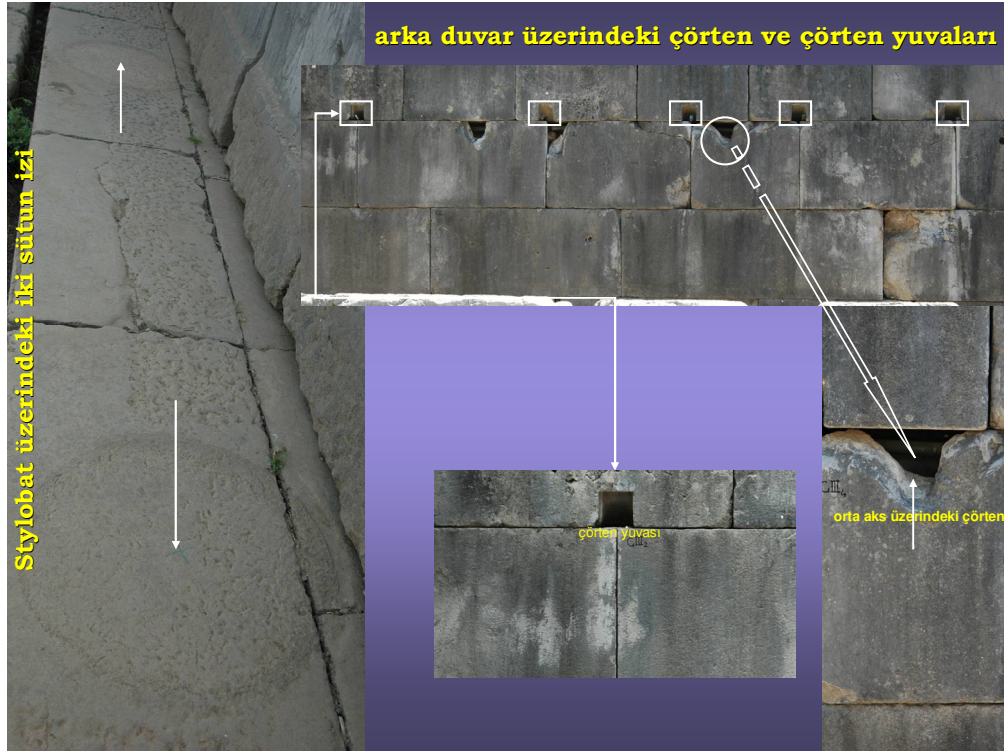


Şekil 6.2: Parapet Bloklarının Üzerindeki Aşınmalar ve Çörten Yuvalarının Görünümleri



Şekil 6.3: İşçilik ve Aşınma Sonucu Yan ve Arka Duvarlarda Oluşan Dikey ve Yatay İzlerin Görünümleri

Bunlar arasında, taban blokları üzerindeki kanırtma yuvaları ve aşınmalar ile yuvalar; yan duvarların iç yüzeyindeki aşınma çizgileri, yatay ve dikey anathrosis ve dübel yuvaları; arka duvar yüzeyindeki kademeli aşınma çizgileri ve farklı iki formdaki çörten ağızları; parapet blokları üzerindeki konikal aşınmalar ve çörten yuvaları sayılabilir. (Şekil 6.4).



Şekil 6.4: Arka Duvar Üzerindeki Çörten ve Çörten Yuvaları Görünümleri

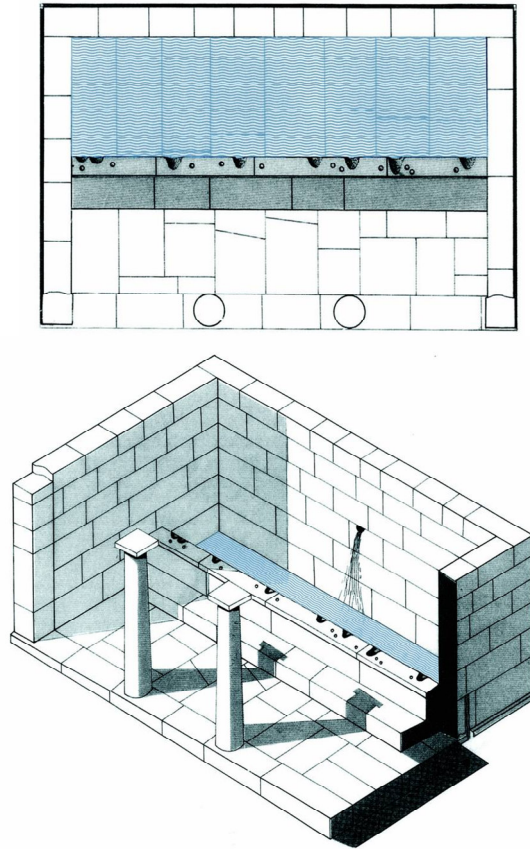
İşte bütün bu izler, temel yapısında değil, ama kullanımına yönelik plan değişimi ile Çeşme Binası'nın Kaunos halkına yüzyıllar boyu hizmet verdiğini anlatmaktadır. Çeşme Binası, Kaunos halkına 2 Evrede hizmet etmiş olup bu evreler kısaca şu şekilde özetlenebilir.

6.1.1.1 I. Evre

Çeşme Binasının, ilk plan yapısının ve kullanım şeklinin anlaşılmasında, taban blokları üzerindeki çift sıra "kanırtma" yuvaları ile stylobat yüzeyindeki iki sütun yuvası, arka duvar üzerindeki farklı iki formda açılmış

çörtten yuvaları önemli rol oynamıştır. Yan duvarların yaklaşık ortasındaki dikey ve altta öne uzanan yatay anathyrosisler ile batı duvarda açılmış tahliye ve boşaltma kanalları, arka duvar üzerinde de devam eden seviye izleri, parapet bloklarının iç yüzündeki farklı ölçülerde oluşmuş konik formlu sürtünme yuvaları gibi yapım ve kullanımına yönelik izler de bu düşüncüyü kuvvetlendirmiştir. Anta duvarları arasındaki iki sütunuyla *in-antis* tarzda (Işık 1998) inşa edilmiş olan Çeşme, bu evrede iki ana mekan olarak tasarlanmıştır (Şekil 6.5).

İlk Evre: Klasik Çağ Sonu



Şekil 6.5: İlk evre Klasik Çağ Sonu (Işık 2006).

Havuz ve Önavlü. Tabandaki arka sıra kanırtma yuvaları ile yan duvarlardaki dikey anathyrosisler dikkate alındığında saptanmıştır ki, her iki mekanı farklı uzunluktaki dört bloktan oluşan bir parapet ayırmaktadır. 0,30 m genişliğindeki bu parapetin zamanındaki yüksekliği 0,90 m

olmalıydı. Böylece parapet ve arka duvar arasında 6,90x1,90 m boyutunda bir Havuz oluşturulmuştur. Arka duvarın üçüncü sıra blokları üzerine oyularak açılmış olan bir kanal içinden akıtılan su da, duvarın orta aksındaki yuvarlak alt profilli tek çörtenden sürekli olarak hazneyi boşalmaktadır. Batı duvar üzerine açılmış bir tahliye kanalı ile de, suyun parapet üzerinden taşması engellenmiştir. Parapetin hemen dibinde, tabanla batı duvarın birleştiği yerde açılmış bir başka kanal, bu defa havuzun temizliğinde kullanılan “boşaltma” kanalıdır. Bu defa tabandaki birinci sıra kanıtma yuvaları ve yan duvarlardaki yatay anathyrosisler ise, 0,30 m. yükseklik ve 0,55 m. genişliğindeki tek bir basamağın burada, parapetin hemen önünde uzandığına işaret etmektedir.

Parapet bloklarının iç yüzeyleri üzerinde oluşmuş farklı uzunluk, farklı genişlik ve farklı derinlikteki konikal aşınmalar da, kesinlikle suyun alımı ile ilgilidir: Kadınlar, basamak üzerine çıkıp, ellerindeki testilerini iki yan kulpundan tutarak havuza daldırıyor ve dolumdan sonra da parapete sürterek geri çekip, testinin sivri dibini parapet üzerindeki yuvalara oturtuyorlardı. Sonrasında ise, testinin bir yan ve bir dik kulpundan tutarak, taşımak üzere başları üzerine kaldırıyorlardı, tıpkı siyah-figür tekniğinde boyanmış vazolar üzerindeki “çeşme başı” sahnelerindeki gibi.

Çeşme Binası'nın bu ilk planında ne zaman inşa edilmiş olduğunu ve ne kadar bir zaman dilimi içinde kullanılmış olduğu konusunda bizleri aydınlatacak çok az arkeolojik belge vardır. Bir kere, yeri, tarzı (*in-antis*) ve temel planı ile Peleponnes'de, özellikle Erken Hellenistik Dönem için karakteristik olan çeşme örneklerine çok yakın benzerlik gösterir.

Bu tarih, çeşmeye su getiren destek duvarı ile arkasındaki görkemli teras duvarı arasında ele geçen “yapı adağı” malzemesiyle desteklenmektedir. Biberon, unguentarium, kernos-kandil ve minyatür tabaklardan oluşan bu adak eşyasının hemen hepsi stil olarak İÖ. 3. yüzyılın ilk çeyreği ürünüdürler. Bunlara dayanarak, Çeşme Binası'nın inşası en geç İÖ 3. yüzyılın başları olmalıdır. Kullanımından kaynaklanan aşınmaların

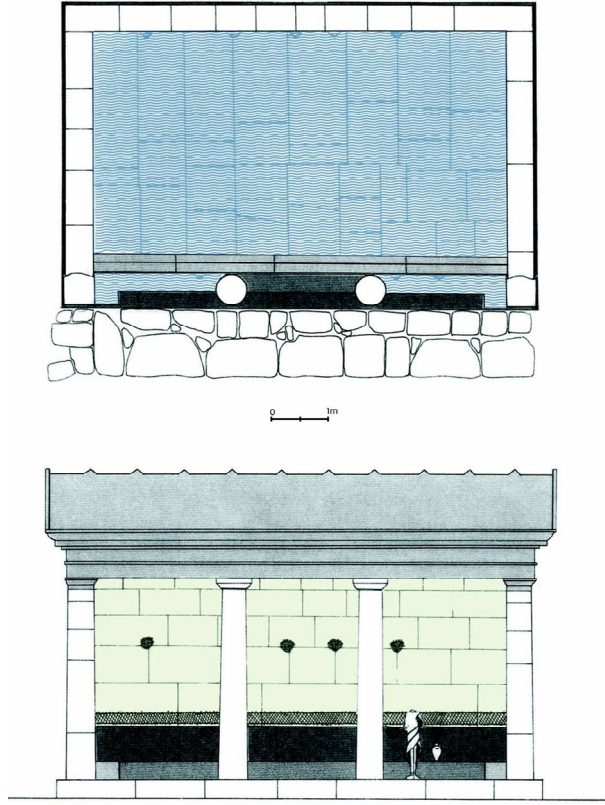
derinliğine dayanarak da, bu plan yapısıyla Çeşme'nin en az üçyüz yıl hizmet verdiğini düşünmek yanlış olmayacaktır (Işık 2006).

6.1.1.2 II. Evre

1969 yılındaki kazılar ile gün yüzüne çıkan plan, Çeşme'nin II. Evresi'ne aittir (Şekil 6.6): Parapet blokları buldukları pozisyonda öne, iki sütunun hemen arkasına çekilmiştir. Bir anlamda Önmekan'dan vazgeçilmiştir ve Havuz genişletilerek 6,90x3,85 m. ölçülerine getirilmiştir. Arka duvar üzerine açılmış kare formlu beş çörten yuvasının gösterdiği gibi su, bu yuvalar içine monte edilen çörten ağızlarından yine sürekli olarak akmaktaydı. Parapet blokları üzerine bu defa çörten delikleri açılarak suyun, izlerden anlaşıldığına göre, zamanında parapet önüne yerleştirilmiş bir ahşap yalak içine tahliye olması sağlanmıştır (Işık 1998).

Parapetin hemen üzerine gelen yan duvarlardaki alt alta iki dübel yuvasından hareketle söylenebilir ki, bu evrede parapet üzerine ahşap bir perde çekilmiştir. Böylece kadınların testilerini Havuz içine daldırması engellenmiş, onları çörtenlerden akan suyun akışına göre yalak üzerinde eğik tutarak doluma bırakmaları sağlanmıştır. Bu eylemin rahatlığı için ise, stylobat ile cadde arasına bir basamak eklenmiştir. Çeşme'nin kullanım yapısındaki bu değişiklik, aşağıda kısaca değineceğimiz "gümrük nizamnamesi" ne göre İmparator Hadrian Dönemi'nde yapılmıştır. Bu dönem, kentteki imar faaliyetlerinin canlı olduğu bir dönemdir.

Çeşme Binası, Kaunos'taki Hıristiyanlık Dönemi öncesine ait yapılar arasında en iyi korunmuş yapıdır. Bunun nedeni hiç kuşku yoktur ki, suya duyulan ihtiyaçtır. İşte bu nedenle hayati önem taşıyan bu bina, II Evre'deki kullanım planı üzerinde köklü bir değişiklik yapılmaksızın kentin son sakinlerince de kullanılmıştır.



Şekil 6.6: İkinci evre Klasik Çağ Sonu (Işık 2006).

6.2 Çeşme Binası'nın Restorasyonu

Zamanında Liman Agorası'na hayat veren bu Çeşme Binası'nın restorasyonuna, gün yüzüne çıkartıldığından tam 36 yıl sonra karar verilmiştir. Amaç, yapıya kendi dönemindeki fonksiyonunu yeniden kazandırmak ve böylece ziyaretçiler için kenti algılanabilir kılmaktır; onlara, kendilerini bir "Kaunoslu" gibi hissettirmektir. Bu bağlamda Bina'nın ilk kullanım evresine göre restorasyon projesi çizilmiş ve kurullardan gerekli izin alınarak 2005 yılı kazı mevsiminde restorasyon çalışmalarına başlanılmıştır (Şekil 6.7). Restorasyon, birbirini takip eden dört ayrı program çerçevesinde gerçekleştirilmiştir: Bunlar söküm; konservasyon; imalat; izolasyon ve kurum olarak sıralanmaktadır.



Şekil 6.7: Kaunos/Hadrian Çeşmesi Restorasyon Binası (Işık 2006).

6.2.1 Söküm

Gün ışığına çıkartıldığı 1969 yılında bloklarının tekrar yerlerine konulmasıyla Çeşme Binası'nın yalnızca duvarları ayağa kaldırılmış ve

aradan geçen zaman içinde de hiçbir müdahalede bulunulmamıştır. Oysa o yıllardaki yöntemle konservasyonları yapılan bloklar artık çözülmeye başlamıştır. Bu da konservasyonlarının güncel yöntemle yenilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Ayrıca, özellikle yazıtlı bloklar içinde yerinde olmayan, ters yerleştirilmiş olanlar da vardır ki, bunların doğru konulmalarının da zamanı gelmiştir. Bütün bu nedenlerle Çeşme duvarının blokları önce kendi içlerinde numaralandırılarak sökülmüş ve teker teker kontrol edilerek ayırımları yapılmıştır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: Blokların Sökümü

Konservasyonlarına gerek duyulmayanlar Agora düzlüğünde istiflenmiştir; diğerleri ise, konservasyonları yapılmak üzere Murena Anıtı önündeki düz alana konmuşlardır. Aynı işlem, parapet blokları için de uygulanmıştır. Uygulanabilir Proje gereği bunda zorunlu olduğu için yapılmıştır. Çünkü restorasyonu sonrasında Çeşme, ilk yapım evresindeki kullanımına getirilmiş ve parapeti oluşturan blokların da konservasyonları yapılmıştır.

6.2.2 Konservasyon

Konservasyonları zorunlu olan bloklar önceden tek tek mercek altına alınmış ve her biri için neler yapılması konusunda saptamalarda bulunulmuştur. Öncelikle yapılması gereken, müdahale edilecek olan yüzeylerin temizliği olmuştur: Kaba temizlik için “murç” ve “tel fırça”; yüzeyin ince temizliği için ise, hava ile çalışan “tak tak” aleti kullanılmıştır (Işık 2006). Her çalışmanın ardından tutulan hava pompası sayesinde tüm sath sağlam bir yüzeye getirilmiştir. Sonrasında, yapıştırılacak yüzeyler birbirleri üzerine geçici olarak oturtulmuş ve temas eden dış kontur kalemle belirlenmiştir. Yüzey temizliği, bu işaretli alan içinde bir kez daha yapılmıştır. Sıra, yüzeylerin hazırlanmış olan kimyasalla yapıştırılmasına gelmiştir: Taş tozu ile karıştırılmış “epoksi”. Bu yapıştırıcı, günümüz restorasyonlarında tercih edilen bir malzemedir. Yüzeylerin epoksi ile sıvanmasının ardından yapışacak yüzeyler yanak yanağa oturtulmuş ve hemen kaldırılarak, yapıştırıcının tüm yüzeye yayılmış olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kırık kırığa yerleştirilen yüzeylerin derzlerinden epoksinin dışa sızması için, derz plasterinle kapatılmıştır. Bazı blokların yapışan parçaları o derece büyüktür ki, bunların aynı zamanda dübelle de tutturulmalarına gerek duyulmuştur. Öncelikle dübel yuvalarının açılacağı noktalar ve uzunlukları belirlenmiştir. Yuvalar açıldıktan sonra içlerine “fiber” çubuklar konulmuş ve yuva içine akıtılan epoksi ile de bu fiber çubuklar sıkıştırılmıştır. İşlemleri tamamlanan bloklar “cır cır” yardımıyla iyice sıkılarak bir-kaç gün donmaya bırakılmışlardır. Bazı bloklar maalesef öylesine tahrip olmuşlardır ki, adeta içleri boşalmıştır; bazılarında ise eksik kısımlar vardır. Bunların konservasyonlarında ayrı yöntemler uygulanmıştır: Boşluklara epoksi akıtılmış; eksik parçalar keza yine epoksi ile tamamlanmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9: Blokların Konservasyonu ve Tamamlanması

6.2.3 İmalat

Arazideki bütün bu işler yapılırken, özenle organizasyonu yapıp, takip edilmesi gereken önemli bir başka görevimiz daha vardı: Projeye göre imal edilmesi gereken blokların zamanı içinde gereği gibi hazırlanması ve yerine ulaştırılması. Kullanılacak olan mermerin cinsi ve buna uygun yatağın tespiti, öncelikli işimizdi. Bu konuda Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi ile işbirliği içine girilmiştir. Ve onun yönlendirmesiyle hem uygun mermer malzeme temin edilmiş ve hem de bu malzemeyi olması gerektiği gibi işleyebilecek ustalara ulaşılmıştır. DEMMER Demireller Mermer Sanayi ve Tic. A.Ş. sponsorluğunda malzeme, antik çağların DOKYMAION'undan çıkartılmıştır. Onları işleyenler de Dokymaion (İscehisar) ustalarının bugünkü torunları olmuştur (Sariisik ve diğerleri 2006). Antik Çağ geleneğini büyük bir titizlikle sürdüren bu ustalarla, son murç darbesine kadar birebir irtibatta kalınmıştır.



Şekil 6.10: İmalat



Haznenin İzolasyonu



Şekil 6.11: Haznenin İzolasyonu

6.2. 4 İzolasyon

Çeşme Binası'nın kurum aşamasında, bu çalışmaya paralel olarak Havuz kısmının izolasyonu yapılmıştır. Bu bağlamda, havuzu sınırlayan yan duvarlar, taban ve parapet blokları arasındaki yatay ve dikey derzlerin öncelikle titiz bir temizliği yapılmış ve sonrasında dışardan alçı ile kapatılmıştır. Bu ön hazırlığın ardından yine epoksi, taş tozu ve bu defa ilaveten akrilit kireç karışımından oluşan malzeme derzler içine akıtılarak izolasyonları sağlanmıştır (Şekil 6.11).

6.2.5 Kurum

Daha önceden konservasyonları tamamlanan orijinal bloklar, sağlam diğer bloklarla birlikte yeniden, bu defa ama kendi zamanındaki orijinal yerlerine konularak Çeşme'nin duvarları yeniden ayağa kaldırılmıştır; parapet blokları da ilk evresindeki kendi yerlerine çekilmiştir. İscehisar'da hazırlanıp gelen cephe bloklarının ise, öncelikle yapının orijinal malzemesiyle uyumu sağlanmıştır.



Yeni blokların kurumuna anta başlıklarıyla başlanılmıştır; sütünların oturacağı yüzeyler dakik olarak belirlenmiş ve silinmiştir; sonrasında sütünlar dikilmiştir. Başlıkların da yerlerine oturtulmasının ardından, sıra architrav bloklarının hem yatayda ve hem de düşeyde özenle yerleştirilmesine gelmiştir. Önceden dübellenerak kaldırma halkaları takılan friz blokları, yine aynı titiz çalışmayla architrav üzerindeki yerlerine konulmuşlardır. Son olarak onun da üzerine geison blokları konulmuştur. Bu kurum işleminin tamamlanması ile birlikte orta aks üzerindeki çörtenden de havuza su akıtılması sağlanınca, Çeşme kendi dönemindeki cephe görünümüne ve işlevine 2300 yıl sonra yeniden kavuşmuştur (Şekil 6.12).

7. BULGULAR

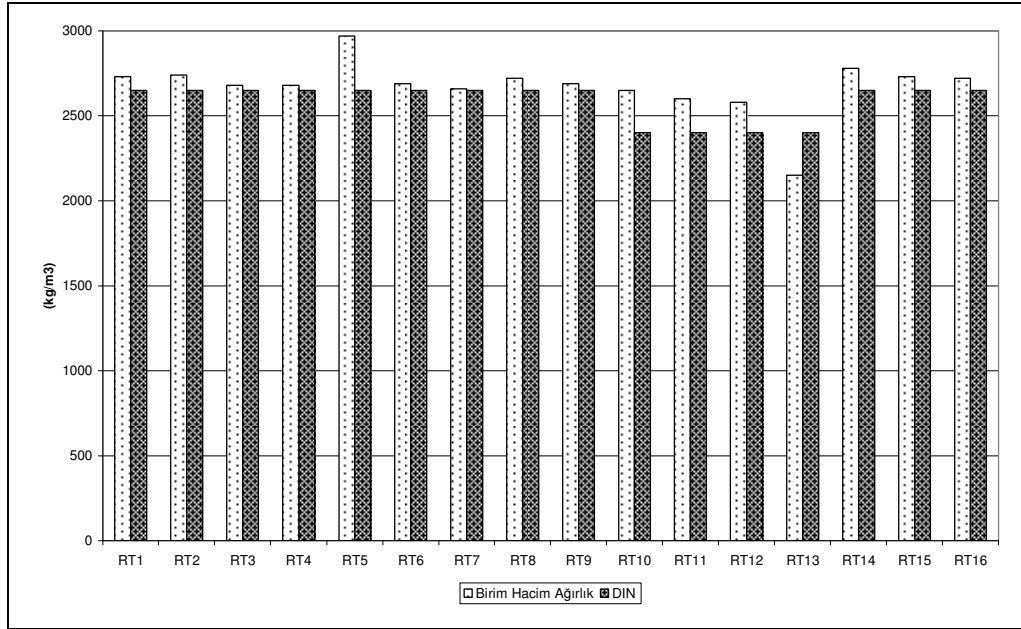
7.1 Deney Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde; fiziko-mekanik özellikler DIN standartlarına göre karşılaştırılması, restorasyonda kullanılan doğal taşların kullanım yerlerine göre mineralojik - petrografik özelliklerin etkisi ve fiziko-mekanik özelliklere etkileri incelenmiştir. Ayrıca restorasyonda kullanılan doğal taşların uygulama alanları belirlenmiştir.

7.2 Deney Numunelerinin DIN Standartlarına Göre Değerlendirmesi

7.2.1 Birim Hacim Ağırlığı

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken Birim Hacim Ağırlığının sınır değerleri Şekil 7.1'de verilmiştir. DIN'e göre (DIN EN 1936) Mermer ve kireçtaşının birim hacim ağırlık sınır değeri 2650 kg/m^3 , travertenler de ise 2400 kg/m^3 'dir. Denizli Traverten (RT13) 2150 kg/m^3 ile DIN standartlarına göre sınır değerlerinin altında kalmıştır. Diğer numuneler ise DIN standartlarına göre sınır değerlerinin üstünde yer almaktadır.

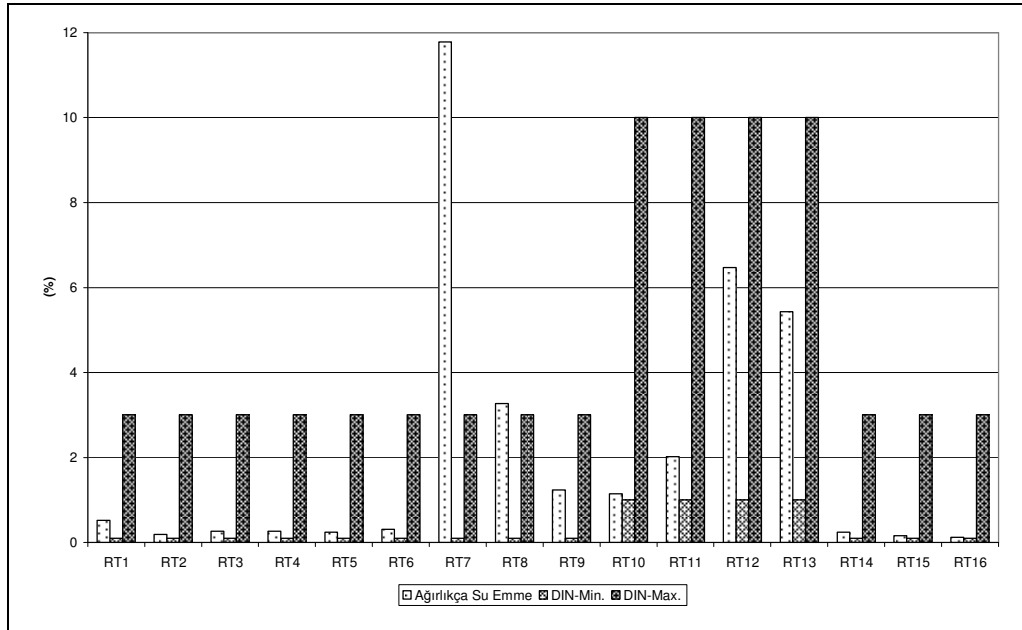


Şekil 7.1: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Birim Hacim Ağırlık Değerleri

7.2.2 Ağırlıkça Su Emme

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken Ağırlıkça Su Emme sınır değerleri Şekil 7.2'de verilmiştir.

DIN'e göre (DIN EN 13755) Mermerler de su emme sınır değeri % 0,1-3 , travertenler de ise %1-10 arasındadır. DIN standartlarına göre kireçtaşı grubunda yer alan Küfeki (RT7) doğal taşı sınır değerinden yüksek çıkmaktadır.



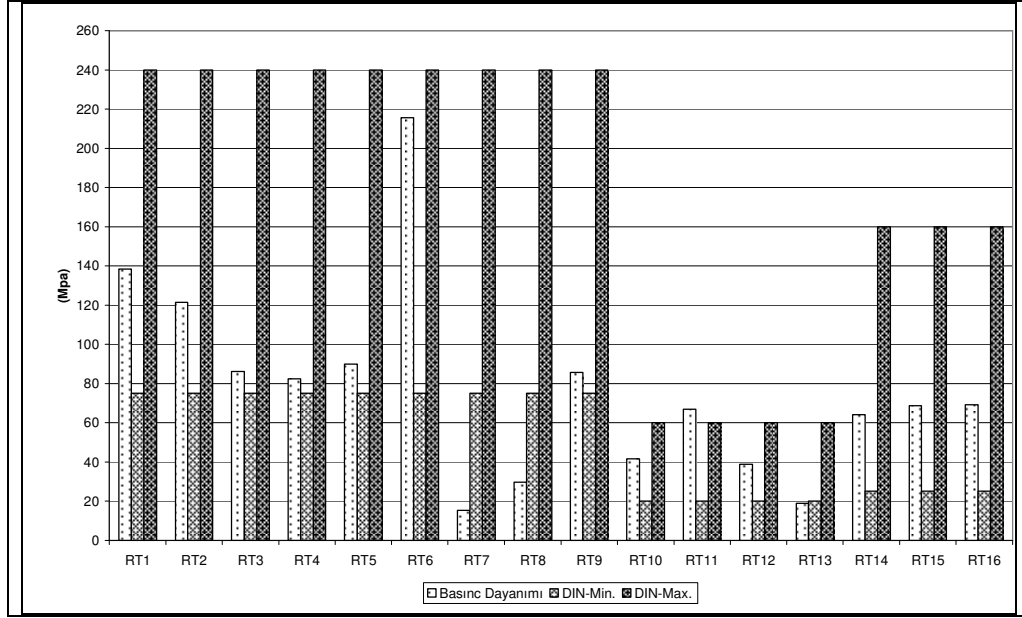
Şekil 7.2: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Ağırlıkça Su Emme Değerleri

7.2.3 Basınç Dayanımı

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken Basınç Dayanımı sınır değerleri Şekil 7.3'de verilmiştir.

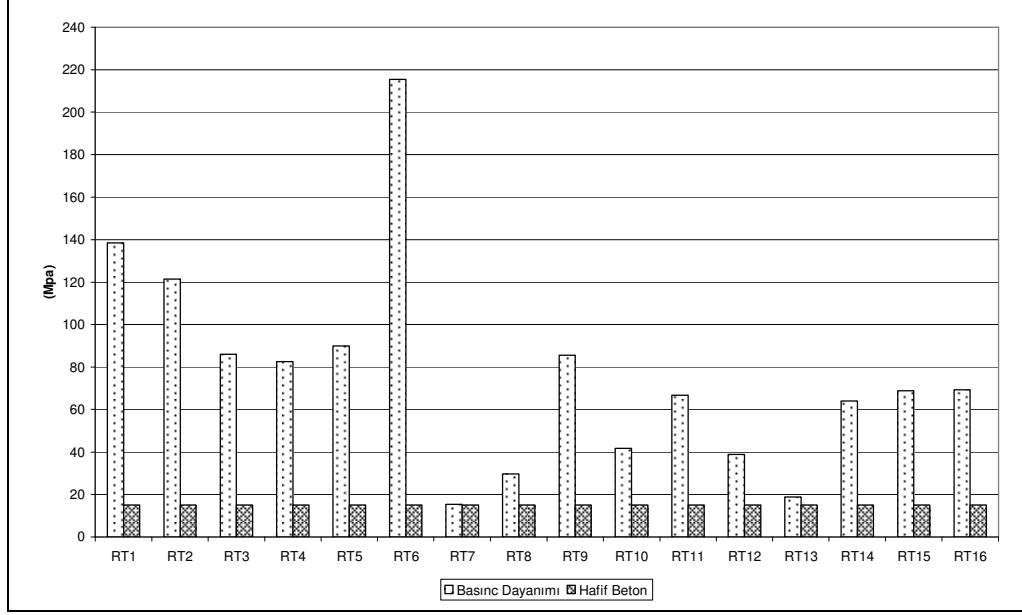
DIN'e göre (DIN EN 1926) Kireçtaşının basınç dayanım sınır değeri 75-240 Mpa , mermerler de 25-160 Mpa, travertenler de ise 20-60 Mpa'dır.

DIN'e göre kaplama sınır değeri Küfeki (RT7) kireçtaşı 15,28 Mpa, Limra (RT8) kireçtaşı 29, 72 Mpa ve Denizli Traverten (RT13) 18,89 Mpa sınır değerleri düşük çıkmıştır. RT7, RT8 ve RT13 doğaltaşları döşeme kaplamada kullanımı uygun değildir.



Şekil 7.3: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Basınc Dayanım Değerleri

Küfeki doğaltaşının DIN standartlara (DIN EN 1936) göre birim hacim ağırlık sınır değeri 2690 kg/m^3 ile uygundur. Basınc dayanımında 15,28 Mpa ile min. ve max. DIN standartlarının (DIN EN 1926) altında olduğu için döşeme ve kaplamada uygun değildir. İnşaat sektöründe yapı elmanı olarak kullanılan hafif beton malzemesi ile küfeki taşı karşılaştırdığımızda, DIN 1045 standartlarına göre 15 Mpa ile basınc dayanımı ve birim hacim ağırlık değerlerinde bir uyum gözlenmektedir(Şekil 7.4). Buna göre küfeki taşı DIN standartlarına göre yapı elmanı olarak kullanılabilir.



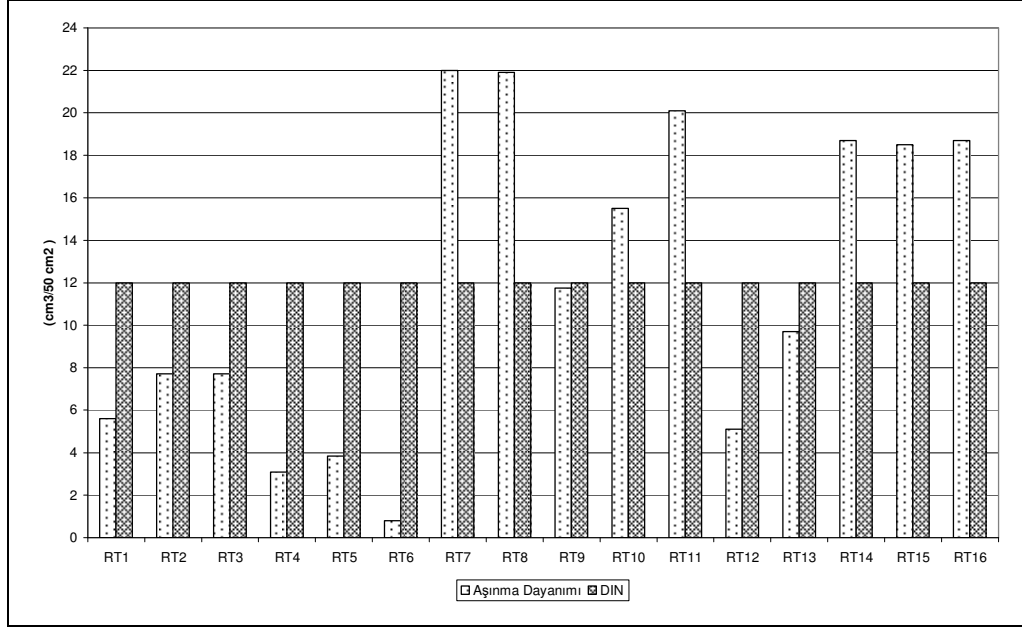
Şekil 7.4: Doğaltaşların ve Hafif Betonun DIN Normlarına Göre Basınc Dayanım Değerleri

7.2.4 Aşınma Dayanımı

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken Aşınma dayanımı sınır değerleri Şekil 7.5'de verilmiştir.

DIN standartlarına göre (DIN 52108) Mermer, kireçtaşı ve travertenlerin aşınma dayanım sınır değeri $12 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'dır. Buna göre Küfeki (RT7), $22 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, Limra (RT8) $21,90 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, Gümüş Traverten $15,50 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ (RT10), Afyon Traverten (RT11) $20,09 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, Salome (RT14) $18,70 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, Afyon Şeker (RT15) $18,50 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ve Afyon Grili Şeker (RT16) $18,70 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ sınır değerleri yüksek çıkmıştır.

RT7, RT8, RT10, RT11, RT14, RT15 ve RT16 doğaltaşları, özellikle sirkülasyonun yoğun olduğu yerlerde döşeme kaplamada kullanımı uygun değildir.

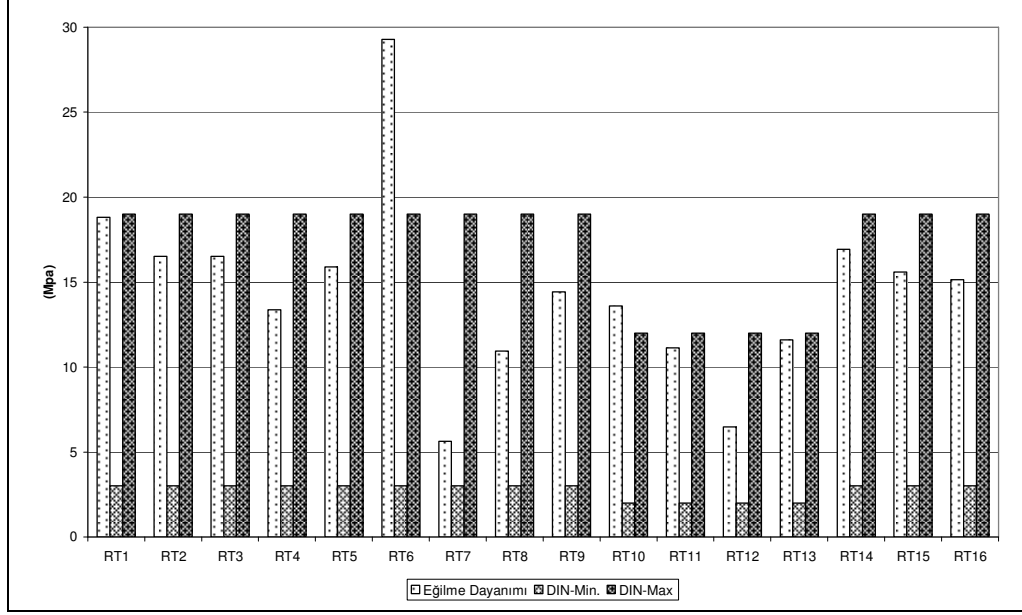


Şekil 7.5: Doğal taşların DIN Normlarına Göre Aşınma Dayanım Değerleri

7.2.5 Eğilme Dayanımı

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken Eğilme dayanımı sınır değerleri Şekil 7.6'da verilmiştir.

DIN standartlarına göre (DIN EN 12372) Mermer ve kireçtaşının eğilme dayanım sınır değeri 3-19 Mpa, travertenler de ise 2-12 Mpa'dır. Buna göre Dumluözcan (RT6) kireçtaşı 29,30 Mpa, sınır değeri yüksek, Küfeki (RT7) kireçtaşı 5,62 Mpa, Limra (RT8) kireçtaşı 10,93 Mpa, Afyon Traverten (RT11) 11,12 Mpa, Sincanlı Traverten (RT12) 6,47 Mpa ve Denizli Traverten (RT13) 11,6 Mpa ile max. sınır değerleri düşük çıkmıştır.

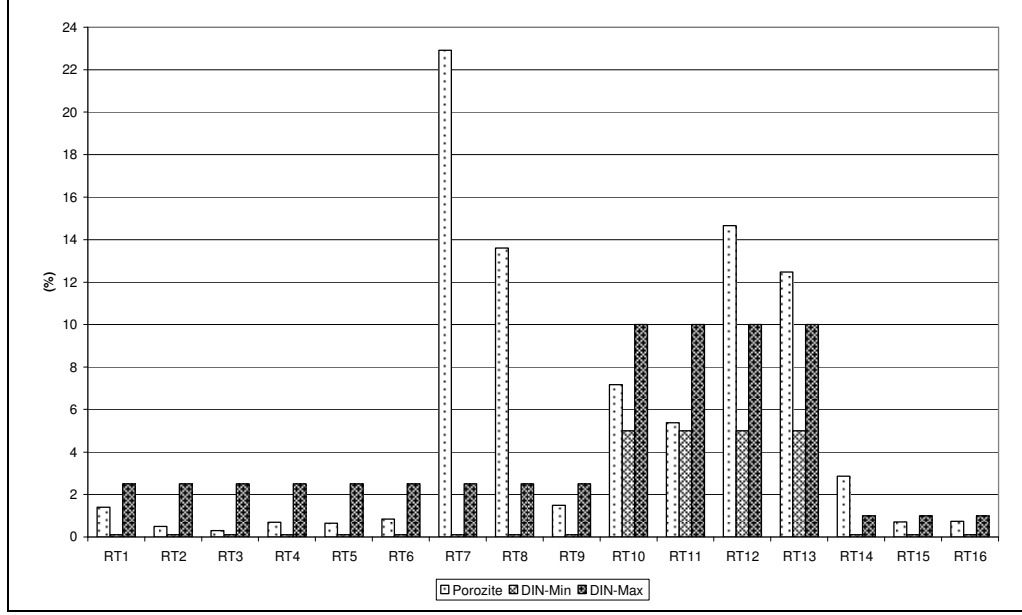


Şekil 7.6: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Eğilme Dayanım Değerleri

7.2.6 Porozite ve Permeabilite

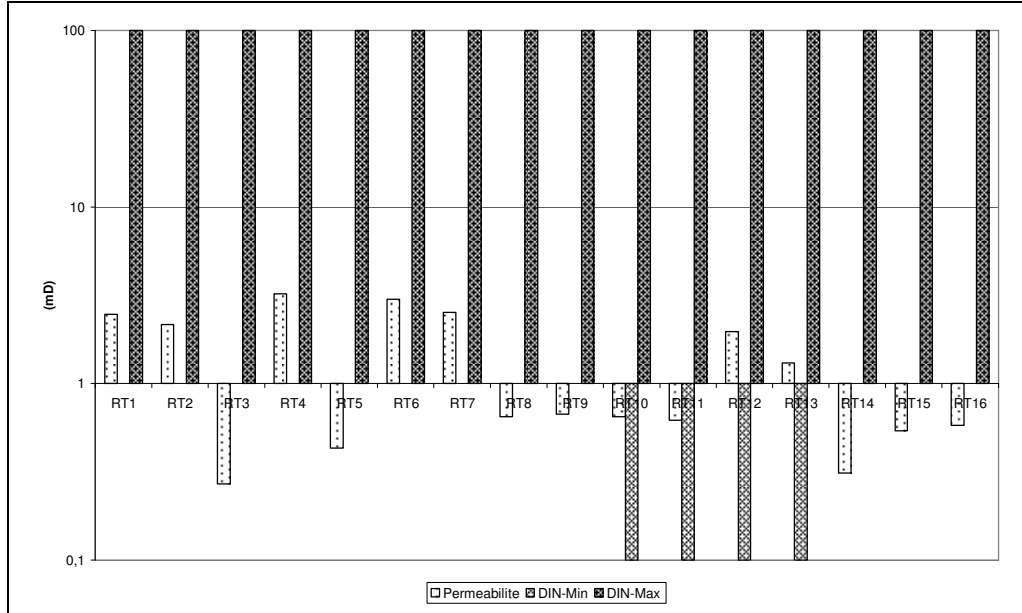
Kalsiyum karbonat bileşimli kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken porozite sınır değerleri Şekil 7.7'de verilmiştir.

DIN standartlarına göre (DIN-52102) Mermerlerde porozite sınır değerleri % 0.1-1.0, dolomit ve kireçtaşlarında % 0.1-2.5 ve travertenler de ise %5-10'dur. Buna göre Küfeki (RT7) kireçtaşı % 22,91, Limra (RT8) kireçtaşı % 13,60, Sincanlı Traverten (RT12) % 14,66, Denizli Traverten (RT13) %12, 46 ve Salome (RT14) mermeri % 2,86 sınır değerleri yüksek çıkmıştır. Porozite sınır değerlerinden yüksek çokan doğaltaşlar su ile temas halinde olan, iç / ıslak duvar ve dış duvar kaplama, örtü-çatı kaplama, tezgah-masa üstü, iç dekorasyon, parke-doğaltaş kaplama plakasında kullanılması uygun değildir.



Şekil 7.7: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Porozite Değerleri

Kalsiyum karbonat bileşimli kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken permeabilite sınır değerleri Şekil 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.8: Doğaltaşların DIN Normlarına Göre Permeabilite Değerleri

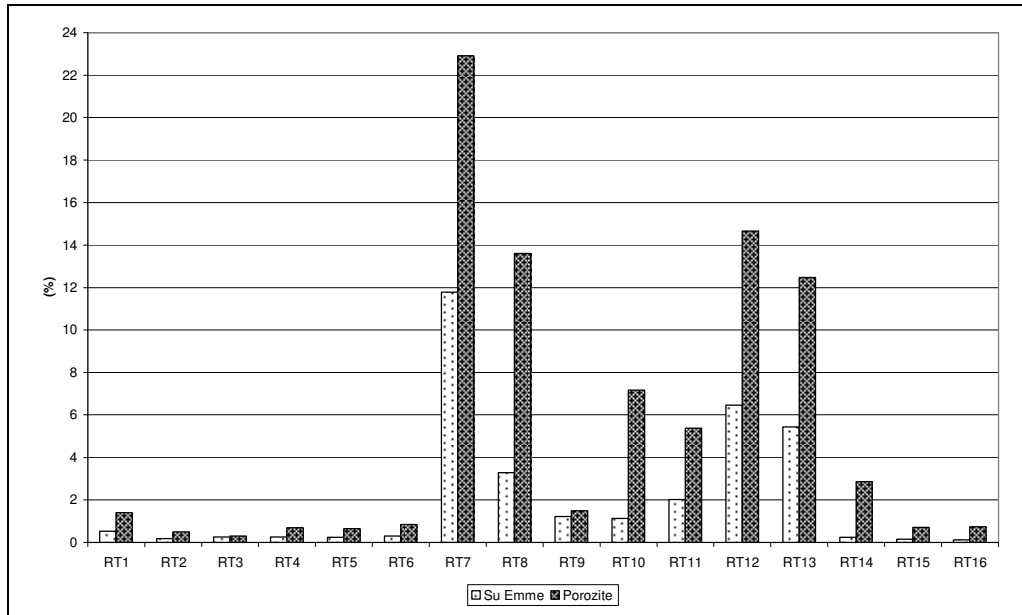
DIN standartlarına göre (DIN-18130) Mermer, dolomit ve kireçtaşlarında permeabilite sınır değerleri $10^2 - 10^0$ mD, travertenler de ise $10^2 - 10^{-1}$

mD'dir. Buna göre doğaltaşların permeabilite değerleri 10^1-10^0 mD'i değerleri arasında yer almıştır.

7.3 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Porozite ve Permeabiliteye Etkisi

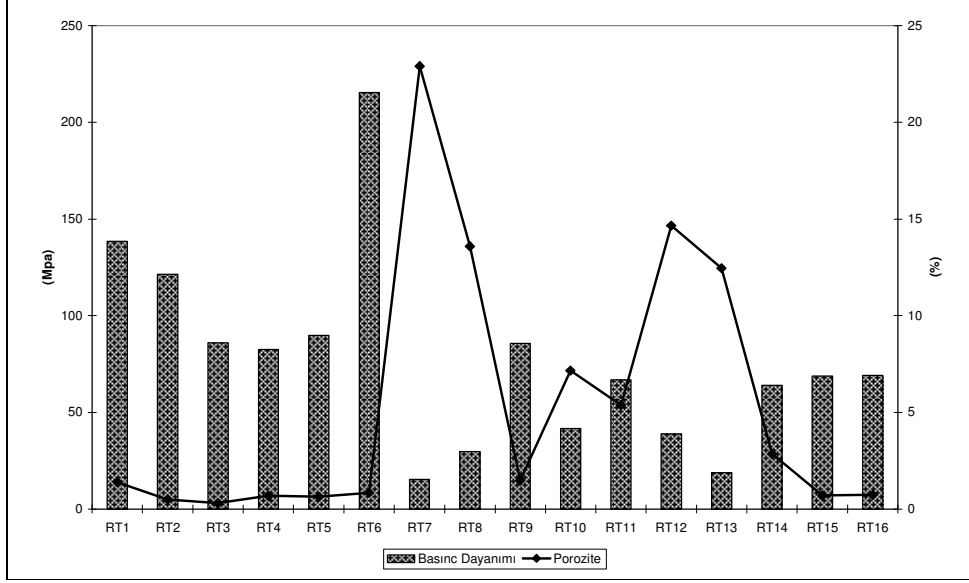
Yapılan çalışmada doğal taşların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek, bunların porozite ve permeabilite ile olan etkileri incelenmiştir.

Şekil 7.9'da porozite ile su emme arasındaki değişim sütun grafikte gösterilmiştir. Doğaltaşlar da su emme oranı arttıkça, porozite de artmaktadır. Su emme oranının gözeneklilikle ilişkili olduğu bilinmektedir.



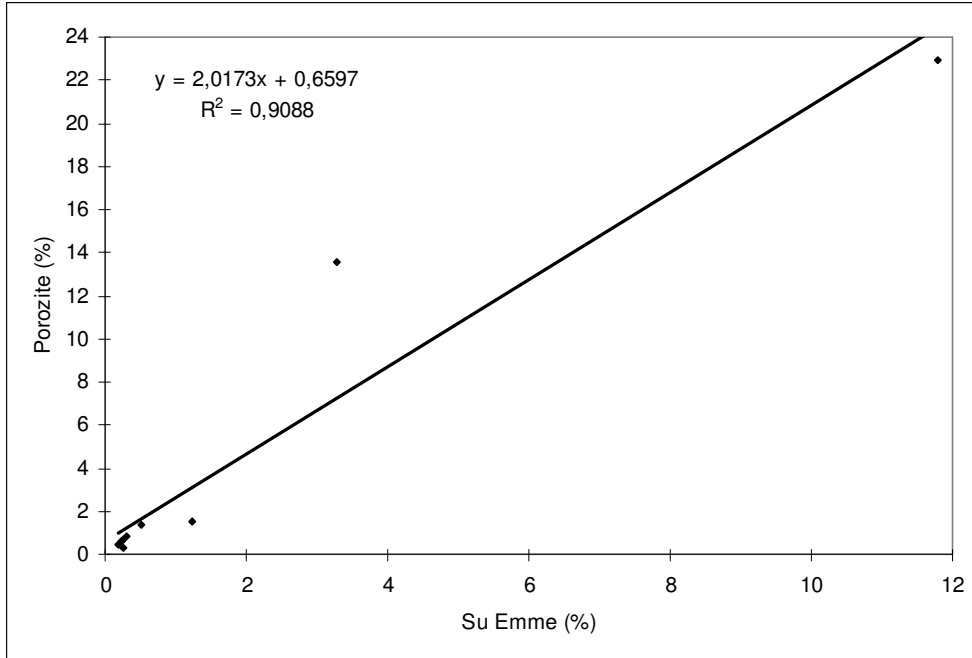
7.9: Porozite ve Su Emme Oranının Karşılaştırılması

Doğal taşların porozite oranlarına göre basınç dayanımı arasındaki bağıntı Şekil 7.10'da verilmiştir. Porozite doğal taşların mekanik ve fiziksel özelliklerini direkt olarak etkilemektedir. Bu yüzden porozite ile basınç dayanımı arasında ters orantı vardır. Porozite arttıkça, basınç dayanımı azalmaktadır.

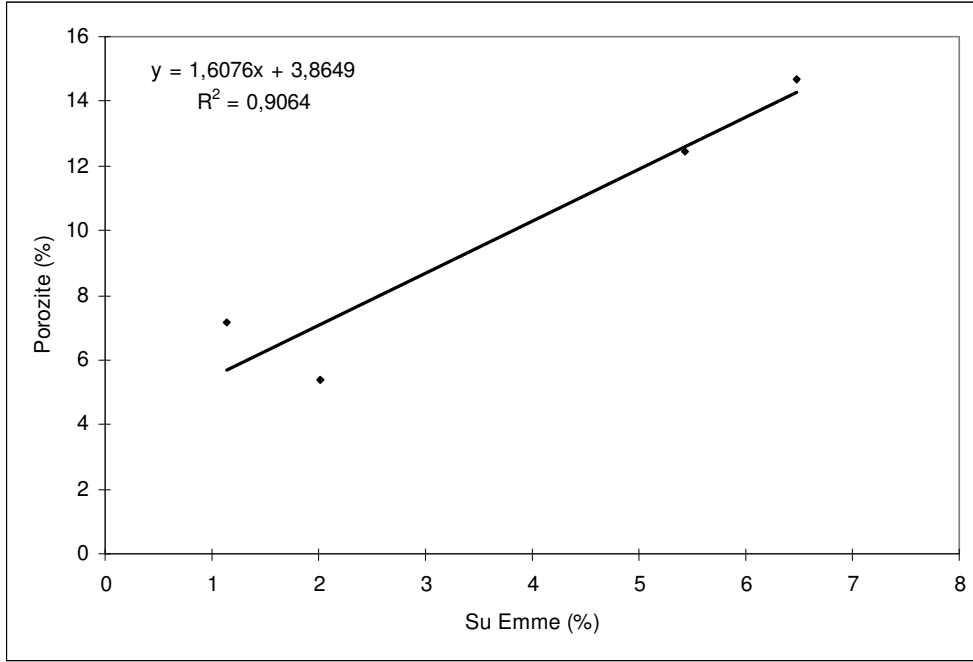


Şekil 7.10: Basınç Dayanımı ve Porozite oranının karşılaştırılması

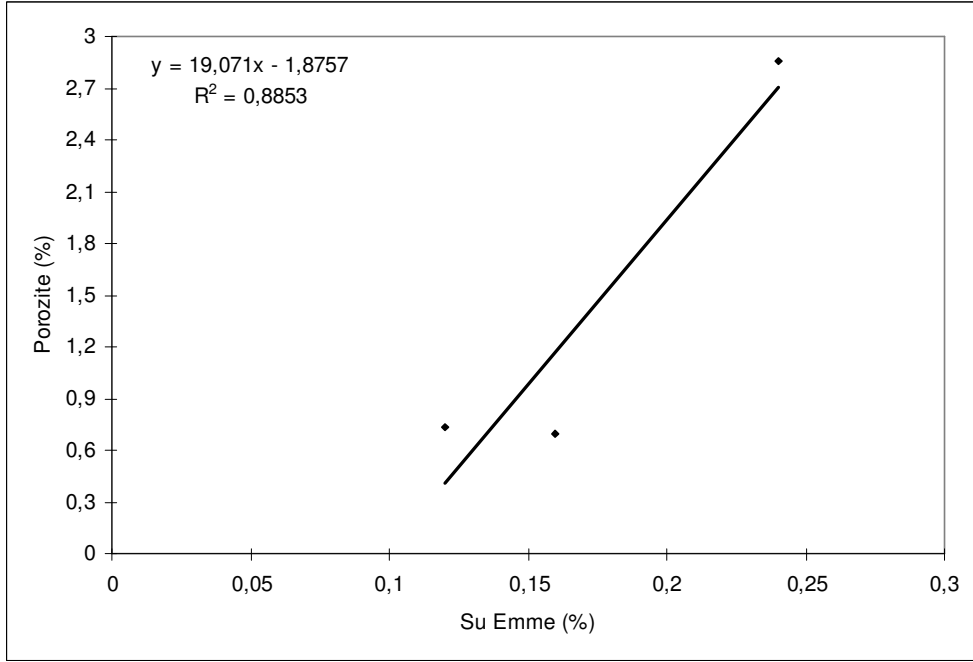
Şekil 7.11, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13’de fiziksel özelliklerden su emme ve porozite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Su emme ile porozite arasındaki ilişkide kireçtaşı grubunda $R^2=0,91$, traverten grubunda $R^2=0,91$ ve mermer grubunda $R^2=0,89$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre su emme ile porozite arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir.



Şekil 7.11: Kireçtaşı Grubunda Porozite ve Su Emmenin Karşılaştırılması



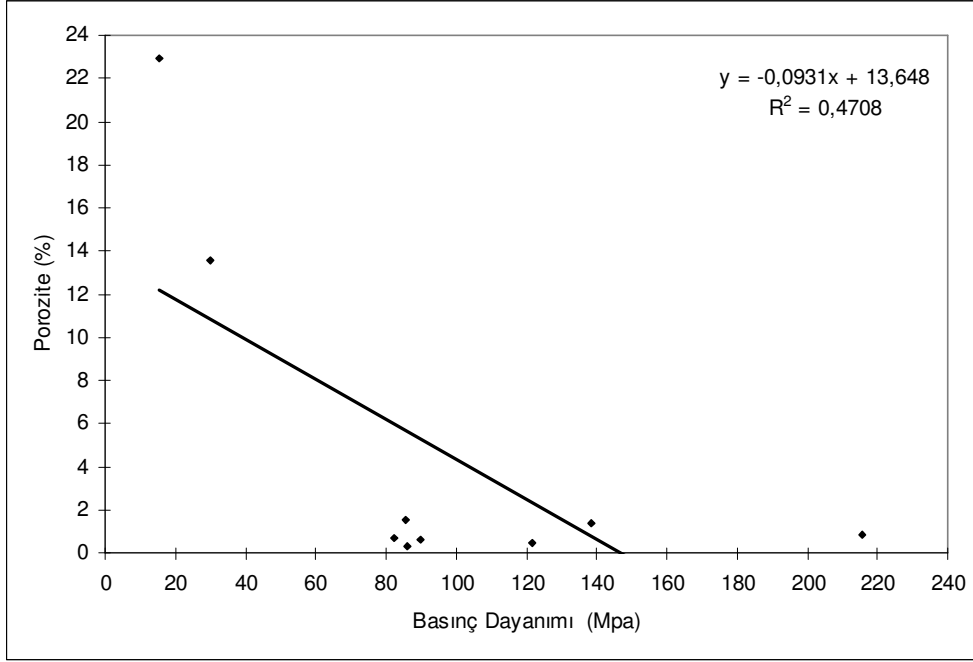
Şekil 7.12: Traverten Grubunda Porozite ve Su Emmenin Karşılaştırılması



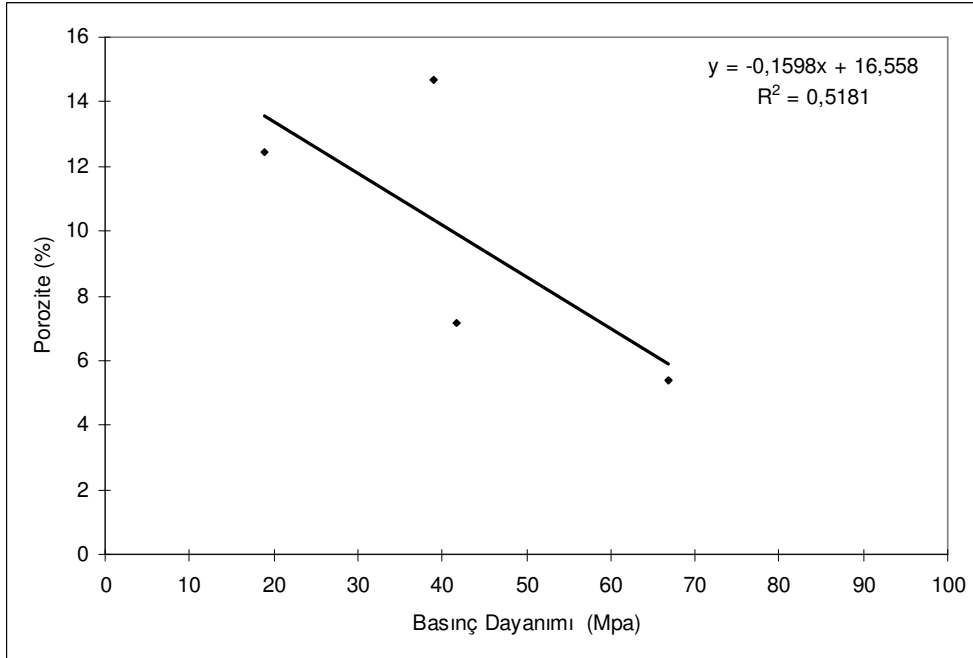
Şekil 7.13: Mermer Grubunda Porozite ve Su Emmenin Karşılaştırılması

Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16'da mekaniksel özelliklerden basınç dayanımının, porozite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Basınç dayanımı ile porozite arasındaki ilişkide kireçtaşı grubunda $R^2=0,47$, traverten grubunda $R^2=0,52$ ve mermer grubunda $R^2=0,99$ değeri bulunmuştur. Bu

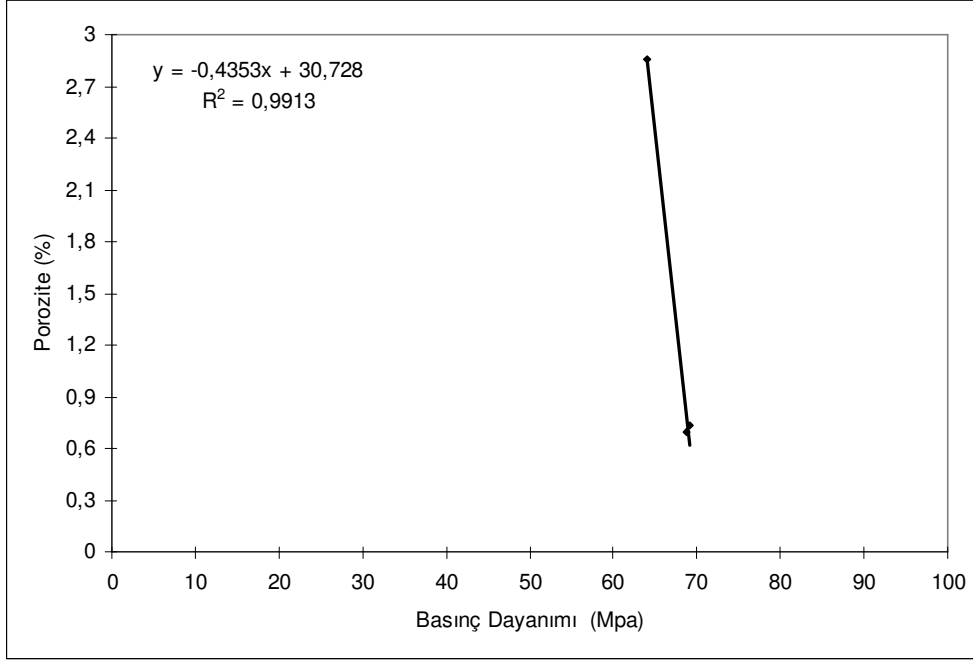
değerlere göre basınç dayanımı ve porozite arasında kireçtaşı ve traverten grubunda doğrusal bir ilişki olmadığı, mermer grubunda ise doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Porozite arttıkça, basınç dayanımı azalmaktadır (Şekil 7.10).



Şekil 7.14: Kireçtaşı Grubunda Basınç Dayanımı ve Porozite Karşılaştırılması

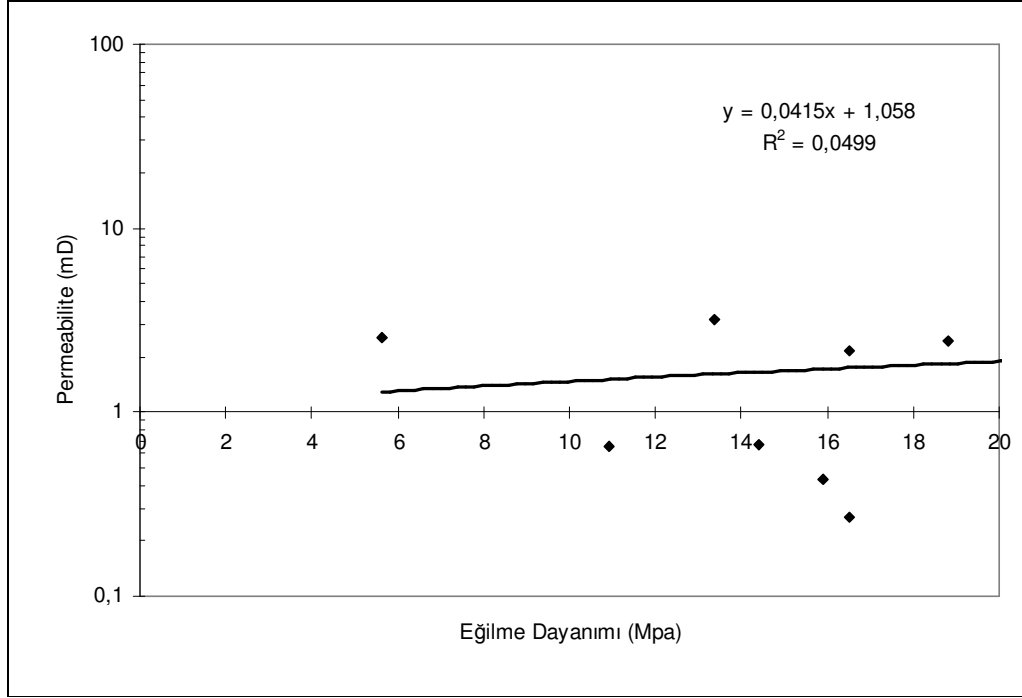


Şekil 7.15: Traverten Grubunda Basınç Dayanımı ve Porozite Karşılaştırılması

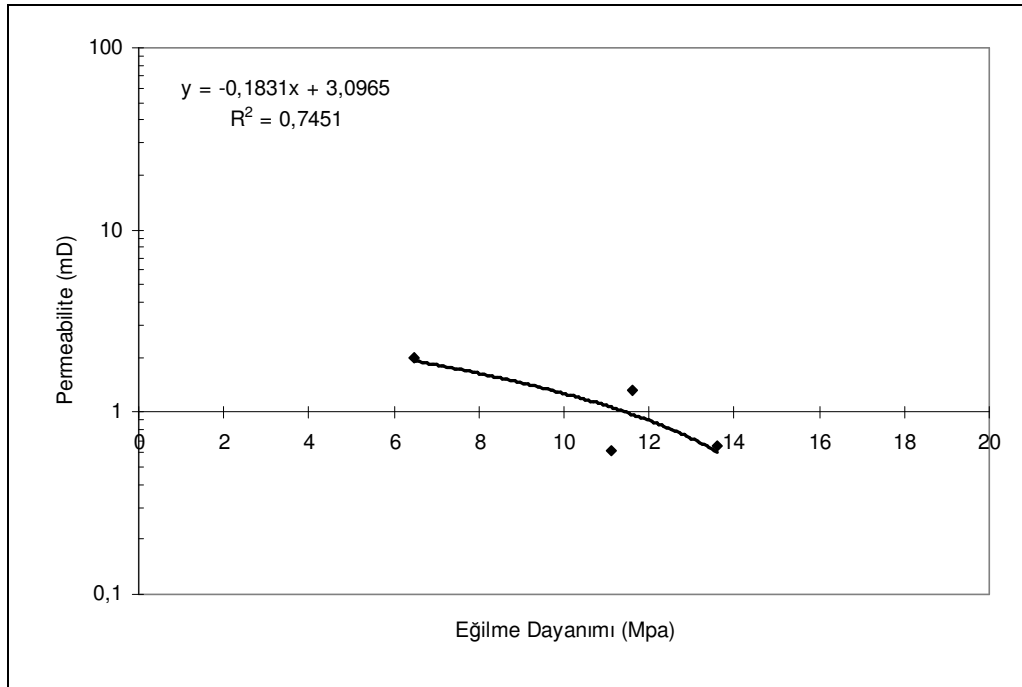


Şekil 7.16: Mermer Grubunda Basınç Dayanımı ve Porozite Karşılaştırılması

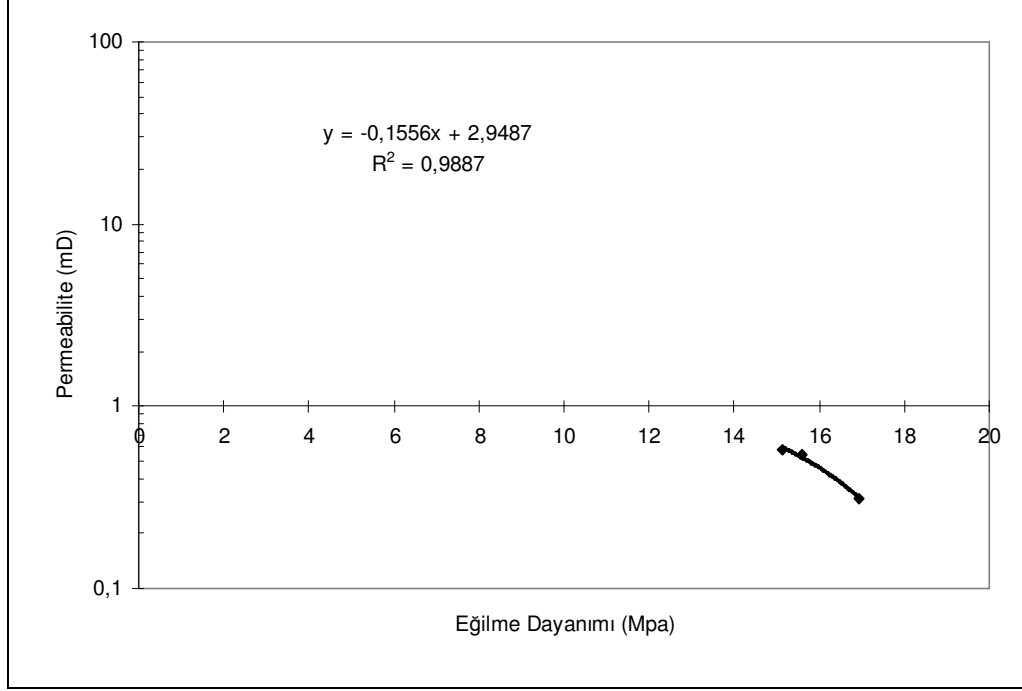
Şekil 7.17, Şekil 7.18 ve Şekil 7.19'da mekaniksel özelliklerden eğilme dayanımının, permeabilite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Eğilme dayanımı ile permeabilite arasında kireçtaşı grubunda $R^2 = 0,05$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre kireç taşı grubunda eğilme dayanımı ve permeabilite arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Eğilme dayanımı ile permeabilite arasında traverten grubunda $R^2 = 0,75$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre traverten grubunda eğilme dayanımı ve permeabilite arasında orta seviyede doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Eğilme dayanımı ile permeabilite arasında mermer grubunda $R^2 = 0,99$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre mermer grubunda eğilme dayanımı ve permeabilite arasında üst seviyede doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 7.17: Kireçtaşı Grubunda Permeabilite ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması

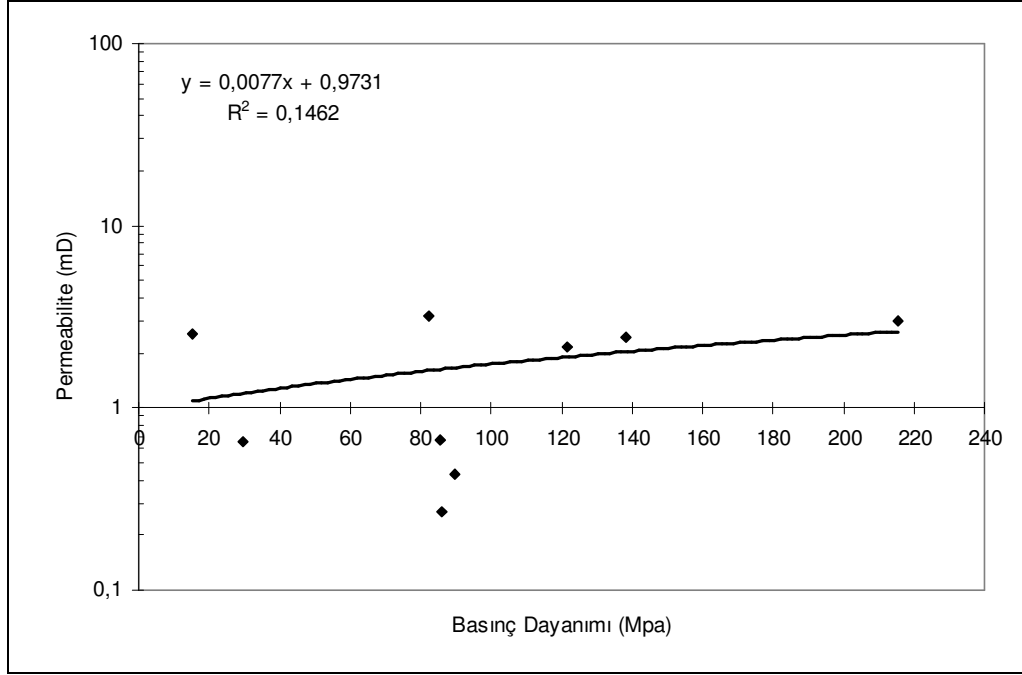


Şekil 7.18: Traverten Grubunda Permeabilite ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması

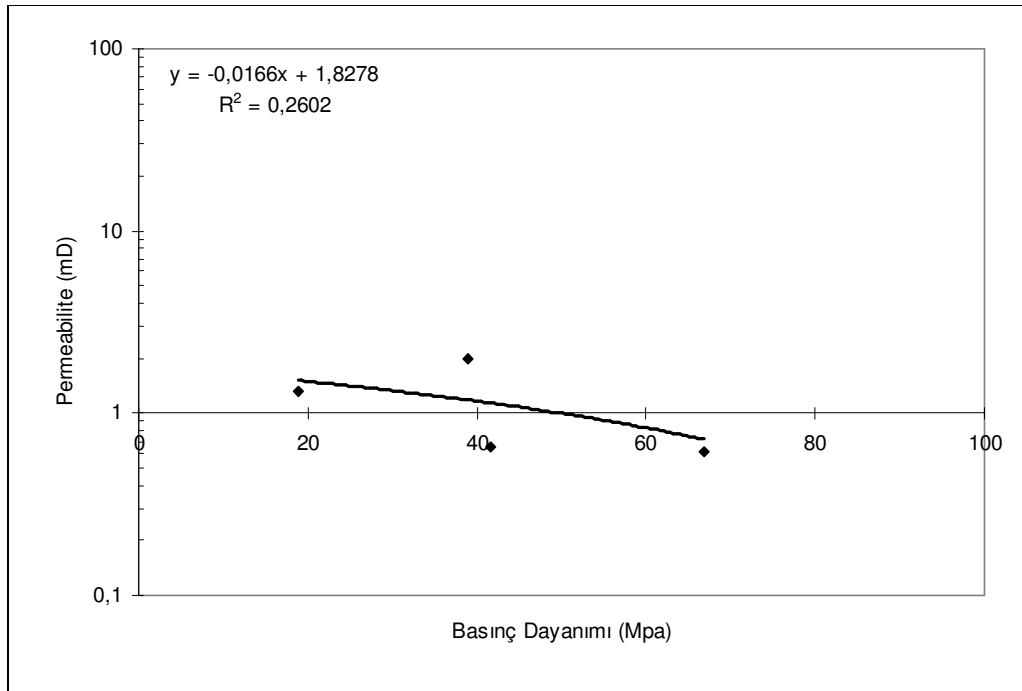


Şekil 7.19: Mermer Grubunda Permeabilite ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması

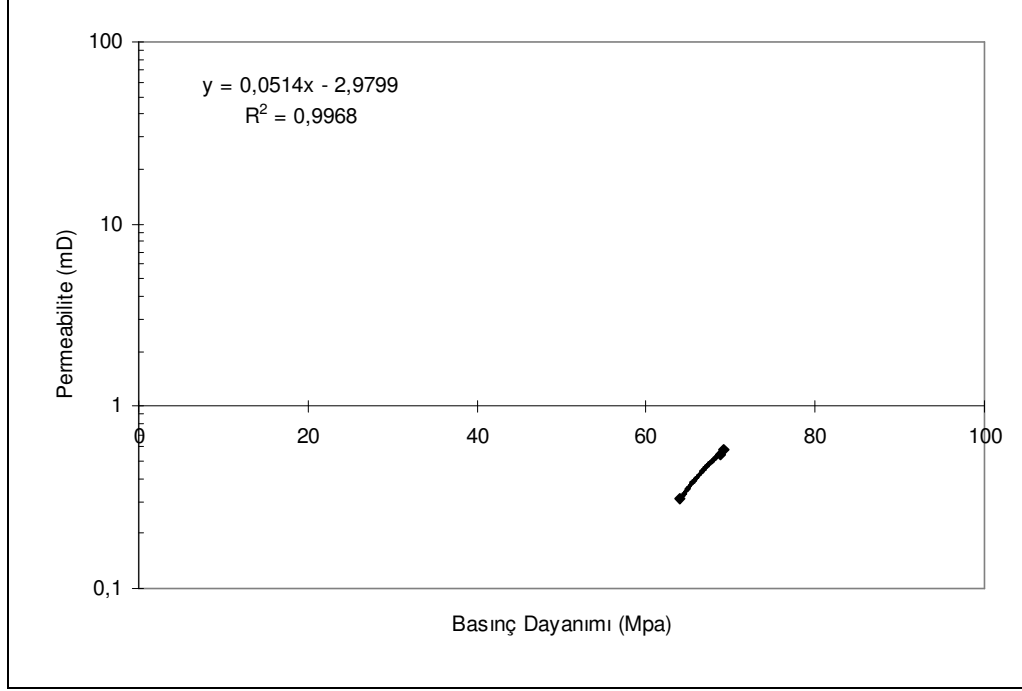
Şekil 7.20, Şekil 7.21 ve Şekil 7.22’de mekaniksel özelliklerden basınç dayanımının, permeabilite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Basınç dayanımı ile permeabilite arasında kireçtaşı grubunda $R^2= 0,15$, traverten grubunda $R^2= 0,26$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre basınç dayanımı ve permeabilite arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. Basınç dayanımı ile permeabilite arasında mermer grubunda $R^2= 0,99$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre basınç dayanımı ve permeabilite arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.



7.20: Kireçtaşı Grubunda Permeabilite ve Basınç Dayanımı Karşılaştırılması

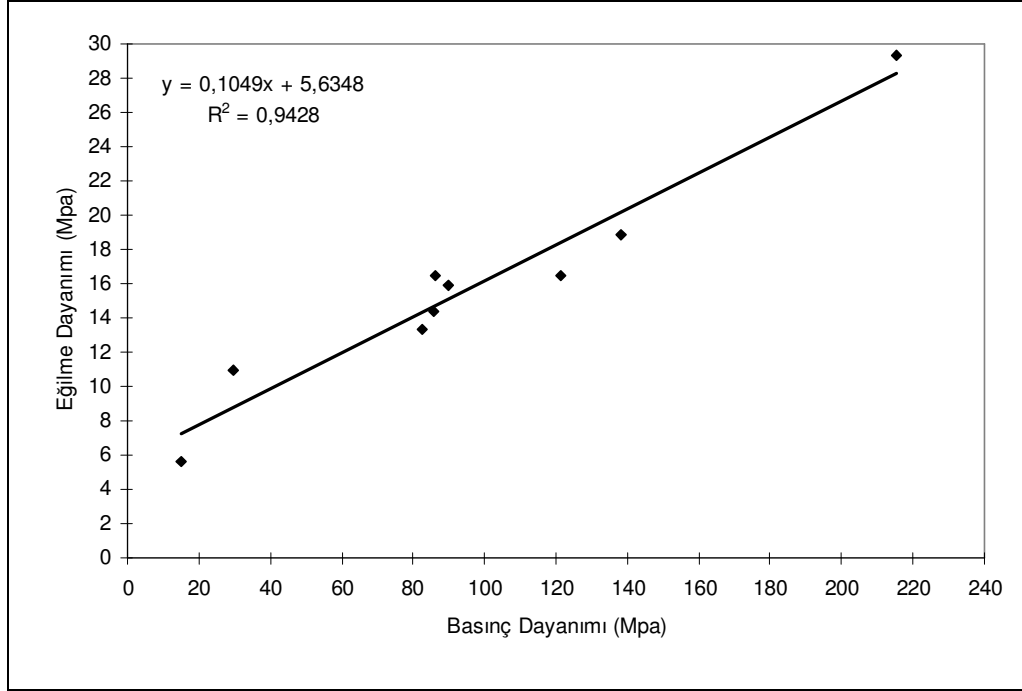


7.21: Traverten Grubunda Permeabilite ve Basınç Dayanımı Karşılaştırılması

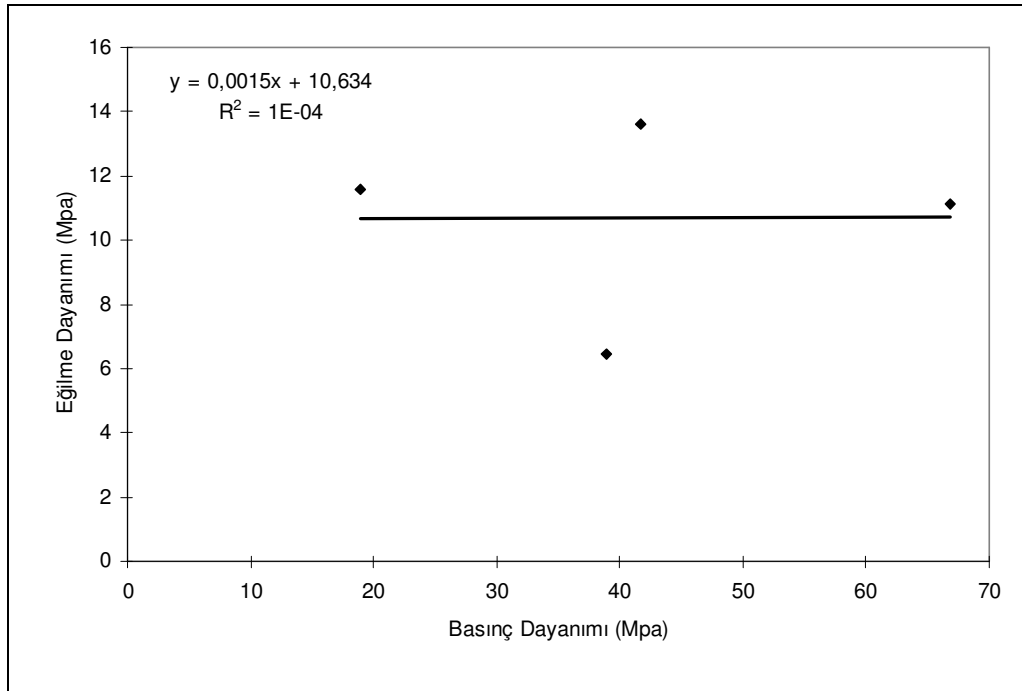


7.22: Mermer Grubunda Permeabilite ve Basınç Dayanımı Karşılaştırılması

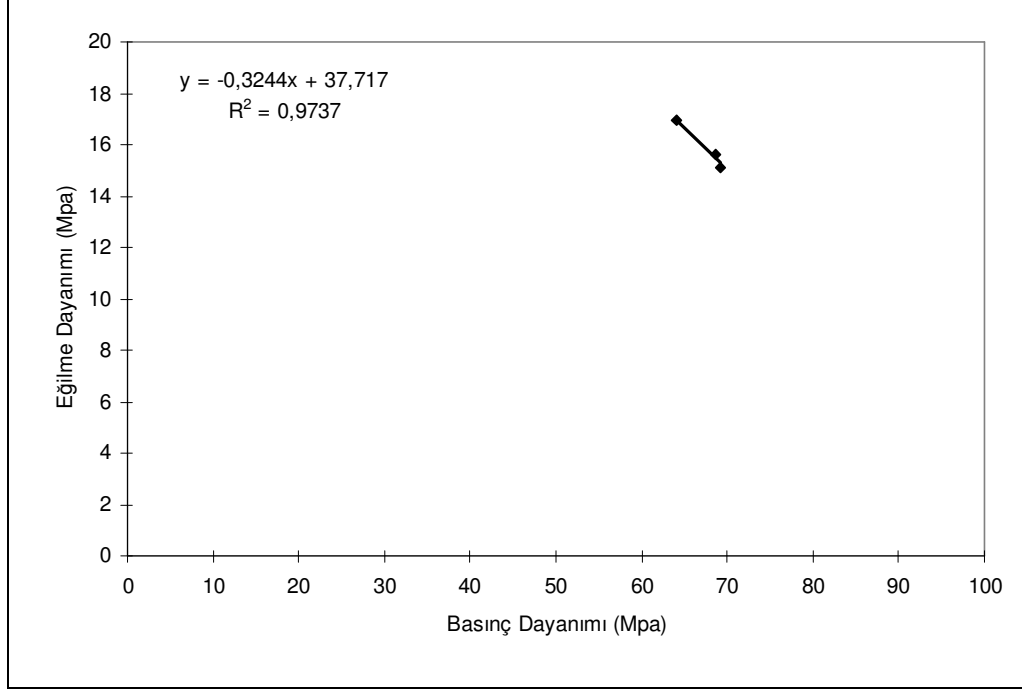
Şekil 7.23, Şekil 7.24 ve Şekil 7.25'de mekaniksel özelliklerden basınç dayanımının, eğilme dayanımı ile olan bağlantısı incelenmiştir. Basınç dayanımı ile eğilme dayanımı arasında kireçtaşı grubunda $R^2= 0,94$, traverten grubunda $R^2= 1E-04$ ve mermer grubunda $R^2= 0,97$ değeri bulunmuştur. Bu değerlere göre basınç dayanımı ve eğilme dayanımı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 7.23: Kireçtaşı Grubunda Basınç Dayanımı ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması



Şekil 7.24: Traverten Grubunda Basınç Dayanımı ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması



Şekil 7.25: Mermer Grubunda Basınç Dayanımı ve Eğilme Dayanımı Karşılaştırılması

SPSS paket programında verilere stepwise yöntemiyle çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimi açıklama oranı olan R^2 3.modelde en yüksek değeri almıştır. (%94). Bu durumda eğilme dayanımı, permeabilite ve don sonrası basınç değişkenlerinin basınç dayanımındaki değişkenliğin %94'ünü açıkladığını söyleyebiliriz.

Ayrıca varyans analizi (ANOVA) tablosunda 3. modele ilişkin Significance değeri (0,00) 0,05 den küçük olduğu için kurulan modelin istatistiksel olarak % 5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu söyleyebiliriz.

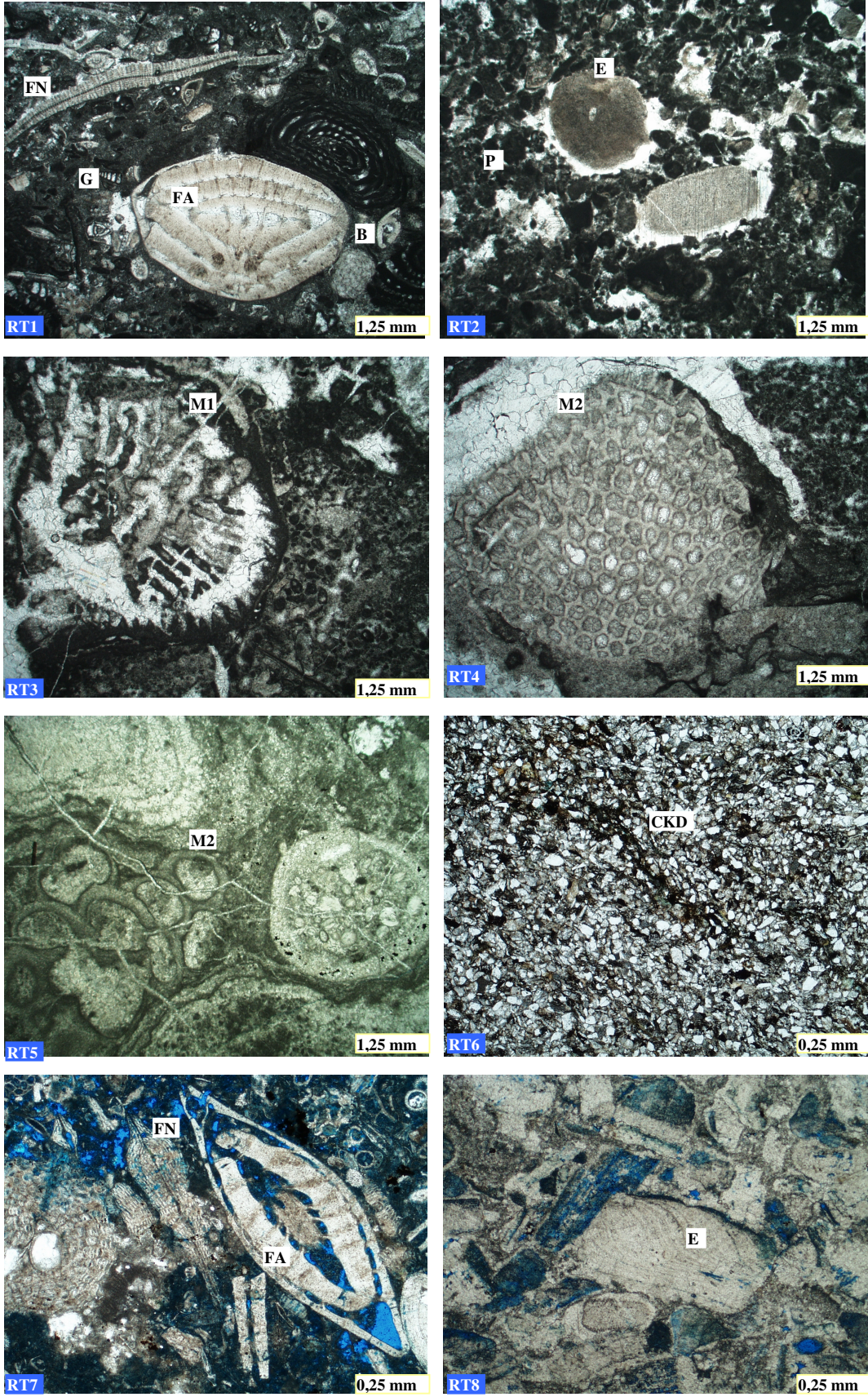
Katsayıların anlamlılık tablosundan Model 3'e göre kurulan regresyon modeli: $Y(\text{Basınç dayanımı}) = (-57,23 + 5,39 \cdot X_1(\text{Eğilme dayanımı}) + 13,66 \cdot X_2(\text{Permeabilite}) + 0,61 \cdot X_3(\text{Don sonrası basınç}))$ olarak elde edilir.

7.4 Mineralojik-Petrografik Özelliklerin Fiziko-Mekanik Parametrelere Etkisi

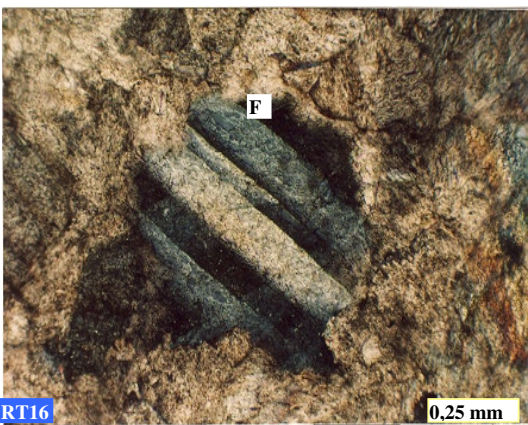
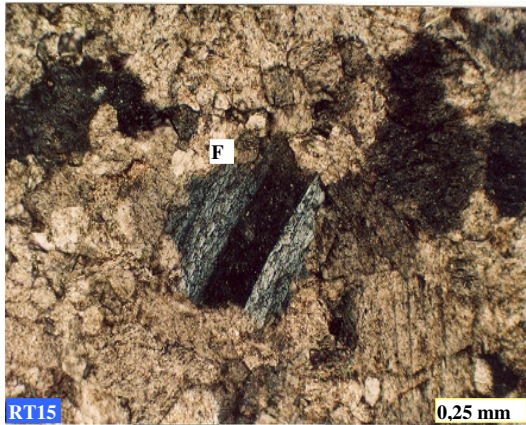
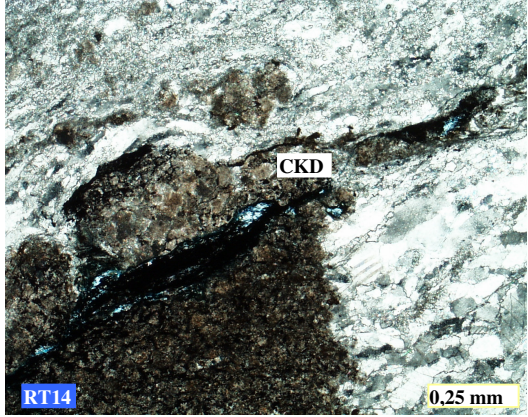
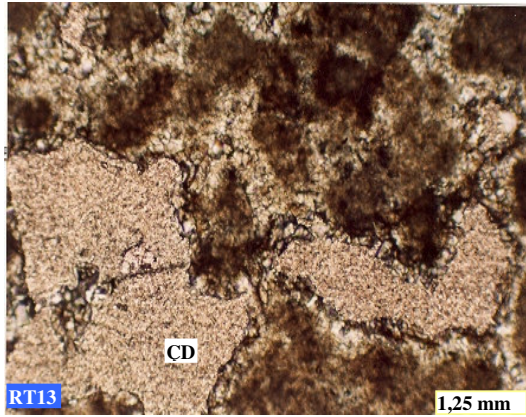
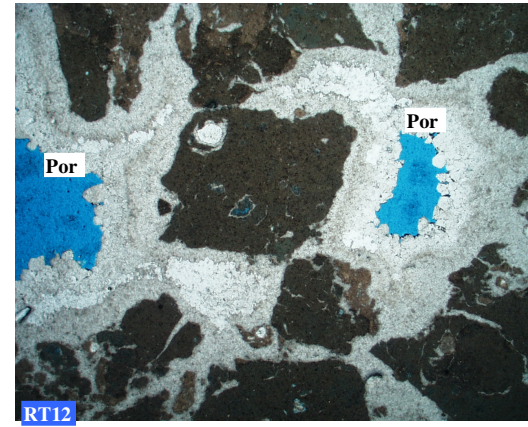
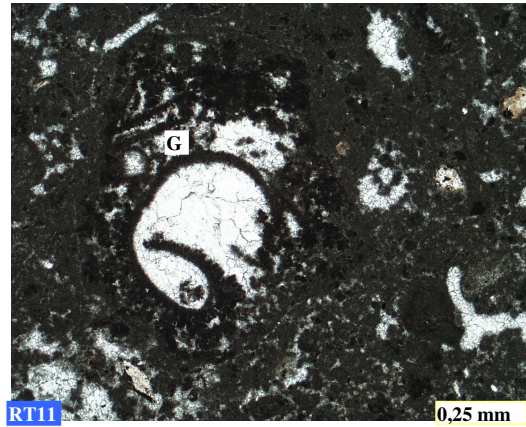
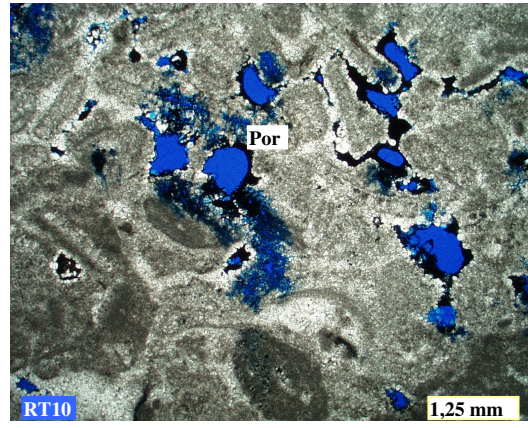
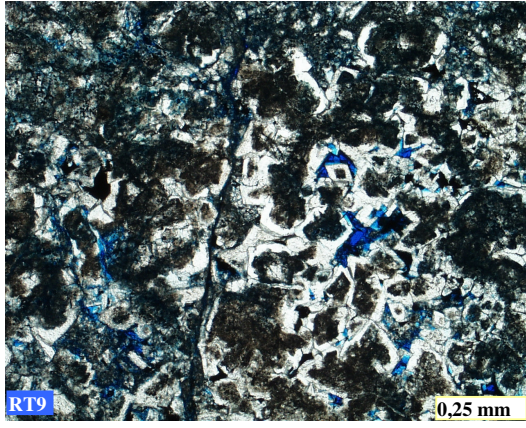
7.4.1 Mineralojik Bileşim

Güreller bej (RT1) ve Küfeki (RT7) doğaltaşı lifsi kalsitlerden oluşan büyük Foraminifer (Alveoline- Nummulite) kavkılar bulunmaktadır. Güreller bej (RT1), Crema Nouma (RT2) ve Rosalio Pink (RT4) doğaltaşları bryazoalar aragonitik veya kalsitik kavkıya sahiptirler. Güreller bej (RT1), Rosalio Light (RT3), Küfeki (RT7) ve Afyon traverten (RT11) doğaltaşları aragonitik olan gastropod kavkıları gözlemlenmiştir. Rosalio Pink (RT4) ve Crema Temmer (RT5) yüksek magnezyumlu kalsitten oluşmuş paleozoyik rugoza ve tabulat mercanlar bulunmaktadır. Kireçtaşları içerisinde tamamen kalsitten oluşan ekinoid kavkuları gözlenmiştir. Gümüş Traverten (RT10) ve Sincanlı Traverten (RT12) yapı içerisinde (0,03-0,1 mm) boyutlarında belli bir iç yapısı olan ve karbonat tanelerinden oluşan pelletler ve algler bulunmaktadır (Koch ve diğerleri 2005). Kayaç içindeki organik kısmın bozulmasıyla oluşan boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar kovuk porozite, kovuk yada boşluk porozite olarak tariflenir. Çıplak gözle ayırt edilebilen genellikle boşluk boyutu değişken olan ve kayacı oluşturan tanelerin şekil ve sınırlarına uygunluk göstermeyen boşluk alanları olarak tanımlanır. Bu boşlukların bir kısmı da sparit dolgu ile dolgulandığı gözlenmektedir. Kayaç da gözlemlenen bu boşluklar su emme karakteristiğini olumsuz olarak etkilemektedir. Kuvars ve diğer silikat mineralleri karbonat bileşimli doğal taşlar da istenmeyen bileşimlerdir.

Doğal taşların sertliği mermeri oluşturan minerallerin tane iriliği ve tanelerin metamorfizma etkisiyle oluşturdıkları bağın cinsine bağlıdır. Doğal taşların gerek metamorfizma veya diyajenez sırasında ve gerekse sonradan oluşan kılcal ve ince damarcıklar halinde silikat mineralleri içermesi büyük bir kusur teşkil eder. Ancak bu minerallerin varlığı doğal taşların sert ve yüksek dayanımlı olmasına yol açar. Şekil 7.25-(a) ve Şekil 7.26-(b) 'de doğaltaşların mineral bileşimleri verilmiştir.

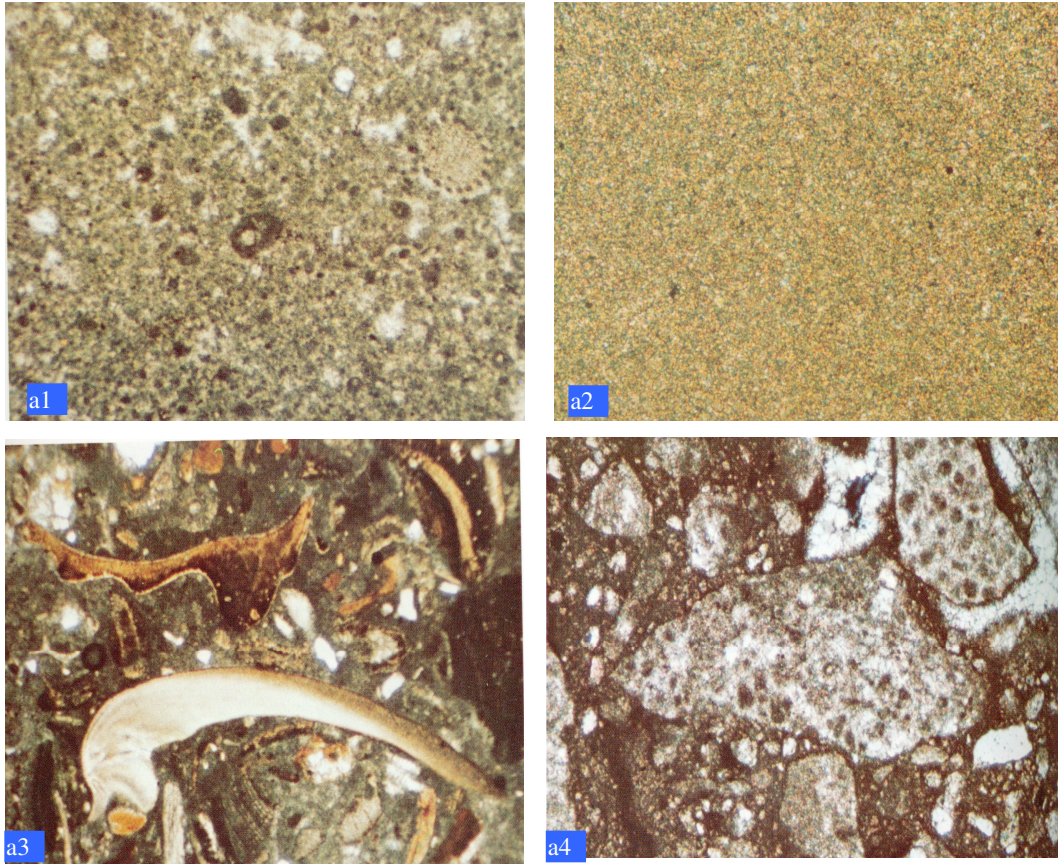


Şekil 7.26-(a): Karbonatlı Doğaltaşların Sınıflandırması ve İnce Kesit Görüntüsü



Şekil 7.26-(b): Karbonatlı Doğaltaşların Sınıflandırması ve İnce Kesit Görüntüsü

Karbonatlı doğaltaşların dokuya göre sınıflandırması ve mineral tanalarının görüntüsü Şekil 7.26-(a) ve Şekil 7.26-(b)'de verilmiştir. Buna göre doğaltaşlar dokuya göre sınıflandırma da (RT1: Alveoline-Nummulite Foraminifer Floodstone (yüzen taş), RT2: Intraklast Ekinoid Wackestone-Packstone (Waketaşı-paketlitaş), RT3: Resifal-Kireçtaşı, RT4-RT5: Mercan Boundstone, RT6: Mudstone, RT7: Floodstone (yüzen taş), RT8: Intraklast – Ekinoid Foraminifer (*Alveoline- Nummulite*) Wackestone-Packstone (Waketaşı-paketlitaş), RT10-RT11-RT12-RT13 : Traverten, RT9: Dolomitik Kireçtaşı , RT14-RT15-RT16: Mermer) olarak adlandırılmaktadır. Mineral bileşiminde ise (FA: Foraminifer Alveoline, FN:Foraminifer Nummulite, G: Gastropod, P:Pellet, B:Bryzoa, E: Ekinoid, M1: 1. Tip Mercan, M2: 2.Tip Mercan, Por: Porozite, CKD: Çatlaklar arası kalsit dolgu, ÇD: Çimento Dolgu, F: Feldispat) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 7.27: Kireçtaşlarının Dokularına Bağlı Olarak Sınıflandırması

Dokuya göre (Dunham 1962) kireçtaşlarını dokularına bağlı olarak sınıflandırmıştır (Şekil 7.27). Bu sınıflandırmaya göre; iri taneleri bir birleri ile kontakta olan kayaçları paketlitaş (Şekil 7.27-a4)) içersinde yüzer durumda taneler içeren kayaçları waketaşı (Şekil 7.27-a3) (biomikrit bu kategoriye de girebilir), çok az tane içeren ve tamamen mikritten oluşan kayaçları çamurtaşı (Şekil 7.27-a2), kombinasyon olarak waketaşı-paketlitaş (Şekil 7.27-a1)'de verilmiştir. Embry ve Klovan (1972) çok iri taneli kireçtaşlarına yüzentaş (Şekil 7.26-(a)-RT1-RT7) ve çakılıtaş, organizmaların bir birlerine tutunması ile oluşmuş kayaçlara boundstone (Şekil 7.26-(a), RT4-RT5) olarak bilinmektedir.

7.4.2 Tane Morfolojisi, Paketlenme ve Tanelerin Birbiri ile Olan İlişkisi

Paketlenme tanelerin yoğunluk dağılımıdır ve tanelerin büyüklüğüne, sekline, kayacın sıkımsa derecesine bağlıdır. Paketlenme kayacın genel özgül ağırlığını, gözenekliliğini/porozitesini (porosity) ve geçirgenlik (permeability) etkileyen en önemli etmendir. Paketlenmenin porozite üzerindeki etkisi bulunmaktadır.

Örneğin iyi boylanmaya, küresel tanelere sahip bir kayacın kübik paketlenmeye sahip olması durumunda porozitesi yaklaşık olarak yüzde 47.6 iken rombohedral paketlenimde bu oran yüzde 26.0'ya düşmektedir. Doğada tanelerin paketlenmesi boylanmaya, tane şekillerinin farklı olmasına, sıkışma derecesi ve başka bir çok değişkene bağlı olarak çok daha karmaşıktır. Sonucu çok daha düşük porozite değerlerine sahiptirler. Porozite ayrıca sıkışmanın miktarına bağlı olarak ta değişir. Sıkışma işlemi taneleri bir birlerine çok daha yakın şekilde bulunmaya zorlar dolayısıyla tanelerin bir birlerine değdikleri yerlerde bazı değişimlere neden olur.

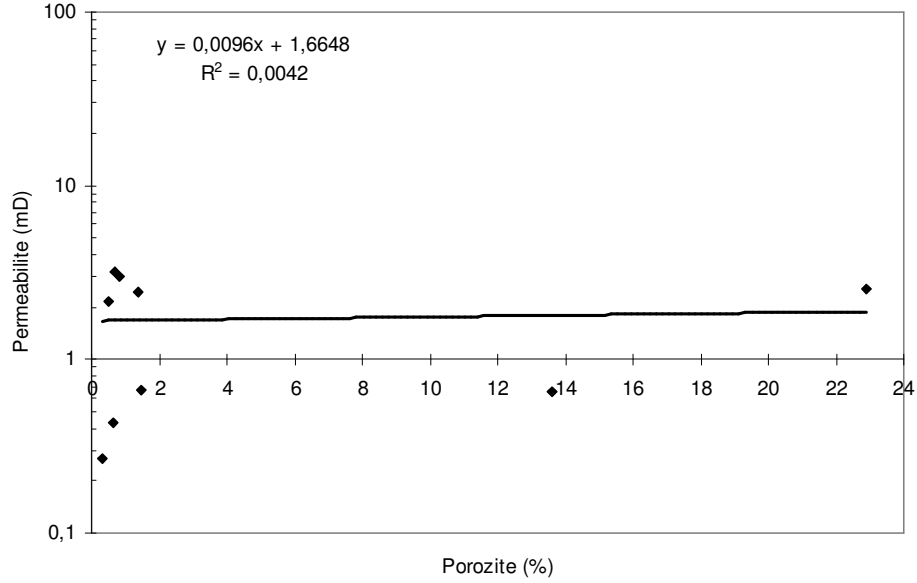
Bazı gevsek paketlenme durumlarında taneler diğer tanelerle herhangi bir kontakt ilişkisi içersinde olmayabilirler. Bu tip tanelere yüzen taneler denir. Kontakt tipleri tane boyu ve sekline bağlıdır. Gevşekçe tutturulmuş fazla

sıkışmamış sedimanlarda genelde noktasal kontakt tipleri Çizelge 7.1'de (RT10-RT11) veya çizgisel kontakt tipleri Çizelge 7.1'de (RT8-RT9-RT15-RT16) görülürken, önemli derecede gömülme sonucu basınç ve sıcaklığa maruz kalmış olması sebebi ile sıkışmış kayalarda konkavo-konvex Çizelge 7.1'de (RT3-RT5) kontakt tipleri ve kenetli kontakt tipleri Çizelge 7.1'de (RT15-RT16) görülür.

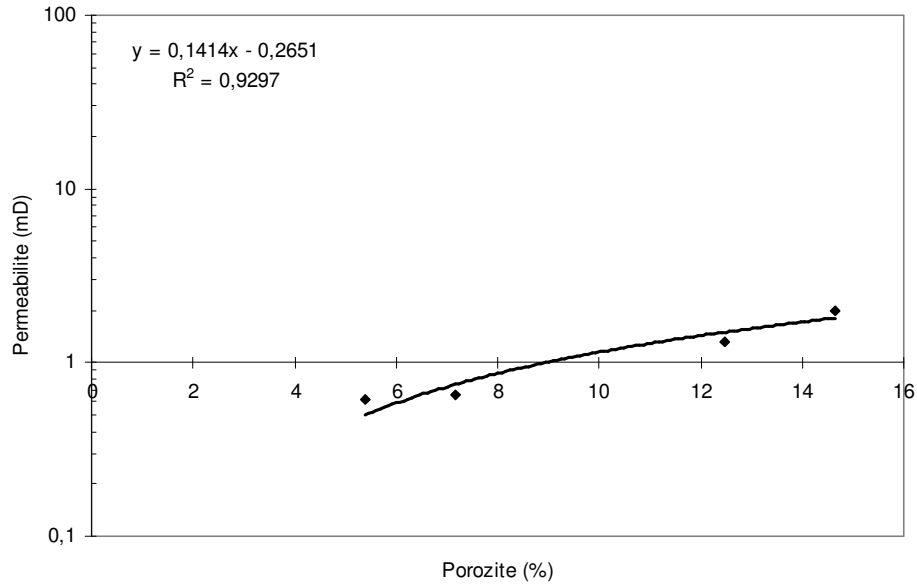
Çizelge 7.1. Doğaltaşların Tane Boylanması ve Taneler Arası Kontakt Tiplerinin Fiziksel Özelliklere Etkisi

Doğaltaşların Kodları	Tane Boylanması	Taneler arası Kontakt Tipleri	Su Emme (%)	Porozite (%)	Permeabilite (mD)
RT1	Orta Boylanmış	Hamur ve Tane Destekli	0.52	1.39	2.46
RT2	Orta Boylanmış	Hamur ve Tane Destekli	0.18	0.49	2.16
RT3	Kötü Boylanmış	Konkavo-Konveks Hamur Destekli	0.26	0.30	0.27
RT4	İyi Boylanmış	Hamur ve Tane Destekli	0.26	0.69	3.21
RT5	Orta Boylanmış	Konkavo-Konveks Hamur Destekli	0.24	0.64	0.43
RT6	İyi Boylanmış	Tane Destekli	0.31	0.84	3.01
RT7	Orta Boylanmış	Hamur ve Tane Destekli	11.78	22.91	2.53
RT8	Orta Boylanmış	Çizgisel ve Hamur Destekli	3.27	13.60	0.65
RT9	Orta Boylanmış	Çizgisel	1.23	1.49	0.67
RT10	Orta Boylanmış	Noktasal , Hamur Destekli	1.14	7.17	0.65
RT11	Orta Boylanmış	Noktasal , Hamur Destekli	2.02	5.38	0.62
RT12	Orta Boylanmış	Hamur Destekli	6.47	14.66	1.97
RT13	Orta Boylanmış	Hamur Destekli	5.43	12.46	1.31
RT14	Kötü Boylanmış	Hamur Destekli	0.24	2.86	0.31
RT15	Orta Boylanmış	Kenetli ve Çizgisel	0.16	0.70	0.54
RT16	Orta Boylanmış	Kenetli ve Çizgisel	0.12	0.73	0.58

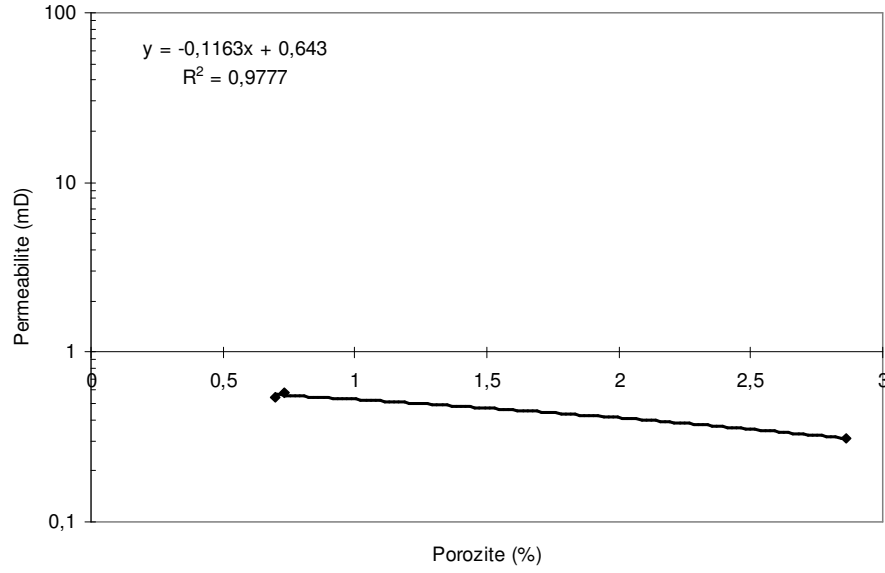
Şekil 7.28, Şekil 7.29 ve Şekil 7.30'de fiziksel özelliklerden porozite ve permeabilite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Permeabilite ile porozite arasında kireçtaşı grubu değeri $R^2 = 0,004$, traverten grubu değeri $R^2 = 0,93$ ve mermer grubunda değeri $R^2 = 0,98$ 'dir. Bu değerlere göre kireçtaşı grubunda permeabilite ve porozite arasında doğrusal bir ilişki olmadığı, traverten ve mermer grubunda doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 7.28: Kireçtaşı Grubunda Porozite ve Permeabilite Karşılaştırılması

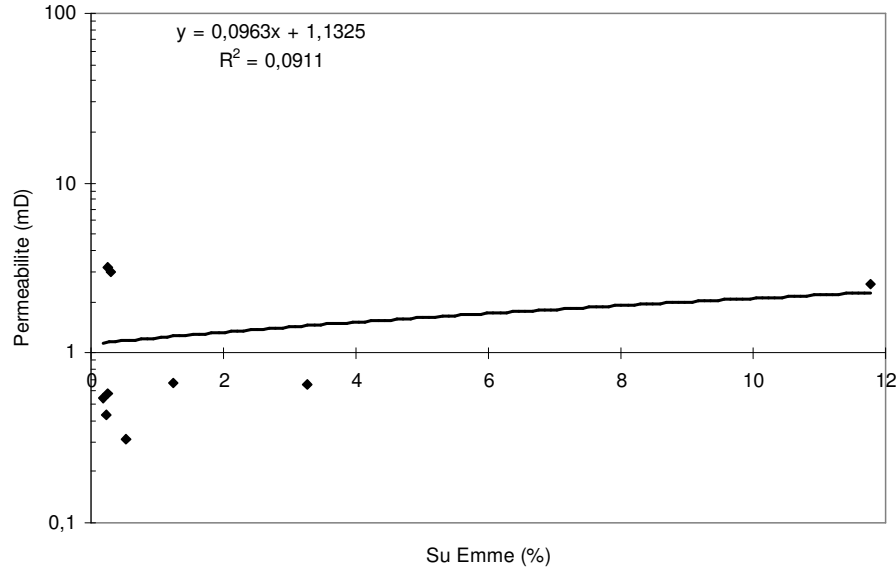


Şekil 7.29: Traverten Grubunda Porozite ve Permeabilite Karşılaştırılması

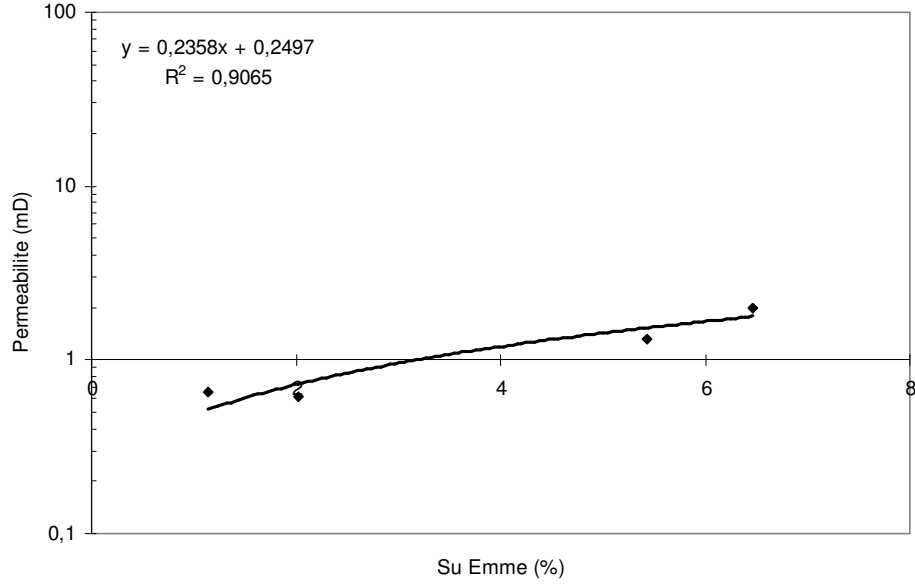


Şekil 7.30: Mermer Grubunda Porozite ve Permeabilite Karşılaştırılması

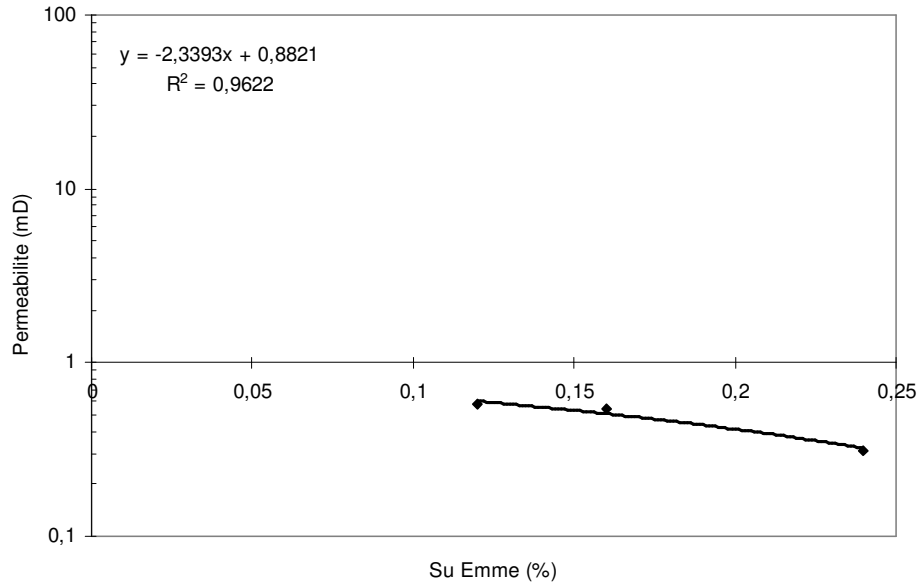
Şekil 7.31, Şekil 7.32 ve Şekil 7.33'de fiziksel özelliklerden su emme ve permeabilite ile olan bağlantısı incelenmiştir. Permeabilite ile su emme arasında kireçtaşı grubu değeri $R^2 = 0,09$, traverten grubu değeri $R^2 = 0,91$ ve mermer grubunda değeri $R^2 = 0,96$ 'dir. Bu değerlere göre kireçtaşı grubunda permeabilite ve su emme arasında doğrusal bir ilişki olmadığı, traverten ve mermer grubunda doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 7.31: Kireçtaşı Grubunda Porozite ve Permeabilite Karşılaştırılması



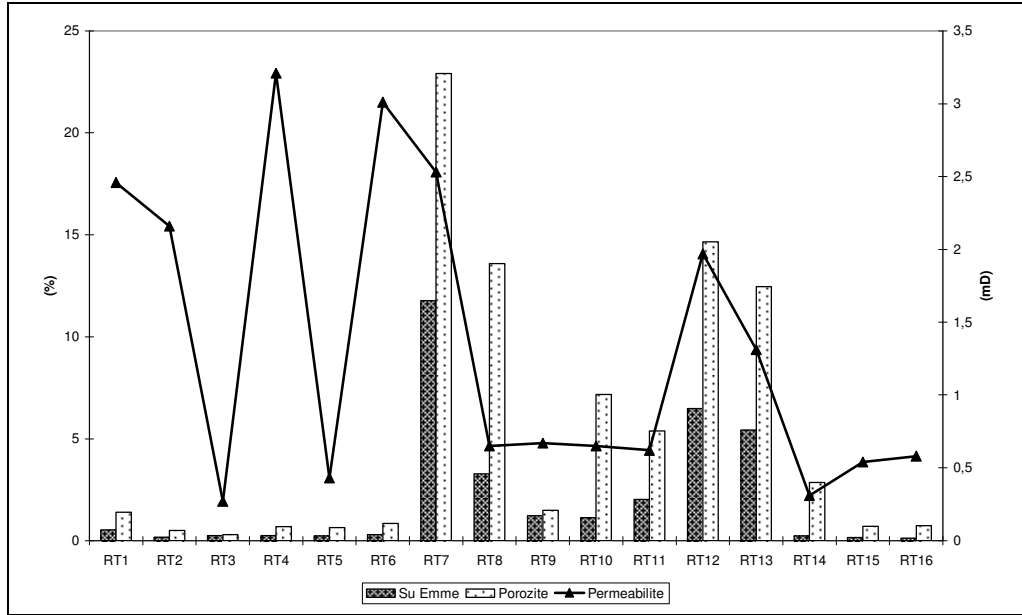
Şekil 7.32: Traverten Grubunda Porozite ve Permeabilite Karşılaştırılması



Şekil 7.33: Mermer Grubunda Su Emme ve Permeabilite Karşılaştırılması

Dokusal olgunluk bir kayacın ne kadar hamura sahip olduğu, ne kadar iyi boylandığı ve tanelerinin ne kadar yuvarlaklaştığının ölçüsüdür. Fazlaca hamura, kötü boylanmaya ve köşeli tanelere sahip RT3 ve RT14 doğaltaşı

dokusal olarak olgunlaşmamış, (hiç veya) çok az hamura sahip, iyi boylanmış, yuvarlak tanelere sahip olan RT1, RT2, RT4, RT6, RT12 ve RT13 doğaltaşları dokusal olarak olgundur. İlk sel porozite ve permeabilite dokusal olgunluk arttıkça artar ve azaldıkça azalır. Olgun olmayan RT3 ve RT14 doğaltaşında taneler arası gözenekler hamur ve/veya daha ince taneler tarafından doldurulduğu için porozite ve permeabilite azalır. Olgun olan bir kayaçta ise taneler arası gözenekler hamur ve/veya daha ince taneler tarafından doldurulmadığı zaman RT6 doğaltaşında olduğu gibi permeabilite değeri artar(Şekil 7.32).



Şekil 7.34: Permeabilite, Porozite Ve Su Emme Oranının Karşılaştırılması

Doğal taşlar da tane boyutu çok önemli bir özelliktir (Şekil 7.23). Çünkü doğal taşlar ilk olarak tane boyutu ile değerlendirilirler. Doğal taşların tane boyutu dayanım, kullanım yeri, parlaklık ve cila alma özelliklerine direkt olarak etki etmektedir. Bu nedenle doğal taşlarda tane boyutu küçüldükçe fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileşmesine paralel olarak ekonomik değeri de artmaktadır (Kun 2000).

Bunun yanı sıra tane boyut dağılımının iri ve tane sınırlarının düz olması doğal taşların dayanımlarının düşük olmasına neden olmaktadır. Tane boyut dağılımının genelde ince ve tane sınırının da girift olması doğal taşların dayanımını arttırmaktadır (Onargan ve diğerleri 1997).

Kalsit kristalleri iri ise doğal taşlar dişli ve kaba görünümlüdür. Bu tip doğal taşların dış tesirlere karşı dirençleri küçük kristalli olanlara göre daha düşüktür. Tane çapları küçüldükçe ve kenetlenme oranı arttıkça direnç fazlalaşır ve dış etkilerle bozuşma azalır (Çelik 2001).

Dumluözcan (RT6) kireçtaşının tane boyutunun Afyon Şeker (RT15) mermerin den ince taneli olmasından dolayı daha yüksek basınç dayanımı değerleri vermiştir. Buna göre doğaltaşları oluşturan minerallerin tane sınırları düzgün ve kenetli değilse doğaltaş daha yumuşaktır. Tane sınırları dantel gibi girintili çıkıntılı ve diğer tanenin içine girer şekilde uzanan parçalar içeriyorsa bu tip doğaltaşlar daha serttir (Şekil 7.19). Ayrıca metamorfizma geçirmemiş ve mineral kenarları düzlenmemiş kireçtaşları, metamorfizma geçirip mineral kenarları düzlenmiş olan gerçek mermerlerden daha serttir (Kun 2000). Güreller bej (RT1) veya Dumluözcan (RT6) doğaltaşı sedimanter kökenli bir kireçtaşı olup metamorfizma geçirmemiştir. Buna karşılık basınç dayanımı değerlerine göre, metamorfizma geçirmiş olan Afyon Şeker ve Afyon Grili Şeker mermerlerinden daha fazla basınç dayanıma sahip olduğu görülmektedir.

7.4.3 Homojenlik ve İnküzyonlar

Doğal taşların litolojik özellikleri jeolojik olarak oluşumlarına bağlı olup mineralojik bileşim, renk, kristalleşme ve çimentolanma derecesi, doku, sertlik ve doğadaki bulunuşu olarak sıralanabilir. Doğal taşların litolojik açıdan homojen olması, yabancı madde içermemesi istenmektedir (Güleç 1980).

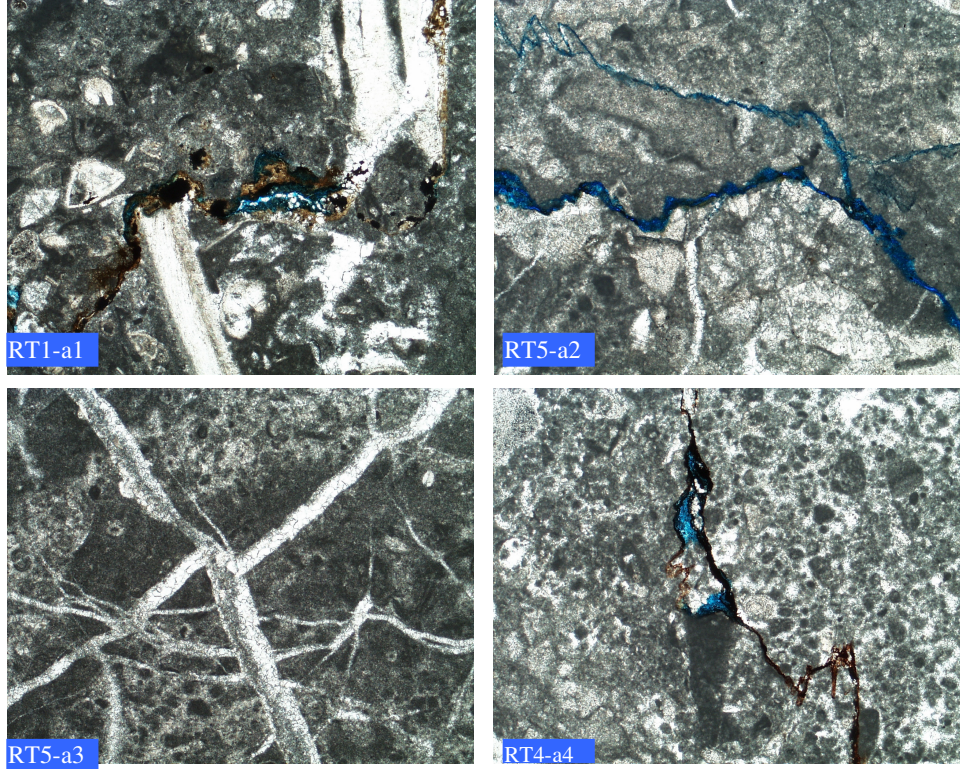
Buna göre Dumluözcan (RT6) kireçtaşı homojen bir doğaltaştır. Ancak yaygın olarak kullanılan doğal taşlarının büyük bir bölümü homojen değildir. Taş içerisinde mineralojik olarak düşey ve yatay değişiklikler veya boşluklar içermektedirler (RT7-RT10-RT12). Bu değişimler de taşlarda farklı sertlikte kısımlar olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal taşlarda, kalsit minerallerinin yanı sıra kalsit dolguları da çeşitli boyutlarda bulunur (RT5). Kalsitin doğaltaş içinde sekonder dolgu olarak ve kalsit ile beraber demir (hematit, limonit) minerallerinin bulunması doğaltaşın dayanımını azaltmaktadır. Küfeki doğal taşı (RT7) mineralojik yapısında organik fosil kavkaları bulunmaktadır. Bu organik kısmın bozulmasıyla boşluklar oluşmaktadır. Bundan dolayı su emme karakteristiği çok yüksek çıkmaktadır. Crema Temmer (RT5) kireçtaşı yapı içindeki küçük-büyük çatlak ve damarcıklar kalsit kristalleri tarafından doldurulmuş durumdadır. Crema Temmer (RT5) kireçtaşının su emme karakteristiği Göreller Bej (RT1) kireçtaşına göre daha fazladır.

7.4.4 Mikrofissürler ve Çatlaklar

Doğal taşların içinde tektonik hareketler sonucu çeşitli boyutlarda fissür ve çatlaklar oluşur. Bu süreksizlik yüzeyleri değişik renkli, daha yumuşak ve kolay aşınan maddelerle dolarak kapanabilir. Bu tip doğal taşlar kesilip cilalandıktan sonra renkli güzel bir görünüş arz ederler. Ancak bu süreksizliklerin tamamen dolmamış veya yapışmamış olanları kesilme sırasında veya daha sonraki aşamalarda bu noktalardan kırılarak parçalanır ve kopar (Erguvanlı 1978).

Crema Temmer (RT5) kireçtaşında mikrofissür (kılcal) (a2) ve yatay ve düşey yönde, birbirine çapraz şekilde kalsit dolgulu damarlar (a3) bulunmaktadır (Şekil 7.35). Güreller bej (RT1-a1) ve Rosalia pink (RT4-a4) doğaltaşı içindeki mikrofissürlerde demir (hematit, limonit) minerallerinin bulunması doğaltaşın dayanımını azaltmaktadır. Doğal taşların içerisinde bulunan mikrofissürler özellikle su emme, basınç dayanımı gibi fiziko-mekanik özellikler üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Mikro çatlaklı bir

yapıya sahip olan Rosalia pink (RT4) kireçtaşının basınç dayanımı Dumluözcan (RT6) kireçtaşından daha düşüktür.



Şekil 7.35: Doğal Taşlarda Mikro Çatlakların İnce Kesit Görünümü

7.4.5 Bozunma Derecesi

Doğal taşların en önemli fiziksel özelliklerinden biri rengidir. Doğal taşların esas mineraller içinde azda olsa dağılmış yabancı maddelerin mekanik yollarla esas mineralin yapısına girmesiyle renklenmeler oluşur. Bu renkli CaCO₃ kökenli doğal taşlar güneş ışınlarının şiddetine ve süresine göre, cila özelliklerini kaybeder ve güneş ışınlarından olumsuz etkilenir. Bu bozuşma sonucunda doğal taşların kimyasal ve fiziksel yapısında görülen değişimler mühendislik özelliklerin zayıflaması ile sonuçlanmakta ve ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (Çelik 2001).

Ayrışma derecesinin artması ile su emme, porozite ve birim hacminin yükseldiği, basınç direnci ve birim hacim ağırlığının azaldığı saptanmıştır (Güleç 1972).

Doğaltaşlarda porozite miktarının çok düşük olması nedeniyle absorbe edeceği su miktarı da çok azdır. Bu da doğaltaşların nispeten dayanıklı olmasını sağlar. Ancak doğaltaşlar çok az asitlik derecesine sahip bileşiklerle birlikte kolayca reaksiyona girerler. Bu da asit yağmurları ile karşı karşıya gelen doğaltaşların kolaylıkla ayrışmasına yol açar. Doğal taşların bozulmasında organizmaların rolü diğer etkenler kadar güçlü olmasa da, özellikle sulu ortamda bu organizmaların su emici özellikleri ile suyu bünyelerinde tutarak doğal taşlar yüzeyinin nemli kalmasına neden olur. Bu ortam içerisinde çoğalan organizmalar, yapıştırıcılara veya metal bağlantı elemanlarına zarar verebilir. Bu nedenle, ya doğal taşlar sudan ve nemden korunmalı ya da bu ortamda, suya ve neme dayanıklı doğal taşlar kullanılmalıdır.

7.4.6 Porozite

Kireçtaşlarında, çökme sırasında gelişen birincil poroziteler karakteristiktir. Birincil porozite, kayaçların çökme sırasında oluşurken, ikincil porozite çökme sonrasında erken süreçten geç sürece kadar etken olabilen çeşitli diyajenez, tektonik ve sıkışma evreleri sırasında meydana gelmektedir. Bej kireçtaşlarında erime boşluklarının oluşturduğu ve kırık çatlak damarcıklarına bağlı ikincil çatlak porozite gözlenir (RT1,RT2,RT3,RT4,RT5). Boşlukların büyük bir çoğunluğunun kalsit dolgulu olması ve kataklastik yapı olmaması nedeniyle bej kireçtaşlarında porozite etkisi olumsuz değildir. Ancak kataklastik etki görülen kırık yapısının geliştiği doğal taşlarda bu olumsuz yönde görülmektedir.

Porozitelerin diğer kayaçlardaki Porozitelere göre en belirgin farklılığı makroskopik özellikte olmasıdır. Oluşum itibariyle, bileşiminde bitkisel canlılar ve karasal alg fosilleri de bulunmaktadır. Yapı içindeki boşluklar ve organik içerikler travertenin su emme karakteristiği ile doğru orantılı; dayanım değerleri, sismik hız ile ters orantılı olarak değişmektedir.

Travertenlerde poroziteler su emme karakteristiğini aşırı derecede artırmaktadır. Bununla birlikte porlara girmiş suyun sıcaklık derecesinin değişmesi ile hacim genişlemesine uğrayan su, travertenlerin yapısında iç gerilmelere neden olmaktadır. Böylece bu tür travertenlerde poroziteden kaynaklanan basınç dayanımı ve don sonrası basınç dayanımlarında azalma görülmektedir. Nitekim travertenlerde elde edilen basınç dayanımlarının diğer tüm doğal taşlara göre daha düşük olarak çıkmasının nedeni budur (Sariisik 1998).

Afyon Grili (RT15) ve Afyon Grili Şeker (RT16) mermerleri sıkı kenetlenmiş bir kristal fabriğine sahip olduğundan dolayı porozite değerleri çok küçüktür. Bu donma sonucu meydana gelen ayrışmalarda da etkinin daha az olmasına sebep olur.

Doğal taşların gözeneklilik dağılımının homojen olmaması, fiziko-mekanik özelliklere önemli ölçüde farklı şekilde yansımaktadır. Aynı tür bir doğal taşta ait iki farklı hacimsel kesitinde, birim ağırlıkları aynı olsa dahi gözeneklilik dağılımı farklı ise, ses iletim karakteristiği de farklı olabilmektedir. Buradan edinilen tecrübe, ortalama gözenek çapı küçüldükçe, sismik hızın arttığı gözlenebilmektedir. Diğer bir deyişle, çok sayıda küçük gözenekler az sayıda iri gözeneklerden daha iyi ses iletimi sağlamaktadır (Sarıışık ve diğerleri 1998). Sincanlı traverten (RT12) gözenek sayıları bazı bölgelerde çok miktarda olduğu gibi, bazı bölgelerde de gözeneklerin büyüklüğü artmıştır

Metamorfizma geçirmiş, eş boyutlu, birbirine kenetlenmiş kalsit tanelerinden oluşan doğaltaşlar, porozite özelliklerine dayanarak mermer ve kireçtaşı guruplarına ayrılmıştır. Mermer grubu beyaz renkli, tamamiyle kenetlenmiş çoğunlukla özşekilli, yer yer yarı özşekilli kalsit tanelerinden oluşur. Daha çok yan basınçlara maruz kalmış olanlarda polisentetik ikizlenmeler görülür. İri kristaller içerir, beyaz-sarı renkli görünümündedir. Poroziteleri de genel ortalama kireçtaşı grubuna sınırına yakındır. Kireçtaşı grubu; kayaç mermer-gurubuna oranla daha iri kalsit kristalleri

içerir. Kalsit kristalleri çoğunlukla yarı özşekillidir. İkincil kalsit damarcıkları da gelişmiş olup, daha ziyade Folk (1962) sınıflamasına göre sparitik kireçtaşı görünümündedir. Porozitesi, gurubun üst sınırında yer almaktadır. mermer-gurubunda muhtemelen yalnız birincil porozitenin varlığı görülürken, bu gurupta ise, damarcık ve erime boşluklarının oluşturduğu ikincil porozitede olduğu gözlenir. Bu porozite gurubuna sahip kayaların genel bir özelliği de, iç yapısında organik veya inorganik organizmalar bulunmamasıdır. Bu durum, doğaltaşların porozitesinin belirlenen sınırlar içinde kalmasında etken olmuştur.

7.5 Restorasyonda Kullanılan Doğal Taşların Uygulama Alanları

Restorasyonda kullanılan doğal taşların kullanım yerlerine göre mineralojik-petrografik özelliklerinin fiziko-mekanik parametrelere etkisi, Doğal taş kullanımında atmosfer ortamında muhtemel olarak oluşabilecek asit yağmuru etkisinde (nitrik asit, asetik asit, karbonik asit ve hidroklorik asit bileşimlerinde) doğal taş karakteristiklikleri deneysel olarak analiz edilmiştir. Buna göre Çizelge 7.3'de restorasyonda kullanılan kalsiyum karbonat kökenli doğal yapı taşların kullanım alanları verilmiştir. Elde edilen bulgular ile hareket edilerek Kaunos Liman Agora Çeşme binasının restorasyon çalışmalarında, Antik dönemde malzemenin temin edildiği doğal taş ocağı tespit edilmiş (Şekil 7.36) ve Kaunos Liman Agora Çeşme binasının restorasyonunda kullanılacak malzeme aslına uygun olarak işlenmiştir.



Şekil 7.36: İscehisar Antik Mermer Ocağı

7.6 Doğal Taşların Fiziko-Mekanik Değerlerinin DIN Normlarına Göre Kullanım Alanlarının Sınıflandırılması

Doğal Taşlarda Birim Hacim Kütle deneyi DIN EN 1936, Su Emme deneyi DIN EN 13755, Basınç Dayanım deneyi DIN EN 1926, Eğilme Dayanım deneyi DIN EN 12372, Aşınma Dayanım deneyi DIN 52108, Porozite deneyi DIN 52102 ve Permeabilite deneyi DIN 18130'a göre yapılan testler sonucunda kullanım alanları belirlenmiştir. Çizelge 3.4'de DIN standartlarına göre doğaltaşların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerine göre hangi doğal taşın hangi sınıflama içinde yer aldığı Çizelge 7.2'de verilmektedir. Çizelge 3.4'de incelendiğinde doğaltaşların fiziksel ve mekanik özelliklerine göre değişimi sonucu farklı alanlarda kullanılabileceği görülmektedir.

Yapılan sınıflandırmada DIN standartlarına göre Çizelge 3.7'de verilen doğaltaşların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için, sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinden birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve permeabilite DIN-Min değerine göre, sınır değerinin altında kalan doğal taşlar ve aşınma dayanımı, porozite ve su emme DIN-Max değerine göre, sınır değerinin üstünde kalan doğal taşlar X , DIN-Min ve DIN-Max sınır değerinin arasında kalan doğaltaşlar B, fiziksel ve mekanik özelliklerinden birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve permeabilite DIN-Max değerine göre, sınır değerinin üstünde kalan doğal taşlar ve aşınma dayanımı, porozite ve su emme DIN-Min değerine göre, sınır değerinin altında kalan doğal taşlar A olarak isimlendirilmiştir.

Buna göre;

- ✚ Küfeki (RT7) kireçtaşı su emme DIN-Max değerine göre, sınır değerinin üstünde çıkmıştır. Buna göre, iç / kuru duvar kaplama hariç hiçbir yerde kullanımı uygun değildir.

- ✚ Küfeki (RT7) kireçtaşı ve Denizli Traverten (RT13) basınç dayanımı DIN-Min değerine göre, sınır değerleri altında çıkmıştır. Buna göre kolon-sütun, kiriş-sarak, iç/dış taşıyıcı konsol, iç taban ve basamak kaplama, dış taban ve basamak kaplama da kullanımı uygun değildir.
- ✚ Küfeki (RT7) ve Limra(RT8) kireçtaşı, Gümüş Traverten (RT10), Afyon Traverten(RT11), Salome (RT14), Afyon Şeker (RT15) ve Afyon Grili Şeker (RT16) aşınma dayanımı sınır değerleri üstünde çıkmıştır. Buna göre, iç taban ve basamak kaplamada kullanımı uygun değildir.
- ✚ Küfeki (RT7) ve Limra (RT8) kireçtaşı, Sincanlı Traverten (RT12) ve Denizli Traverten (RT13) DIN-Max değerine göre, porozite sınır değerleri üstünde çıkmıştır. Buna göre, iç / kuru duvar kaplama hariç hiçbir yerde kullanımı uygun değildir.

Doğal taşlarda mikrofissür ve yatay ve düşey yönde, birbirine çapraz şekilde kalsit dolgulu damarlar ve mikrofissürlerde demir (hematit, limonit) minerallerinin bulunması doğaltaşın dayanımını azaltmaktadır. DIN standartlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri uygun olan bu tür doğaltaşlarda C olarak isimlendirilmiştir.

Crema Temmer (RT5) kireçtaşında mikrofissür ve yatay ve düşey yönde, birbirine çapraz şekilde kalsit dolgulu damarlar bulunmaktadır (Şekil 7.34). Güreller bej (RT1) ve Rosalia pink (RT4) doğaltaşı içindeki mikrofissürlerde demir (hematit, limonit) minerallerinin bulunması doğaltaşın dayanımını azaltmaktadır.

Sadece iç kuru duvar kaplamada kullanılan doğaltaşlar altarnetif bir kullanım olan yapı taşı olarak kullanılabilir. Bunlar da D olarak isimlendirilmiştir. İnşaat sektöründe yapı elamanı olarak kullanılan hafif beton malzemesi ile küfeki taşı karşılaştırdığımızda DIN 1045 standartlarına göre 15 Mpa ile basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık

değerlerinde bir uyum gözlenmektedir. Buna göre Küfeki (RT7) kireçtaşı standartlarına göre yapı elmanı olarak kullanılabilir.

Doğal taşların esas mineraller içinde azda olsa dağılmış yabancı maddelerin mekanik yollarla esas mineralin yapısına girmesiyle renklenmeler oluşur. Bu renkli doğal taşlar özellikle Dumluözcan kireçtaşı CaCO₃ kökenli doğal taş olduğu için güneş ışınlarının şiddetine ve süresine göre, cila özelliklerini kaybeder ve güneş ışınlarından olumsuz etkilenir. Dumluözcan (RT6) kireçtaşı fiziksel ve mekanik özellikleri uygun olmasının rağmen dış duvar kaplaması ve dış taban ve basamak kaplamasında kullanımı uygun değildir.

Çizelge 7.2:Restorasyonda Kullanılan Kalsiyum Karbonat Kökenli Doğal Yapı Taşların Kullanım Alanları

	Kullanım Alanı	RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	RT6	RT7	RT8	RT9	RT10	RT11	RT12	RT13	RT14	RT15	RT16
1	Kolon-Sütün	C	B	B	C	C	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
2	Kiriş-Sarak	C	B	B	C	C	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
3	İç/Dış taşıyıcı Konsol	C	B	B	C	C	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
4	İç-Kuru duvar kaplaması	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	A	A	B	B	B
5	İç-İslak duvar kaplaması	B	A	A	A	A	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
6	Dış duvar kaplaması	B	A	A	A	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B
7	İç taban ve basamak kaplaması	C	B	B	C	C	A	X	X	B	X	X	X	X	X	X	X
8	Dış taban ve basamak kaplaması	C	B	B	C	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Örtü-Çatı kaplaması	C	A	A	C	C	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
10	Tezgah-Masa üstü iç dekorasyon	C	X	X	C	C	A	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B
11	Plastik sanatlar- Heykel v.b.	C	A	A	C	C	A	X	X	B	B	B	X	X	B	B	B
12	Parke-Doğal taş kaplama plakası	C	X	X	C	C	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Yapı Taşı Olarak Kullanım	X	X	X	X	X	X	D	X	X	X	X	X	D	X	X	X

8. TERTİŞMA SONUÇ

Restorasyonda kullanılan doğal taşların yerlerine göre, çeşitli parametrelerin etkileşimi altında bulunduğu, yapılan inceleme ve analizlerle gözlenmiştir. Restorasyon yapı malzemesi olarak kullanılacak doğal taşların tüm teknik özelliklerinin DIN standartlarına uygunluğu irdelenmiştir. Fiziksel testlerden Özgül kütle, Birim Hacim Kütle deneyi DIN EN 1936, Su Emme deneyi DIN EN 13755, Basınç Dayanım deneyi DIN EN 1926, Eğilme Dayanım deneyi DIN EN 12372 Porozite deneyi DIN 52102 ve Permeabilite deneyi DIN 18130'a göre yapılmıştır. Genel olarak kökeni aynı kayaç grubunda olsalar da, kayaçlardaki mineralojik bileşen cinsi ve kayaç içerisindeki dağılımı, tane/kristal boyutu ve dağılımı, inklüzyonlar, mikrofissürler, gözeneklilik ve bozunma derecesi gibi petrografik-mineralojik özelliklerin, fiziko-mekanik parametrelerini doğrudan etkiledikleri belirlenmiştir. Burada sunulan bu inceleme bulgularının ışığında, doğal taşların bilinmeyen fakat kullanımında önemle ihtiyaç duyulan konulara ışık tutmak amacıyla, doğal taş kullanımına yeni bir standardizasyon ve bakış açısı oluşturmuştur.

Doğal taşların kullanım yerlerine göre, çeşitli parametrelerin etkileşimi altında bulunduğu, yapılan inceleme ve analizlerle gözlenmiştir. Restorasyon da yapı malzemesi olarak kullanılacak doğal taşların tüm teknik özelliklerinin bu standartlara uygunluğu irdelenmiştir. DIN standartlarına göre (DIN EN 13755) Küfeki (RT7) kireçtaşı su emme sınır değerinden yüksek çıkmıştır. İç-İslak duvar kaplaması ve Tezgah-Masa üstü iç dekorasyon kullanımı uygun değildir. DIN'e göre (DIN EN 1926) RT7 ve RT13 doğaltaşlarının basınç dayanım sınır değerinden düşük çıkmıştır. RT7 ve RT13 doğaltaşları döşeme kaplamada kullanımı uygun değildir. DIN 1045 standartlarına göre 15 Mpa ile basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık değerlerinde bir uyum gözlenmektedir. Buna göre küfeki taşı DIN standartlarına göre yapı elmanı olarak kullanılabilir. DIN standartlarına göre (DIN 52108) Mermer, kireçtaşı ve travertenlerin aşınma dayanım

sınır değeri $12 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'dır. RT7, RT8 ve RT11 doğaltaşları, özellikle sirkülasyonun yoğun olduğu yerlerde döşeme kaplamada kullanımı uygun değildir. DIN standartlarına göre (DIN EN 12372) Mermer ve kireçtaşının eğilme dayanım sınır değeri 3-19 Mpa'dır. RT7 doğaltaşları yer döşemesi ve basamak kullanımı uygun değildir. DIN standartlarına göre (DIN 52102) Mermer de porozite sınır değerleri %0,1-1 dolomit ve kireçtaşlarında %0,1-2,5, travertenler de ise % 10'dur. Buna göre Küfeki (RT7) % 22,91, Limra (RT8) % 13,60, Sincanlı Traverten (RT12) % 14,66 ve Denizli Traverten (RT13) 12, 46 % sınır değerleri yüksek çıkmıştır. Porozite sınır değerlerinden yüksek çöken doğaltaşlar su ile temas halinde olan, iç / ıslak duvar ve dış duvar kaplama, örtü-çatı kaplama, tezgah-masa üstü, iç dekorasyon, parke-doğaltaş kaplama plakasında kullanılması uygun değildir. DIN standartlarına göre (DIN 18130) Mermer ve kireçtaşların da permeabilite $10^2 -10^0$ mD, travertenler de ise $10^2 -10^{-1}$ mD'dir. Buna göre doğaltaşların permeabilite değerleri 10^1-10^0 mD'i değerleri arasında yer almıştır.

Mikro çatlaklı bir yapıya sahip olan Rosalia pink (RT4) kireçtaşının basınç dayanımı Dumluözcan (RT6) kireçtaşından daha düşüktür. Crema Temmer (RT5) kireçtaşı yapı içindeki küçük-büyük çatlak ve damarcıklar kalsit kristalleri tarafından doldurulmuş durumdadır. Crema Temmer (RT5) kireçtaşının su emme karakteristiği Güreller Bej (RT1) kireçtaşına göre daha fazladır. Mikro çatlaklara sahip olan kayalarda kolon, sütun, giriş, sarak ve iç/dış konsol kullanımını olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu tarihi eserlerde kullanılan, mermer ve doğal yapı taşlarının özelliklerinin belirlenmesi, bunların temin edildiği taş ocaklarının bulunması, restorasyonda ve rekonstrüksiyonda kullanılacak malzemelerin aslına uygun olarak işlenmesi konularında, mermer ve doğal taş sektörü ile çok yakın çalışmalar sürdürülmektedir. Antik yapıda kullanılan doğal taşın orijinal ocağının bulunamaması veya orijinal doğal taşın uygulanamaması durumunda restorasyonda kullanılacak uygun doğal taşın özelliklerinin

belirlenmesine yönelik testlerin titizlikle yapılması gerekmektedir. Dünya Kùltür Mirası olan antik yapıların aslına uygun olarak restore edilmesi ile daha sonraki nesillere aktarılması mümkün olabilecektir.