

AN OVERVIEW ON STONE CONSERVATION IN PAST TWO DECADES

ABSTRACT

Stone Conservation Science includes both research and implementation techniques such as diagnosis, documentation, cleaning, consolidation, reintegration, treatment with water-repellents and surface protection.

Ideas about stone conservation started in mid-19th century had not been controlled by scientific researches till 1930s. Between 1970s and 1995-96, quite a few scientific publications had been observed exploring decay phenomena, deterioration processes, efficacy and durability of water-repellents and consolidation treatments. Not only the scientific studies but also practical experiences on some emulsions and nanotechnology had been pronounced in 1995-2010. Today, it's worth to underline that especially practices on stone consolidation don't correspond with the required number in parallel with the knowledge obtained through decades.

This paper represents an overview on **Stone Conservation Science** and starting from the 'preventive conservation', various techniques of cleaning, salt extraction, consolidation treatments and types of chemicals, methods and materials of surface protection and recent experiments are evaluated, 'integrated conservation approach' is emphasized.

Taş Korumada Son 20 Yıldaki Gelişmeler ve Yenilikler

 AHMET ERSEN

► Taş Koruma Kavramı, İlkeler

Taş koruma: teşhis, temizleme, sağlamlaştırma, kopan parçaların yapıştırılması, su iticilerin ve yüzey koruyucuların kullanılması ile kozmetik ve plastik onarımlardan meydana gelen bir araştırma/uygulama bütünüdür.

19.yy ortalarında başlayan koruma kaygıları, 1930'lara kadar bilimsel araştırmalar tarafından denetlenmemiş; genellikle inorganik sağlamlaştırıcıların ve mumların kullanıldığı erken uygulamalar, endüstri kenti ortamının hızlandırdığı taş bozulmalarını daha da artırmıştır. 1932'de Schaffer'in *The Weathering of Natural Building Stones* adlı kitabında, taş bozulmalarının nedenlerine ve erken taş sağlamlaştırma uygulamalarının sakıncalı yönlerine değinilmektedir. Bunlar: sağlamlaştırıcıların derin penetrasyon yapamamaları yüzeyde fiziksel ve mekanik özellikleri farklı bir kabuk oluşturmaları ve yan ürün ola-

rak suda çözünür tuzları üretmeleri olarak özetlenmektedir.

19.yy sonu ile 1930'lar, ilk hataların özeleştirilerinin yapıldığı safhadır. 1970'lerde Torraca, erken uygulamalarının başarısızlığını; teşhis, temizleme, sağlamlaştırma ve yüzey korumanın ayrı ayrı ele alınmayışı ve bir kerede yapılan uygulamayla bütün sorunların birlikte çözümlenmesi isteğine bağlamaktadır. Ayrıca, bu müdahalelerin her birinin ayrı ayrı ele alınarak bilimsel anlamda araştırılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

1970'ler ile 1995-96 arası, uygun bilimsel araştırma ve yayınların yapıldığı, bozulma süreçlerinin, morfolojilerinin, sağlamlaştırıcıların ve su iticilerin etkinlik ve durabilitelerinin anlaşıldığı bilimsel bir dönemdir.

1995-2010 arası, aynı konularda fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve biyolojik bozulmaların, temizleme tekniklerinin, sağlamlaştırıcıların etkinliklerinin ve bozulma ortamına dirençlerinin artık tamamen en ince ayrıntılarına kadar anlaşıldığı; emülsiyonların ve nanotek-

noloji ürünlerinin denenmeye başladığı bir dönemdir. Bununla birlikte, taş sağlamlaştırma pratiğinde yapılabilecek uygulamalar, sınırlı ve bu bilgi birikimi ile doğru orantılı değildir.

Önleyici Koruma:

Teorik olarak 19. yüzyılın sonuna, Ruskin ve Morris'e kadar uzanan "önleyici koruma" kuramı, son dönemde daha ciddi olarak ele alınmış ve bozulma ortamı ile bozulma süreçlerinin korelasyonu kurularak bozulmanın hızını kontrol etmek amacıyla "ortam koşullarını denetleme" kavramı gelişmiştir. Minimum müdahale, taşa zarar verecek malzemelerin duvar yapısına sokulmaması, taş yapıların mimari açıdan özenle tasarlanmış çatıların altına alınması gibi konular tartışılmaya başlamıştır.

Önleyici bakım, yalnızca ortamın sıcaklık ve bağıl neminin kontrolü değildir; en azından mimari korumada daha geniş anlamda ele alınmalıdır. Estetik ve tarihi değeri yüksek anıt yapılar için özel koruma yönetmeliklerinin hazırlan-

ması, hava kirliliğinin denetlenmesi, trafik yoğunluğunun kontrolü, zemin suyu kotlarının izlenmesi ve düzenlenmesi, ziyaretçi sayısının kısıtlanması ve ziyaretçi programlarının oluşturulması, afet yönetimi gibi konuları da içermektedir (Baer, 1991; Baer ve Snethlage, 1997; Baer ve Snickars, 2001). Koruma önlemleri, çitler ve arkeolojik alanlarda tekrar gömme/kapama gibi konular da araştırılmıştır (Teutonico, 2004; Demas, 2004).

Taş Objeleri Doğrudan İlgilendiren Uygulamalar

Taşın kuru tutulması ile ortamın sıcaklık ve bağıl neminin kaydedilmesi ve denetlenmesidir. Bu işlem, taş müze objeleri için mümkün olsa da mimari cepheler için uygulanabilir değildir. Yapıların tümel olarak çatı altına alınmaları, tasarım ne kadar güzel olursa olsun itici olmaktadır; ancak gerektiğinde iyi tasarlanmış kısmi çatılar düşünülebilir. Sürekli tekrar eden donma/çözülme süreçleri, killi kireç taşlarının ve kumtaşlarının ıslanma-kuruma süreçlerindeki hacim hareketlerinin bozulmayı hızlandırması ve tropikal iklimlerde biyolojik bozulmaların kontrolü amacıyla, bu tip önlemlerin alınması mazur görülebilmektedir.

İç mekânlarda sıcaklık ve bağıl nemin sabit tutulması; taş objeler-

de veya duvar resimlerinin üzerinde yer aldığı sıva katmanlarının gözeneklerinde birikmiş olan tuzların higroskopik davranışla hidratlanma / dehidratlanma çevrim hareketlerini nispeten stabilize edebilmektedir (Steiger ve Zeurnert, 1996; Price, 2000; Steiger, 2005; Sawdy and Price, 2005; De Clercq ve Charola, 2008; Franzen ve Mirwald, 2009). Ortamın sıcaklık ve bağıl neminin izlenmesi ile tuz kristallenme hareketleri sınırlandırılabilir (Laue vd., 1996). Taşın kuruma hızının bilinmesi, bu olayın kontrolü için önemli bir veridir; dış hacimlerde ve yüzeylerde kuruma hızının kontrolü, kripto (kabuk altı) çiçeklenmesini görece zararsız olan yüzey çiçeklenmesine çevirebilmektedir (*Taş bozulmaları ve korunması konusunda; bkz. Lewin, 1966; Ersen, 1991; Price, 1996/2010*). Bu makalede, teorik ve pratik bilgilerin kronolojik derlenmesi yapılmıştır; daha ayrıntılı bilgiler bu kaynaklardan bulunabilir. Temizleme, sağlamlaştırma ve yüzey korumaya dair bilgilerin son 20 yıldaki gelişiminin bir makale kapsamında verilebilmesi amacıyla, 1990 öncesindeki bilgi ve deneyimlere değinilmeyecektir.

Taş cinsleri, bozulma morfolojileri, kir çeşitleri ve bozulmaların derinlikleri, konservasyon projesinde “mapping (hari-

talama)” tekniği ile belgelendikten sonra yapılacak ilk müdahale “**temizleme**”dir. Temizleme sonrasında cephedeki taşların korunmuşluk durumları daha iyi görülebilmektedir. Ayrıca kir birikimleri ve kabuklar, mimari bezeme detaylarının formlarını yumuşatarak, silik ve anlamsız bir görünüm almalarına yol açmaktadır; bununla birlikte kir ve kabuk altındaki korunmuşluk durumu iyi bilinmeden yapılacak temizlik, daha ileri derecede form yumuşamasına neden olabilmektedir. Farklı alçıtaşı kabuk oluşumları ve bunların altındaki kireç taşlarının cinsi ve korunmuşluk durumu, alçıtaşı kabuğun temizlenip temizlenmemesi konusunda karar vermek için önemli bir ölçüttür (Siegesmund vd., 2007). Ayrıca alçıtaşı kabuğun ve kirin altında 19. yüzyıl onarımlarının patinalarına da rastlanabileceğinden, temizlemede özgün döneme veya onarıma ait patinaların kaybolmasına dikkat edilmelidir. Karbon, kil, kurum vs. içeren kirli kabuk alındıktan sonra beyaz alçıtaşı kabuk ortaya çıktığında temizlemenin durdurulması daha uygun olur. Alçıtaşı kabuğun kirli kısmının derinliği, ince kesit üzerinde optik mikroskop ile inceleme ve SEM-EDX görüntüleri ile saptanabilmektedir (Vergés-Belmin, 1994; Verdön ve Ersen, 2009).



Çeşitli taş türlerinden örnekler

Temizleme

Temizleme teknikleri, birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır (Fassina, 1994; Andrew vd., 1994; Ashurst, 1994; Vergés- Belmin ve Bromblet, 2000; Rodriguez - Navarro vd., 2003; Worth, 2007; Slaton ve Normandin, 2005).

Temizleme konusundaki geçmiş bilgiler, son 20 yılda yeniden değerlendirilmiş; önemli gelişme ve yenilikler olmuştur. Temel temizleme teknikleri olan su ile yıkama, mekanik ve kimyasal temizleme devam etmekle birlikte; atomize su ile yıkama, kontrollü mikro boyutlu özel agregalarla kumlama ve kimyasal absorblayıcı jeller, eski ve daha sert tekniklerin yerini almışlardır. Ayrıca bazı kimyasalların ve aşırı suyun kullanılması, artık tercih edilmemektedir. Lateks temizleme filmleri, uzun süredir denenmekle birlikte yeni yeni uygulamaya girmiştir.

Su ile Yıkama:

Doğal taşın -örneğin kireç taşının- renk ve dokusuna varan derinlikteki su ile temizlemenin yüzey kaybı, lekelenme, suda çözünür tuzların hareketlenmesi, taşın hava kirliliği ortamına açık ve zayıf hale gelmesi, kışın don tehlikesi, metal donatıların korozyonu gibi bozulmalara yol açabileceği özellikle vurgulanmaktadır (Maxwell, 1992; Mac Donald vd., 1992; Ashurst, 1994; Young ve Urquhart, 1992; Maxwell, 2007). Temizleme öncesi ve sonrasında yüzey erozyonu, SEM- EDXA ile kontrol edilebilmektedir. Temizleme işleminden sonra taşın renk değiştirmesinde ve lekelenmesinde suda çözünür tuzların rolü de anlaşılmıştır (Vergés-Belmin, vd., 2008). Atmosfer etkilerine açık durumda kalmış taş yüzeylerinin, temizlik sonrasında ocaktan yeni çıkmış taş-

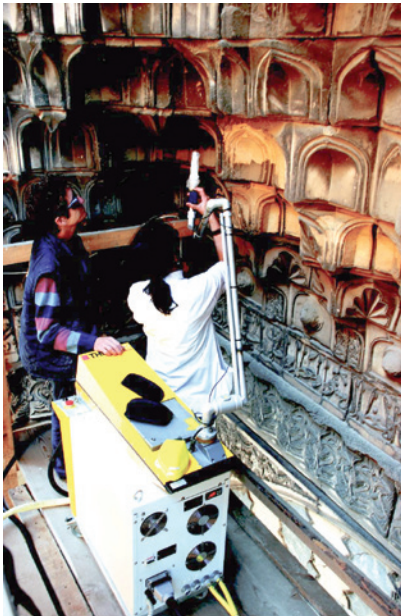
la aynı olmayacağı kabul edilmiştir.

Lazer ile Temizleme:

Taş temizleme konusunda son yirmi yıl içindeki önemli yeniliklerden biri, "lazer ile temizleme"dir. Uzun süredir müze ve konservasyon laboratuvarlarında kullanılmakta olan bu teknik, mimari koruma alanına da girmiş ve önemli ölçüde kabul görmüştür (Dajnowski, Jenkins ve Lins, 2009; Normandin vd., 2005). Lazerle temizleme tekniğinde; taş yüzeyine mekanik bir etki, kimyasal bir tepkime veya aşırı suyla temas söz konusu değildir. Bu yüzden özellikle mikritik ve spartik kireç taşlarının ya da zayıf kumtaşı heykel ve mimari bezeme yüzeylerinin temizlenmesinde tercih edilmektedir. Üzerinde koyu renk kabuk bulunan açık renk taş yüzeyine vuran infrared (kızıl ötesi) ışını, be-



Su ile yıkama



Lazer ile temizleme (Fotoğraf: N.Mine Yar)



Kimyasal temizleme



Biyolojik temizleme



Mekanik temizleme uygulaması



Kumlama uygulaması



Kuru buz ile temizlik uygulaması



yaz kabuk veya taş yüzeyine varıldığında yansıyarak daha ileri bir etki yapmamaktadır. Lazer tekniği, Cooper, Emmoy ve Larson (1993), Cooper (2005) ve Yarvd. (2010) tarafından anlatılmaktadır. Optik fiber kablolarla uzun mesafelere taşınabilen sistem mimari korumada cephe temizliklerini daha hızlı hale getirdiğinden, kullanımına rağbet artmıştır. Lazerle temizlemede optimal dalga boyu ve pulse enerjisinin seçilmesi, taş yüzeyinde denenmesi, taş yüzeyindeki fiziksel ve kimyasal etkileri, diğer temizleme teknikleriyle karşılaştırılması ve operatör üzerindeki olası zararlı etkileri de araştırılan konulardandır (Vergés- Belmin ve Dignard, 2003; Bromblet, Labouré ve Oriol, 2003). Lazerle temizlik, polikromi bulunan yüzeylerde özenle uygulanmalıdır. Aksi takdirde renk değişimleri gibi zararlı etkileri olabilmektedir (Fassina, Goudini ve Cavaletti, 2008). Sanat objelerinin korunmasında lazerle temizlik konusunda, "Lasers in the Conservation of Artworks, LACONA" adlı eğitim konferansları, 1995'ten bu yana sürmektedir.

Lazerle temizlikte üzerinde durulan konulardan biri de temizleme etkisiyle taş yüzeylerinde oluşan renk değişiklikleridir. Yüzeydeki pembe feldspatların veya boşluklarda depolanmış kirlerin renk değişiklikleri, daha önceden yüzeye sürülmüş olan yağ, vs. lekelerin ortaya çıkması muhtemel sorunlardır.

Kimyasal Temizleme:

Kimyasal temizlik alanındaki en önemli yenilik, "lateks kompresi" metodudur. Özellikle mermer, yoğun kalker, granit veya yüzeyi iyi korunmuş kireç taşları, vs. ile

iç mekânlarda yapılan temizliklerde kullanım alanı bulmuştur. Ticari adı "Arte Mundit" olan lateks kompresi, Mora absorblayıcı jelinin (AB57) geliştirilmiş versiyonudur (Woolfitt ve Abrey, 2000; ; De Witte ve Dupas, 1992). EDTA ve diğer kimyasalları içeren terkip yüzeye spreylenmekte ve yüzey kirliliğini aldıktan sonra yerinden sökülmektedir. Ancak kir, alçıtaşı kabuğun veya porozitenin içindeyse bu sistem çalışmamaktadır. Yine zayıf yüzeylerde, yapışmaya bağlı olarak sökülme işleminde ayrılmalara ve parça kopmalarına yol açabilmektedir.

Biyolojik Temizleme:

Çok yaygın uygulama alanı bulmamakla birlikte, bir yenilik olarak "biyolojik temizleme" teknikleri görülmektedir. Üre ve gliserol katılmış kil kompresleriyle temizleme denemeleri 1970'lere kadar gitmektedir (Hempel, 1976). Gauri, anaerobik kükürt redükleyen ortamla, "*desulfovibrio desulfuricans*" bakterilerini kullanarak mermer üzerindeki siyah alçıtaşı kabuğun temizlenmesini denemiştir (Gauri vd., 1992). Bu metotta kalsiyum sülfat dihidrat, kalsiyum karbonata dönüşmektedir (Gauri ve Chowdhury, 1998). "*Trametes versicolor*" türü mantardan elde edilen enzimlerle, mermer yüzeyindeki su yosunu kaynaklı lekelenmelerin ve toprak altında kalmış mermer fragmanlarının temizlenmesi hedeflenmiştir (Konkol vd., 2009). Ancak bunların hepsi, küçük objelerin veya sınırlı yüzeylerin temizlenmesinde kullanılmış; mimari yüzeylerde büyük ölçekli uygulamalar yapılmamıştır.

Kirin cinsinin ve temizleme derinliğinin tayini amacıyla araştır-

malar yapılmıştır; amaç, alçıtaşı kabuğunun temizlenmesinde durulacak noktaların belirlenmesidir. Ancak yapı cephelerinde farklı kireç taşları kullanılmış olabileceği gibi, yağmur suyuyla yıkanan veya korunaklı bölgelerde kuru birikim yoluyla depolanan alçıtaşı kabuklarında farklı derinlikler ve yapılanmalar da söz konusu olabilmektedir. Dolayısıyla, kabuklanma veya $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ çözeltilisinin kireç taşlarının boşluklarında birikiminin bütün yapı cephesinde anlaşılması gerekmektedir.

Tuz çıkarma:

Tuz çıkarma veya bu işlemi tekrarlayarak taşın boşluklarında birikmiş olan suda çözünür tuzların miktarını azaltma işlemi de çok eskiden beri uygulanan bir konservasyon tekniğidir. Tuz çıkarma, taşınır objelerde, korunmuşluk durumlarının uygun olması durumunda; deiyonize suya daldırılarak kil ve kağıt hamuru kompresiyone gerçekleştirilebilmektedir. Ancak yapı cephelerinde, sabırlı uygulamaları gerektirecek kadar uzun süreli bir işlemdir. Her tuz çıkarma işleminden sonra kağıt hamuru veya kilden stok çözeltiler hazırlanarak çıkan tuz miktarı kontrol edilmeli; bu yolla uygulamanın etkinliği denetlenmelidir. Uygulama, yüzeyde pigmentlerin olması, yani daha önce boyalı bir bezemenin yapılmış olması durumunda zorlaşmaktadır. Tuz çıkarma işlemi kadar, suda çözünür tuzların kaynaklarının belirlenmesi ve bunların denetlenmesi de önemlidir (Vergés-Belmin ve Siedel, 2005).

Tuz çıkarma uygulamasında, alçıtaşı kabuğunun çözülmesi amacıyla EDTA sodyum tuzları, sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat-

nat ve amonyum karbonat katkıların kullanıldığı görülmektedir; ancak sodyum bikarbonat ortama fazladan sodyum iyonu kattığından sakıncalıdır (De Witte ve Dupas, 1992; Alessandrini vd., 1993; Leitner, 2005; Henry, 2006). Bir Avrupa Topluluğu projesi olan “*Assessment of Desalination Mortars and Poultrices for Historic Masonry (DESALINATION) 2006-9*” kapsamında yapılan araştırmada, çeşitli tuz çıkarma kompreslerinin etkinlikleri ele alınmıştır (Bourguignon vd., 2008; Doehne vd., 2008; TU Delft, 2009).

Kontrollü Kumlama (Mikro Kumlama) Sistemleri-Mekanik Temizleme:

Temizleme uygulamalarında yurdu-muzda da son 5 yıldır denenen ve kabul gören kontrollü kumlama sistemleri; suyun yan etkilerinin teşhis edildiği durumlarda ve taş yüzeylerinin korunmuşluk durumlarının uygun görüldüğü koşullarda, yüzey

erozyonuna yol açmayan temizleme uygulamalarına imkân vermektedir.

Kumlama, daha önce kullanılan yüksek basınçla kuvars agrega uygulamasının yol açtığı yüzey bozulmaları ve detay kayıpları nedeniyle kötü isim yapmış bir mekanik temizleme tekniğidir. Özel agregalarla, düşük basınçta ve agrega tane boyutu sertliğinin, debinin ve basıncın kontrolüne imkân veren yeni sistemler ile yüzey erozyonu sorunu ortadan kalkmıştır. Kontrollü kumlama; yüzeyde bulunan taşın sertliği ile uyumlu veya biraz daha yüksek sertlik derecesindeki 125µ elek açıklığının altında, genelde 80-63µ elek açıklığı arasındaki garnet, dolomit, kalsit veya ceviz kabuğu, fındık kabuğu, yumurta kabuğu, mısır koçanı gibi organik agregaların bir atmosfer basınç civarında kontrollü olarak yüzeye püskürtüldüğü sistemlerdir.

Temizlenecek yüzeye sahip olan taşların porozitelerinde suda çözü-

nür tuzların depolanmış olduğu ve suyun demir donatılarda korozyona yol açabileceği durumlarda, biyolojik ve mikrobiyolojik bozulmaların yoğun olduğu yerlerde ve kışın don tehlikesi bulunan aylarda kontrollü kumlama ile temizleme tercih edilmektedir.

“Kuru buz” veya “donmuş karbondioksit” agregalı mekanik temizleme sistemi, agrega kalıntıları ve tozuma sorununu en aza indirdiğinden; denenen ve kabul gören yeni temizleme sistemlerinden biridir. Bu sistemde donmuş karbondioksit agrega, sıcak yüzeyle temas ettiğinde hızla gaza dönüşmekte ve bu anda yaydığı enerji ile yüzeyde bir mikro patlama meydana getirerek kabuk, kir vesaireyi mekanik olarak yüzeyden ayırmaktadır. Kumlama veya Aşındırma yoluyla mekanik olarak yapılan temizlemlerde tozuma nedeniyle çevreye verilen rahatsızlık, bu sistemde ortadan kalkmaktadır.

Sağlamlaştırma

Sağlamlaştırma, doğal taşın ayrışmış, yıkanmış veya yüzey erozyonu yoluyla eksilmiş bağlayıcı çimentosunu ikâme edecek, kırıntıları ve tozumu aadezyon yoluyla bağlayacak ve sağlamlaştırılmış ayrışmış yüzeyi taşın sağlam kısmına bağlayacak şekilde olmalıdır. Bu da derin ve kalıcı penetrasyon ve sağlamlaştırma derinliğini gerektirmektedir (Torraca, 1982; Ginell, Wessel ve Searles, 2001; Henry, 2006).

Taş sağlamlaştırma uygulamaları; hava kirliliği, ıslanma - kuruma çevrimlerinin etkileri ve tuz kristalleme çevrimlerine karşı taşın yüzey koruyucularla korunması gereksinimini de birlikte getirmektedir. Uygulamaların en az birkaç on yıl etkili olması beklenmekte ve yapının periyodik bakım programlarında, korunmuşluk durumunun kontrolüne bağlı olarak yüzey koruyucular yenilenmektedir. Sağlamlaştırılmış taşın fiziksel ve mekanik özelliklerinin, sağlamlaştırılmamış kısımlarla uyumlu olması istenmektedir. Aksi takdirde, meka-

nik özellikleri taşın sağlamlaştırılmamış kısmından yüksek olan sağlamlaştırılmış kısım, yükler karşısında farklı davranarak zayıf kısımlardan ayrılmaktadır. Aynı durum lineer ısıl genleşme katsayısının yükselmesi durumunda, sağlamlaştırılmış ve sağlamlaştırılmamış kısımların farklı genleşme - büzülme çevrimleri ile ortaya çıkan iç gerilmelerde ortaya çıkmaktadır. Yine sağlamlaştırılmış kısımda porozite ve porozimetri (boşluk boyutu dağılımı) değiştiğinde, suyun sıvı ve buhar halindeki dolaşımı farklılaşmakta; mikro porozitenin artması durumunda geç kuruma ve buna bağlı komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır. Taşın porozitesinde birikmiş olan suda çözünür tuzların, ıslanma - kuruma ve hidratlanma - dehidratlanma süreçlerinde sağlamlaştırılmış yüzeyin altında hapsolmaları durumunda; ek iç gerilmeler ve kabuk altı çiçeklenmesi sorunu ortaya çıkabilmektedir.

1990 sonrasındaki araştırmaların sonuçları, sağlamlaştırmanın te-

mel ilkelerini ve olası sorunları ayrıntılı olarak ele almış ve ilgili uyarıları yapmıştır.

Sağlamlaştırıcılar, taş yüzeyine fırçayla emdirme, atomize uygulama ve kılcallıkla emdirme metodlarıyla uygulanabilmektedirler. Taşınabilir objelerde, vakumlu emdirme metodu daha derin emdirme imkânı sağlamaktadır. Rölyef ve heykellerin zayıf taş yüzeylerinde ise, ham pamuk kompresiyeli sarma tekniği denenen yeni bir tekniktir (Pummer, 2008); ancak yapı yüzeyleri için uygulanabilir gözükmemektedir.

İnorganik Sağlamlaştırıcılar:

Taş sağlamlaştırmada kireç suyu (doymuş Ca(OH)_2 çözeltisi) ve barita (Ba(OH)_2 çözeltisi), 19. yüzyılın sonlarından itibaren uygulanmış ve derin penetrasyon yapılamaması nedeniyle organik sağlamlaştırıcıların yanında pek rağbet görmemiştir. Kirli taş yüzeyinde kireç söndürme/kireç suyu emdirme ve taş tozlu yoğun kireç badanalarıyla kireç

taşlarını temizleme ve sağlamlaştırma yöntemi, İngiltere’de halen kullanılmaya devam eden bir tekniktir. İlk kez sistematik olarak Prof. Baker tarafından Wells Katedrali’nin restorasyonunda kullanılan bu metod, “Wells”, “Baker” veya “kireç” metodu olarak bilinmektedir ve hâlâ taraftarları vardır (Baker, 1970). Barita’nın patenti, 1862’de Prof. A. H. Church tarafından alınmış ve birçok yapıda kullanılmıştır. Bu metodla kireç taşlarının esasları olan kalsiyum karbonatın suda daha az çözünür olan baryum sülfata dönüştürülmesi istenmektedir. Bu sistemin çalışabilmesi için, kireç taşında alçıtaşı birikiminin olması gerekmektedir. Uygulamaların sonucunda yüzeysel emprenye ve taş yüzeylerinde kabuk oluşumu teşhis edildiğinden, terk edilmiştir (Church, 1862; Heaton 1921).

Kireç suyu emdirme yönteminde hedeflenen; taşın boşluklarına doldurulan doymuş $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çözeltisinin, havadaki CO_2 ile tepkimeye girerek CaCO_3 oluşturmaktır. Kimyasal tepkime bakımından doğru görülen bu uygulamada sorun, yine yüzeysel ve sık sağlamlaştırma derinliği olarak görülmektedir (Ashurst ve Ashurst, 1988; Price, Ross ve White, 1988).

Kireç suyu emdirilen kireç taşı ve mermer yüzeylerindeki boşlukların ve kılcal çatlakların dolarak bakteri kolonizasyonlarını önlediğine de değinilmiştir (Krumbein vd., 1993).

Boşluklarda oluşan kalsiyum karbonatın kristal yapılı olmaması ve amorf yapısı nedeniyle, sağlamlaştırma etkili olamamaktadır. Yakın dönemde, toprakta bulunan bazı bakterilerle kireç taşı boşluklarında kalsit birikimini sağlama yolu denenmiştir (Jiménez-Lopez vd., 2008). Bununla birlikte mimari korumada uygulanabilir bir metod olarak görülmemektedir. Nanoteknolojinin taş koruma alanında kullanılmaya başlamasıyla, yüzeysel emprenye sorununun aşıldığı görülmektedir (Giorgi, Dei ve Baglioni, 2000). Bu yeni teknolojiye, portlandit kristalleri nano boyutunda (150-200nm) alkolde süspansiyon halinde üretilmektedir. Alkol kul-

lanılması, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ’nin boşluklarda yerine yerleşmeden önce karbonatlaşmasını önlemekte olduğundan; sulu çözeltilere göre daha fazla portlandit kristalinin depolanmasını sağlamaktadır.

Bu konuda STONECORE (*Stone Conservation for the Refurbishment of Buildings*) adlı EC projesi de yürütülmektedir (<http://www.stonecore-europa.eu/>; Drdacky, Silzkova, Ziegenbalg, 2009).

Barita veya baryum hidrosit emprenyesi, 1922 yılında Heaton (Heaton, 1921) ve 1932 yılın-

Taşın porozitesinde birikmiş olan suda çözünür tuzların, ıslanma - kuruma ve hidratlanma - dehidratlanma süreçlerinde sağlamlaştırılmış yüzeyin altında hapsolmaları durumunda; ek iç gerilmeler ve kabuk altı çiçeklenmesi sorunu ortaya çıkabilmektedir.

da R.J. Schaffer (Schaffer, 1932) tarafından, sık sağlamlaştırma derinliği ve yüzeyde kabuk oluşturmaları nedeniyle başarısız olarak nitelendirilmiştir. Lewin, bu tekniği geliştirerek birkaç kez denemiştir (Lewin ve Baer, 1974). Yakın dönemdeki yayınlarda da, barita kullanılması konusunda olumsuz görüş verilmektedir.

Organik Polimerler:

Organik polimerlerin taşın boşlukları içinde yerleşmeleri “boşluk yüzeyi kaplama”, polimer ağında boşluk yüzeyleri arası köprüleme gibi yerleşme sistemleri ve porozimetrideki değişime etkileri ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Sasse ve Honsinger, 1991). Yine civalı porozimetreye kullanılarak, organik sağlamlaştırıcıların boşluk boyutu dağılımında

neden olduğu değişimler ele alınmıştır (Hammecker vd., 1992). Organik polimerlerin ultraviyole, hava kirliliği, oksidasyon ortamlarındaki stabilite ve degradasyonları ile yerinde uygulamaların zamanla etkinliklerinin sürekliliği hususu, Chantore ve Lazzarini tarafından araştırılmıştır (Chantore ve Lazzarini, 2001).

Alkoksil Silanlar:

Alkoksil silanlar ve alki alkoksil silanlar, taş sağlamlaştırmada en yaygın kullanımı olan sağlamlaştırıcılar olmuşlardır. 1862 yılından beri bilinen etil silikat ve daha sonra geliştirilen silanlar ve silan-siloksanlar, son 20 yılda da en çok tercih edilen ve başarılı sonuçlar veren organik sağlamlaştırıcıdır (Snethlage ve Wendler, 2000; Wheeler ve Goins, 2005; Price, 2006; Wheeler, 2008).

Metil trimetoksi silan (MTMOS) ve tetra etoksi silan (TEOS, etil silikat), taş sağlamlaştırmada en çok tercih edilmiş olan iki üründür. Silanlar, su ile hidrolize olarak silanollerini oluşturmada; daha sonra da kondansasyon tepkimeleri ile polimerleşerek silisyum polimeri oluşturmaktadırlar. Silanlar, organik bir ürün ile başlayıp inorganik bir ürün oluşturdukları, uzun vadede degrade olmadıkları ve sudan daha akışkan oldukları için derin emprenye imkânı sağlamaları nedeniyle büyük ilgi görmüşlerdir. Metil grubunu alkil ve aril gruplarıyla değiştiren farklı tepkimeler de kullanılmıştır. Metil grubunun varlığı, sağlamlaştırma ile birlikte su iticiliği de sağlamaktadır. Alkoksil silanların sağlamlaştırmada başarı sağlayabilmeleri için, gerekli uygulama koşullarının ve ortamının sağlanması gereklidir. Örneğin bağıl nemin %35’ten az %50’den fazla olmaması, havanın aşırı sıcak ve soğuk olmaması, hava sıcaklığının 15-20°C civarında olması, hızlı kuruma olmaması gibi.

Nanoteknoloji, silanlarda da daha başarılı sağlamlaştırma olanakları vermiştir (Miliiani, Simpson ve Scherer, 2007). Ayrıca daha esnek polimer filmleri oluşturarak gevreklik sorununu çözen “elastikleştirilmiş” silanlar üretilmiş-

tir (Kim vd., 2008). Bu tür silanlar, ticari olarak Remmers KSE 500E markasıyla Avrupa’da piyasada bulunmaktadır.

Etil silikat ve alkoksi silanların uygulamaları, belirli empenye süreleri ve aralıklarıyla ardışık olarak yapılmaktadır. Uygulamaların süre ve sayılarının, taşın boşluklarını doldurma/bloke etmedeki etkileri ve TEOS’un rijitlik (gevreklik) sorunu araştırılmıştır. Burada önemli olan parametre, sağlamlaştırma uygulamalarında porozimetride (boşluk boyutu dağılımı) **mikro boşlukların artmamasıdır**. Aksi durum, kılcalık ve kuruma hızını etkileyerek taşın ıslanma - kuruma, donma - çözülme ve tuz kristallenme çevrimlerine karşı direncini düşürmektedir.

Boşluk boyutlarındaki değişimler ve solventlerin bu olguya etkileri de araştırılan konulardandır. Taşın boşluklarında depolanmış olan suda çözünür tuzların silanların hidroliz ve kondansasyon tepkimelerine etkileri, uygulamanın başarısı için önemli bir parametredir. Sodyum sülfat, hidroliz ve kondansasyon tepkimelerinin hızını yavaşlatmakta; sodyum klorür ise kondansasyon hızını artırmaktadır (Kumar ve Price, 1994; Simon, Shaer ve Kaiser, 2006). Sağlamlaştırma, boşluklardaki tuzları stabilize edememektedir; bu nedenle polimer filmlerinin altında kristal büyümleri sürerek, polimer filmlerini patlatabilmektedir.

Hidroksil Yüzeyler Oluşturan Alkoksi Silanlar:

Alkoksi silanların sağlamlaştırma etkisi yapan silisyum - oksijen zincirlerinden oluşan yapıları, kumtaşlarında, killi kireç taşlarında ve tüflerde kimyasal bağlar kurabildiğinden daha etkili olurken; bütünüyle kalsitten oluşan kireç taşı ve mermerlerde bu özelliği sağlayamıyordu. Bu sorunu aşmak amacıyla kalsit yüzeylerini hidroksil ile kaplayan, hidroksil oluşturucu dönüştürme tabakaları sağlayan, özel olarak kireç taşları için üretilmiş silan - siloksanların üretilmesi de, 1995 sonrasında taş koruma pratiğine yeni

imkânlar kazandırmıştır.

Epoksi Reçineleri:

Epoksiler, taş sağlamlaştırma uygulamalarında sıg empenye, yüzeyde fiziksel özellikleri değişmiş ve mekanik özellikleri artmış bir kabuk oluşturma, doğal taşlara göre çok yüksek genleşme katsayılarına sahip olma ve oksidasyon, mor ötesi ışınları ve SO₂ ile kirlenmiş havada degrade olma gibi çok sayıda olumsuz özellikleri nedeniyle tercih edilmemişlerdir. Silanlar gibi “*reversibile*” (tersinimli) olmayışları da başka bir itici nedendir. Buna karşın üç boyutlu polimer ağları oluşturdukları

Silanlar, organik bir ürün ile başlayıp inorganik bir ürün oluşturduklarından; uzun vadede degrade olmadıkları ve sudan daha akışkan oldukları için derin empenye imkânı sağlamaları nedeniyle büyük ilgi görmüşlerdir.

rından, strüktürel reçinelerdir ve yapıştırma, bütünlendirme uygulamalarında kullanılmışlardır. Taş sağlamlaştırmada Domasowski ve Strzelcyk (1986), Gauri ve Appa Rao (1978) tarafından denenmiş, olumlu ve olumsuz yönleri gösterilmiştir; ancak fazla ilgi görmemişlerdir. Epoksi - silika melez sağlamlaştırıcılar ise, sağlamlaştırmada mekanik özelliklerde artışın gerekli görüldüğü durumlar için denenilen yeni sistemlerdir (Cardiano vd., 2005).

Akrilik Monomerleri, Pre-polimerleri ve Kopolimerleri:

Akriliklerin kullanımı, akrilik kopolimerleri ve özellikle Paraloid B72’nin kullanımıyla devam etmektedir. Konservatörler, taşınır objelerin, duvar resimlerinin ve taş yü-

zeylerinin korunması ve sağlamlaştırılmasında akrilik kopolimeri ve siloksanları birlikte kullanmayı sürdürmektedirler. Ayrıca Paraloid B72’nin MTMOS’ta çözülerek kullanılması, alkoksi silanda olmayan adezyon özelliklerinin kazanılmasını sağladığından tercih edilmiştir (Rossi-Manaresi, 1975). Ancak yüksek poroziteye sahip biyomikritik kireç taşlarında Paraloid B72’nin, düşük empenye kapasitesi nedeniyle sıg sağlamlaştırma yaparak, yüzeyden kapaklanma ve yapraklanma şeklinde kopmalara yol açtığı ve genelde dış mekânlarda iyi bir sağlamlaştırıcı olmadığına düşünülmemektedir (Delgado-Rodrigues vd., 2010). Paraloid B72 + Dri film 104’ün birlikte kullanımının yaklaşık 40 yıl sonraki korunmuşluk durumunun incelenmesine, özellikle Bologna’daki uygulama yapılmış taş yüzeyler üzerinde devam edilmektedir. Paraloid B72’nin alkoksi silan içinde çözülerek kullanıldığı sağlamlaştırıcının etkisinin, tek başına Paraloid B72 veya MTMOS kullanımından zayıf olduğu yayınlanmıştır (Wheeler vd., 1991). Akrilik/Siloksan kompozitleri üzerindeki araştırmalar ise sürmektedir. Tarihi patinalarda alçıtaşı ve kalsitin kalsiyum fosfata dönüştürülmesi ve dayanıklılığın bu yoldan artırılması, küçük yüzeylerde uygulanabilen bir tekniktir (Vazquez-Calvo, Alvarez de Buergo ve Fort, 2007; Snethlage vd., 2008).

Kalsit yüzeylerinde hidroksil kaplama yaparak, etil silikatın adezyonunu artırmak amacıyla tartaratlar ve ‘*coupling agent*’ kullanılması, kireç taşlarının sağlamlaştırılmasında alkoksi silanların etkinliğini artırmaktadır (Correia, 2005; Correia ve Matero, 2008).

Kendi kendini temizleyen TiO₂ nanoteknolojik yüzey kaplamaları, yüzey erozyonu olmayan düşük boşluklu taş yüzeylerinde yeni yüzey koruma imkânları yaratmaktadır (Ersen ve Verdön, 2010). Bu konuda araştırmalar hâlen sürmektedir.

Organik sağlamlaştırıcılar, organik solventlerde çözülerek taşın boşluklarına emdirilmekte; polimer, pre-polimer veya monomer

olarak gönderilmektedirler. Organik solventlerin konservatörün sağlığı ve çevre sağlığı açısından sınırlanmasının olması, sıcak ortamlarda hızlı buharlaşarak sağlamaştırı-

cıyı da yüzeye geri sürüklemeleri ve sığ sağlamaştırmaya neden olmaları; aynı sağlamaştırıcıların suda emülsiyon olarak üretilmelerine yol açmıştır. Emülsiyonlar, 1990-95 yılları-

rından bu yana piyasada bulunmaktadır. Ancak nanoteknolojik mikro emülsiyonlar haricinde, emülsiyonlar solüsyonlara göre daha az penetrasyon yapmaktadırlar.

Yüzey Koruyucuları

Yüzey koruyucular; su iticiler, emülsiyonlar, anti-grafitti yüzey kaplamaları, tuz inhibitörleri, kolloid silika ve biosidlerdir.

1970'lerden bu yana sağlamaştırma ve yüzey korumanın tek ürünle yapılması hedeflenerek, bu doğrultuda araştırmalar yapılmıştır.

Ancak günümüzde bunun gerçekleşmediği, böyle ürünler olmasına karşın sağlamaştırma ve yüzey koruma uygulamalarının ayrı ayrı ve ardışık olarak yapılmalarının daha olumlu sonuçlar verdiği kabul görmektedir. Örneğin önce etil silikat ile sağlamaştırma yapılması ve 14 gün sonra su iticinin uygulanması gibi (Félix ve Furlan, 1994). Yüzey koruyucuların bir bakım programı dahilinde 5-10 yıl gibi belirli aralıklarla yenilenmeleri genel olarak kabul görmüştür.

Su iticilerin, taş yüzeyine suyun sıvı halde girmesini önlerken, gaz halde çıkışını engellememesi yani su buharı difüzyon direnç faktörünü yükseltmemesi gerekmektedir. Su iticilerin genel olarak değerlendirildiği çalışmalarda bu konulara değinilmiştir (Charola, 1995). Su iticilerin etkinlikleri, uygulama koşulları ve durabilitelerinin değerlendirildiği bir dizi konferans düzenlenmiştir ve en sonuncusu Brüksel'deki "International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials: Hydrophobe V, 2008" dir (De Clercq ve Charola, 2008). Su itici yüzeyleri, alkoksil silanlar, silikonlar ve floropolimerler oluşturmaktadırlar. Floropolimer yüzey koruyucuları, 1970'lerden bu yana piyasada bulunmalarına karşın, taş yüzeyine zayıf adezyonları nedeniyle pek tercih edilmemişlerdir. Daha sonraki gelişmelerle bu sorunun çözüldüğünü savunan yayınlar vardır. Floropolimerli akrilik polimerlerinin su iticilik özellik-

rini geliştirme ve foto-oksidasyona direnç kazandırma amacıyla sentezlendiği, 1990'lardaki yayınlarda incelenmiştir (Fassina vd., 1994). Akrilik dispersiyonları, oligomerik alkil polisiloksan silikon reçinesi ve alkil alkoksi silan emülsiyonları piyasaya çıkmışsa da, herhangi birinin uluslararası başarı sağlayacak bir ürün niteliğinde olduğu iddia edilememiştir.

Suda Çözünür Tuzlarla Yüklü Taşlar ve Yüzey Koruyucuların Kullanımları:

Sağlamaştırıcılarda olduğu gibi yüzey koruyucu ve su iticilerde de, sonuçlar; taş yüzeylerin petrografik ve fiziksel özelliklerine, yüzey erozyonlarının derecesine ve suda çözünür tuzların varlığına göre değişeceğinden bu malzemelerin etkinliğinin veya kullanılmasındaki sınırların, her uygulamadan önce bir koruma laboratuvarında raporlandırılması gerekmektedir. Bu tür araştırmalarda taş yüzeylerinde ve porozitede depolanmış olan suda çözünür tuzların cinsleri, miktarları, duvar yüzeyindeki ve kesitindeki dağılımları ve toplam su emme ve kuruma hızında ve kılcalık katsayısındaki, su buharı difüzyonu direnç faktöründeki değişimler incelenmelidir. Suda çözünür tuzların yoğun olduğu ve zeminden kılcalıklı emilerek duvarlarda yükseldiği durumlarda, kriptofloresans (kabuk altı çiçeklenmesi) ve alkoksil silanların suda çözünür tuzların alkali iyonlarının silikatlarını oluşturarak yüzey kabuklanmalarına yol açmaları söz konusudur.

Kristal Büyüme İnhibitörleri:

Tuz kristallenme çevrimlerinin yıkıcı etkilerini sınırlamak amacıyla denenen yeni bir koruma metodu "kristal büyüme inhibitörleri"nin

(*Crystal Growth Inhibitors*) taş yüzeyinden emprenye edilmesidir. Bu konu 1980'lerden bu yana düşünülmekte; ancak uygulama alanına sokulamamaktadır (Puehringer ve Engström, 1985). Konu bir EC projesiyle yeniden gündeme gelmiştir: SALTCONTROL (Rodriguez-Navarro, Hernandez ve Sebastian, 2006). Bu uygulamalarda, fosfonatlar ve karboksilatlar birlikte kullanılmaktadır. Uygulama yapılan bazı örneklerde, bunlar yüzey çiçeklenmesini kolaylaştırarak iç gerilimleri azaltmış; bazı örneklerde ise tuz çözeltilerinin konsantrasyonlarını doyma ötesi noktasına taşıyarak yüzeyde kristallenmeyi artırmış ve yüzey erozyonunu hızlandırmışlardır. Mimari korumada pratikte bu uygulamalar yapılmamaktadır; henüz deneme aşamasındadır.

Kalsiyum Oksalat Kaplama ve Diğer Yüzey Kaplamaları:

Kalsiyum oksalat tabakası oluşturarak, kireç taşı ve mermer yüzeylerinin hava kirliliği ortamına ve iklimsel bozulmaya dirençli kılınması isteği de önerilen yüzey koruma yöntemlerinden biridir. Yüzeğe uygulanan amonyum oksalat çözeltilisi, kalsiyum karbonat ve kalsiyum sülfatla tepkimeye girerek, ince bir kalsiyum oksalat tabakası oluşturmaktadır. Aynı uygulama, jel kompresiyone de yapılabilir. Kalsiyum karbonat, hidrofilik bir yüzey kaplaması olan kalsiyum oksalata dönüştüğünde; asit yağmuru veya diğer kirli hava ile etkileşme mekanizmalarıyla ortaya çıkan başkalaşma (*alteration*) sürecini engellemektedir (Doherty vd., 2007; Sikka vd., 2008; Charola vd., 2010). Charola, uygulamaların ince bir taş tozu + kalsiyum oksalat badanasıyla daha başarılı olduğunu; ancak bu

uygulamaların estetik açıdan tatmin edici olmadığını vurgulamaktadır.

Kireç taşı tozu ve kireç badanasının yüzey koruyucu olarak sürülmesi, yeni bir buluş gibi sunulsa da; 1926 yılında yüz yıldır kullanılan bu “shelter coating” tekniğinin estetik değeri yüksek kireç taşı yüzeylerinde kullanılmasının barbarlık olarak yorumlandığını görüyoruz (Marsh, 1926). Fransa’da yakın dönemde araştırılan bir teknikte, bakteriler kullanılarak kireç taşı yüzeyinde kalsit bir koruma amaçlı geçici tabakanın oluşturulması denlenmektedir (Oréal, Vieweger ve Loubiere, 2003).

“Biyokalsifikasyon” denilen biyolojik yöntemlerle kireç taşı yüzeylerinde kalsit kaplama yöntemi, tarihi gelişimi ve mekanizmadaki yenilikler ele alınarak Tiano tarafından yayınlanmıştır (Tiano, 2008).

Kolloid silika uygulamasıyla, kireçtaşı yüzeyinde mikro çatlakların ve boşlukların doldurulması ve bu yöntemle bir yüzey koruma tabakası oluşturulması, kalsit kaplamaya benzer başka bir yaklaşım-

dır. Yüzey kaplaması su itici olmakla birlikte, bütünüyle hidrofobik bir yüzey oluşturmamaktadır. Bu yöntem, Ürdün Petra’daki kumtaşı yüzeylerinin korunması amacıyla arazide uygulanmıştır (Simon, Shaer ve Kaiser, 2006).

Biosidler:

Biosidlerin, taş yüzeylerinin mikrobiyolojik ve biyolojik bozulma süreçlerine karşı korunmaları amacıyla uygulanmasının uzun bir geçmişi vardır. Biosidlerin etkisinin makul sürede kalıcı olması, taş yüzeyiyle tepkimeye girmemeleri ve taşın rengini değiştirmemeleri, etkin olmadan yağmur suyuyla yıkanmamaları, ultraviyole ve oksidasyonla bozulmamaları ve çevre sağlığı açısından sakıncalı olmamaları beklenmektedir.

Bu parametrelerin tümünün karşılandığı bir biosid henüz yoktur. Hatta bazı biosidler, çevre kirliliği ve sağlığı açısından sakıncalı bulunmuş; kullanılmaları yasaklanmıştır. Biosidlerin etkinliği konusunda laboratuvar ortamında ve ye-

rinde uygulamalar yapılarak sonuçlar karşılaştırmalı olarak yayınlanmıştır (Monte vd., 2000).

Mantar Mücadelesi Yöntemi (Oréal ve Brunet, 2004):

Likenlerin, düşük basınçlı kuru buz uygulamasıyla (Rosato, 2008) ve Lazer ile temizlenmeleri (De Cruz vd., 2009) denenmiştir. Caneva, Nugari ve Salvadori, biosidlerin sınıflandırılmalarını ve etki alanlarını, yan tesirlerini ayrıntılı olarak anlatmaktadırlar (Caneva vd., 1991). Su itici yüzey filmlerinin, taşın su içeriğini düşük tuttuğundan biyolojik bozulma süreçlerini kısıtladığı yolundaki genel düşünce sürmektedir. Likenlerin ve alglerin temizlenmesinde geleneksel su buharı yönteminin kullanılması, çevre kirliliği açısından zararsız bir teknik olarak sunulmaktadır.

Anti bakteriyel uygulamalar, antibiyotiklerin taş yüzeyine uygulanması ilkesine dayanmaktadır; ancak bu konuda çok sınırlı araştırma ve uygulama yapılmıştır.

Uygulamaların Etkinliklerinin Araştırılması

Birçok araştırmacı, kullanılan sağlamlaştırıcı ve su iticilerin etkinliklerini araştırmak amacıyla deney programları oluşturmuş ve bunları yayınlamıştır (Sasse ve Sneath, 1996; Laurenzi Tabasso ve Simon, 2006; Bracci vd., 2008). 1970’lerden bu yana bu konuda sayısız yayın yapılmıştır; ancak sonuçların karşılaştırılması, deney programlarının farklı oluşlarından ötürü her zaman mümkün olamamaktadır. RILEM (*Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, Systèmes de Construction et Ouvrages*), Commission 25-PEM (*Protection et Érosion des Monuments*) çalışma grubu, RILEM (1980) tarafından oluşturulmuştu ve bu konuda halen çalışmalar sürmektedir. CEN (*Comité Européen de Normalisation*) Teknik Komite - 346 tarafından, deney metodları ve programları standartlaştırılmıştır (Fassina, vd., 2008). Uygulamanın etkinliğine

Boşluklarda sıvı ve gaz haldeki suyun hareketindeki değişimleri yorumlamak için; toplam su emme, kılcallık katsayısı, kuruma hızı ve su buharı difüzyon direnç faktörünün hesaplanması, birlikte yapıldığı zaman daha gerçekçi değerlendirme imkânı vermektedir.

ilişkin araştırma deney programları, laboratuvarında uygulama sonrası ve yerinde yapılmış uygulamaların uzun süre sonra araştırılmaları olarak iki bölümde incelenmektedir.

Örnekler üzerinde uygulama sonrasında laboratuvarında yapılan

araştırmalar, penetrasyon ve konsolidasyon derinliği, toplam boşlukluluk (açık ve kapalı boşlukluluk) ve boşluk boyutu dağılımıdır. Ayrıca SEM-EDX analiziyle *Line-scan* yapılarak, sağlamlaştırıcının içe doğru yerleşmesi ve boşluklarda yerleşme/yapılanma formunun izlenmesidir. Ayrıca su emme, yüzey sertliği, delme direnci (*drilling resistance profile*) ve ultrasonik hız ölçümü de fiziksel özelliklerdeki gelişmeleri izlemek amacıyla uygulanmaktadır. Boşluklardaki sıvı ve gaz haldeki suyun hareketindeki değişimleri yorumlamak için; toplam su emme, kılcallık katsayısı, kuruma hızı ve su buharı difüzyon direnç faktörünün hesaplanması, birlikte yapıldığı zaman daha gerçekçi değerlendirme imkânı vermektedir.

Sağlamlaştırıcı ve su iticinin birlikte uygulanmasının ve tekrarlanan su itici katmanlarının boşluk boyutu dağılımında yol açtığı değişiklikler,

her taş cinsinde ve korunmuşluk durumundaki taş eserde farklı olduğundan; bu konudaki bilgiler çok genel kavramlar halinde olup özel durumlar için genel geçer veriler olarak değerlendirilmemelidirler.

Su İticilerin Etkinliklerinin Denenmesi:

Su iticilerin etkinliklerinin denendiği deney programlarında temas açısı (*Contact angle*)-su emme deneylerinin yeterli görüldüğü araştırmalar vardır. Ancak bunların, daha önce verdiğimiz bilgilere dayanarak yetersiz olduklarını söyleyebiliriz. Asit yağmuruna karşı direncin denendiği programlarda ağırlık farkı, deiyonize suda ve %2 seyreltik H_2SO_4 çözeltisinde bekletme ve ağırlık kaybı ile uygulama öncesi ve sonrasında suda çözünür tuzların kantitatif analizleri yeterli görülmektedir. Ayrıca yüzeyin eskitme öncesi ve sonrası SEM-EDX analizleri yapılmaktadır. Su iticilerin suda çözünür tuzların çözeltilerine karşı koruma etkinliğinin araştırılmasında karbonat, sülfat, nitrat ve klorür tuzlarının doğada rastladığımız konsantrasyonlardaki çözeltilerinin hazırlanarak gözlem yapılması; ayrıca doymuş çözeltiler hazırlanarak aynı gözlemlerin sürdürülmesi yararlı olacaktır.

RILEM 25-PEM ve 59-TPM (*Traitment des monuments en pierre*), RILEM 1978, ve İtalyan NORMAL komisyonu çalışma sonuçları (*Alessandrini ve Pasetti, 2004*) dilimize tercüme edilmemiştir. Avrupa’da taş koruma deney programlarında kullanılan EN standartlarının ise bir kısmı TSE’de mevcuttur.

CEN Teknik Komitesi, Fassina’nın yürütücülüğünde Alman DIN, İtalyan NORMAL ve diğer normları birleştirerek tek EN normu hazırlama çalışmalarını sürdürmektedir. Diğer normlar, ASTM (*American Society for Testing Materials*) ve RILEM komitelerinde bulunabilmektedir (www.astm.org ve www.rilem.net).

Sağlamlaştırıcı ve su iticilerin uzun yıllar sonra iklimsel bozulma ortamındaki kalıcılık ve etkinliklerinin araştırılması, kısa bir geçmi-

şi olan bu malzemelerin kabul görmeleri açısından önemlidir. Bir taş sağlamlaştırıcının farklı iç gerilmelere yol açarak yüzey erozyonunu hızlandırması veya bir su iticinin zamanla su iticilik özelliğinin azalması ya da kaybolması, koruma uygulamasının “yerinde etkinliğinin” araştırılması için önemli parametrelerdir.

Bu bağlamda, uygulama yapılmış yapılarda yerinde gözlem ve bazı testlerin yapılması veya yapının estetik değeri izin veriyorsa örnek alınarak laboratuvarında araştırmaların sürdürülmesi söz konusudur. Yerinde gözlemler ve yapı cephehelerinin tümünün gözlemlenme-

Bir taş sağlamlaştırıcının farklı iç gerilmelere yol açarak yüzey erozyonunu hızlandırması veya bir su iticinin zamanla su iticilik özelliğinin azalması ya da kaybolması, koruma uygulamasının “yerinde etkinliğinin” araştırılması için önemli parametrelerdir.

si ve izlenmesi, örnek üzerinde laboratuvarında çalışmaktan daha akılcı görülmektedir. Laboratuvar araştırmalarının, sağlam görünen yüzeyin altında meydana gelmiş olabilecek sorunları tespit edebilecek şekilde programlanması gerekmektedir.

Su itici uygulanmış kireç taşı yüzeylerinin hava kirliliği ortamında kirlenmeye karşı dirençli oldukları ve daha uzun sürede kirlendikleri kabul edilmiş bir fenomendir. Su itici olarak genelde silan-siloksanlar ve genelde alkoksi silanlar kullanılmaktadır. Ayrıca, florinatlı akriliklerin daha etkin olduğuna dair bir çalışma vardır (Moreau vd., 2008). On yıllık bir doğal eskime sürecinden sonra yapılan bu araştırmanın sonuçları, genel

geçer bir veri olarak kabul edilmemelidir. Özellikle kalsit yüzeylerine hidroksil kaplama yapan alkoks silanların etkinliklerinin sonuçları konusunda kesin veri yoktur. Yalnızca taşların sülfatlaşma oranlarının değişmediği, mikro kumlamaları ve lazer ile temizleme uygulamalarında temizlemenin zorlaştığı ve su itici içeren temizlenmiş yüzeylerin renklerinin beyazlaştığı savunulmaktadır. Lazerle temizleme sonrasında görülen renk sararması, su itici uygulaması yapılmış yüzeylerde daha az gözlemlenmiştir.

Mermer yüzeylerde uygulanmış olan sağlamlaştırıcı ve su iticilerin, Venedik örnekleri üzerinde (1979-2005) uzun vadedeki etkinlikleri araştırılmıştır. Araştırma, yerinde ve laboratuvarında örnekler üzerinde yürütülmüştür. Bu çalışmada Paraloid B72’nin geri alınamaz hale geldiği ve taştan ayrılmadığı saptanmıştır. Buna karşın, alkoksi silanlar da tersinimli değildir ve ‘*reversibility*’ kavramı mimari korumada tartışmalıdır. İleride daha başarılı bir taş sağlamlaştırıcının bulunması durumunda, uygulanmış olan sağlamlaştırıcının geri alınması ilkesine dayanan bu kavramın yapı cephehelerinde tam uygulanabilirliği hep sorulanmıştır.

Koruma Biliminin Verilerinin Pratikte Değerlendirilmesi ve Bütünsel Düşünme:

Koruma bilimi kapsamında, bilim adamları ve konservatörler tarafından yapılmış araştırma sonuçlarının uluslararası platformlarda tartışılması ve elde edilen sonuçların mimari koruma ve obje koruma pratiğine katkılarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Münferit bir araştırmanın sonuçlarını dikkate almak için öncelikle araştırmacının bilimsel geçmişine, araştırma programına ve bu programda kullandığı deney standartlarına bakmak gerekmektedir. Bunlar izlenerek, sonuçlarının tekrarlanma oranına da dikkat edilmelidir. Yani araştırmacının, söz konusu araştırmanın geçmiş verilerine vâkıf oluşu ve ileri sürdüğü sonuçların başka çalışmaların sonuçlarıyla da desteklenmesi beklenmektedir.

Pratikte ise, uygulama kararına yol gösteren birincil ölçütler: taşın yüzey erozyonu hızının normalden farkı, mineral kompozisyonu, jeolojik formasyonu ve buna bağlı olarak boşluk yapısı ve boşluk boyutu dağılımıdır. Örneğin tozuma, kırın-tilanma ve kavlanma şeklindeki yüzey erozyonlarında, makro boşlukluluğun hakim olduğu iç yapılarda sağlamlaştırma uygulamaları iyi sonuç vermektedir. “*Contour Scaling*” ve yapraklanma şeklindeki yüzey erozyonlarında, “*pinning*” (çivilenme) ve mikro enjeksiyonla birlikte sağlamlaştırma etkin olmaktadır. Bağlayıcı matrisin erimesiyle kırıntı, çakıl veya kavkaların serbest kaldığı durumlarda ise, derin emprenye edilme koşuluyla sağlamlaştırma etkili olabilmektedir. Buna karşın, küçük parça kopmaları (*chipping*) şeklinde ayrılan sert taşlarda sağlamlaştırma uygulamasının hiçbir anlamı yoktur.

Taş sağlamlaştırmanın başka bir ön koşulu da, yapıdaki aksayan detayları düzeltmek ve su tuzaklarını gidermek; böylece dış yüzeyden sağlamlaştırılan taşta suyun başka yollardan girmesini önlemektir.

Uygulama konusunda doğru karar vermek kadar, uygulamanın etkinlik ömrünü saptamak ve yapıya bir periyodik bakım-onarım programı hazırlamak da gerekmektedir. Taş sağlamlaştırmanın baş-

ka bir ön koşulu da, yapıdaki aksayan detayları düzeltmek ve su tuzaklarını gidermek; böylece dış yüzeyden sağlamlaştırılan taşta suyun başka yollardan girmesini önlemektir. Bu da suyun; çatı, kat silmeleri ve diğer yatay yüzeylerden perkolasyon (filtrasyon / süzülme) yoluyla ve zeminden kılcallıkla yükselmesinin engellenmesi ile mümkündür.

Görüldüğü üzere, yüzey sağlamlaştırma ve kozmetik onarımlar mimari konservasyon ve restorasyonun bir bölümü olarak ele alındığında, karar verme ölçütleri salt konservasyon amaçlı araştırma sonuçlarından öte bilgi ve çözüme yönelik “bütüncül” değerlendirmeleri gerektirmektedir. Bilgilerimiz her geçen gün artmakta, ancak çözümler aynı oranda gelişmemektedir.

Fotoğraflar: İBB KUDEB Restorasyon Konservasyon Laboratuvarı Arşivi

REFERANSLAR

- 1- Alessandrini, G., Pasetti, A., 2004, *L'elenco ragionato delle norme UNI-NorMal*, 5(6), pp.66-70.
- 2- Alessandrini, G., Toniolo, L., Antonioli, A., Di Silvestro, A., Piacenti, F., Righini Ponticelli, S., Formica, L., 1993, “On the Cleaning of Deteriorated Stone Minerals”, *Conservation of Stone and Other Materials: Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress, UNESCO, Paris, June 29 -July 1, 1993*, pp.505-511.
- 3- Andrew, C.M., Young, M., Tonge, K., 1994, *Stone Cleaning: A Guide for Practitioners*, Historic Scotland & The Robert Gordon University, Edinburgh.
- 4- Ashurst, J., Ashurst, N., 1988, *Practical Building Conservation*, Vol.I: Stone Masonry, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- 5- Ashurst, J., Dimes, F.G. (ed), 1998, *Conservation of Building and Decorative Stone*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- 6- Ashurst, N., 1994, *Cleaning Historic Buildings*, Donhead, London.
- 7- Baer, N.S., 1991, “Assessment and management of risks to cultural property”, *Science, Technology and European Cultural Heritage: Proceedings of the European Symposium, Bologna, Italy, 13-16 June 1989*, (ed. N.S. Baer and C. Sabbioni and A.I. Sors), Butterworth-Heinemann, Oxford.
- 8- Baer, N.S., Snethlage, R. (ed.), 1997, “Saving Our Architectural Heritage: The Conservation of Historic Stone Structures”, *Report of the Dahlem Workshop on Saving Our Architectural Heritage, Berlin, March 3-8, 1996*, Dahlem Workshop Reports (Price'dan naklen).
- 9- Baer, N.S., Snickars, F. (ed.), 2001, “Rational Decision-Making in the Preservation of Cultural Property”, *Dahlem Workshop Reports 86, Berlin*, Dahlem University Press (Price'dan naklen)
- 10- Bourguignon, E., Bertrand, F., Moreau, C., Coussot, P., Shahidzadeh-Bonn, N., 2008, “Desalination of model Stones by poulticing”, *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland*, pp.803-810.
- 11- Bracci S., Delgado Rodrigues, J., Ferreira Pinto, A., Matteini, M., Pinna, D., Porcinai, S., Sacchi, B., Salvadori, B., 2008, “Development and evaluation of new treatments for the conservation of outdoor stone monuments”, *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland, Poland*, pp.811-818.

- 12- Bromblet, P., Labouré, M., Oriol, G., 2003, "Diversity of the cleaning procedures including laser for the restoration of carved portals in France over the last 10 years", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 4 (Supp. 1, Lasers in the Conservation of Artworks - LACONA IV), pp.17-26.
- 13- Caneva, G., Nugari, M.P., Salvadori, O., 1991, *Biology in the Conservation of Works of Art*, ICCROM, Rome.
- 14- Cardiano, P., Ponterio, R.C., Sergi, S., Lo Schiavo, S., Piraino, P., 2005, "Epoxy-silica polymers as stone conservation materials", *Polymer*, 46(6), pp. 1857-64 (Price'dan naklen).
- 15- Charola, A.E., 1995, "Water repellent treatments for building stones: A practical overview," *APT Bulletin*, 26, (no.2-3), pp. 10-17.
- 16- Charola, A.E., Centeno, S., Normandin, K., 2010, "The New York Public Library: Protective Treatment For Sugaring Marble", *Journal of Architectural Conservation*, VIG, no.2, July 2010, Donhead, pp. 29-44.
- 17- Church, A.H., 1862, *British Patent 220*, January 28.
- 18- Cooper, M., 2005, "Laser Cleaning of Sculpture, Monuments and Architectural Detail", *Cleaning Techniques in Conservation Practice* (ed. K.C. Normandin, D. Slaton, N.R. Weiss), *Special Issue of Journal of Architectural Conservation*, Donhead, pp. 105-121.
- 19- Cooper, M.I., Emmoy, D.C., Larson, J. H., 1993, "The evaluation of laser cleaning of Stone Sculpture", *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings*, Boston Computational Mechanics Publ., Southampton, pp. 259-266.
- 20- Correia, J., Matero, F., 2008, "Calcium tartarate tetrahydrate preconsolidation of salt-contaminated limestone at Mission San José y San Miguel de Aguayo", *Journal of American Institute for Conservation*, 47(2), pp.81-95 (Price'dan naklen).
- 21- Dajnowski, A., Jenkins, A., Lins, A., 2009, "The Use of Lasers for Cleaning Large Architectural Structures", *APT Bulletin*, 40 (1), pp.13-23.
- 22- De Clercq, H., Charola, A.E. (ed.), 2008, "Hydrophobe V: Water Repellent Treatment of Building Materials", *Proceedings of Hydrophobe V, 5th International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials*, Royal Institute for Cultural Heritage (KIK-IRPA), Brussels, Belgium, 15-16 April, Freiburg, Aedificatio Publishers.
- 23- Decruz, A., Wolbarsht, M.L., Andreotti, A., Colombini, M.P., Pinna, D., Culberson, C.F., 2009, "Investigation of the Er: YAG laser at 2.94 μm to remove lichens growing on stone", *Studies in Conservation*, 54(4), pp.268-277.
- 24- Demas, M., 2004, "Site Unseen: The case for reburial of archeological sites", *Conservation and Management of Archeological Sites*, 6 (3-4), pp. 118-136.
- 25- De Witte, E., 2001, *Salt Compatibility of Surface Treatments (SCOST): Final Report*, European Contact ENV4- CT 98-0710, Brussels (Price'dan naklen).
- 26- De Witte, E., Dupas, M., 1992, "Cleaning poultices based on EDTA", *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon 15-18 June 1992*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, pp. 1023-1031.
- 27- Doehne, E., Price, C. (ed.), 2010, *Stone conservation: an overview of Current Research*, 2nd edition, Getty Conservation Institute.
- 28- Doehne, E., Schiro, M., Roby, T., Chiari, G., Lambousy, G., Knight, H., 2008, "Evaluation of Poultice Desalination Process at Madame Johns' Legacy, New Orleans", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Toruń, Poland*, Poland, pp. 857-864.
- 29- Doherty, B., Pamplona, M., Selvaggi, R., Miliiani, C., Matteini, M., Sgamellotti, A., Brunetti, B., 2007, "Efficiency and resistance of the artificial oxalate protection treatment on marble against chemical weathering", *Applied Surface Science*, 253 (10), pp. 4477-4484 (Price'dan naklen).
- 30- Domasłowski, W., Strzelczyk, A., 1986, "Evaluation of applicability of epoxy resins to conservation of historic monuments", *Case Studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings, Preprints of the Contributions to Bologna Congress, 21-26 September 1986*, IIC, London, pp. 126-132.
- 31- Ersen, A., 1991, *Taş Kuramı ve Uygulamalarının Evrimi*, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi.
- 32- Ersen, A., Verdön, İ., 2010, *Titonyum Dioksit esaslı nano-teknolojik yüzey kaplamalarının etkinliklerinin araştırılması*, Teknik Rapor, İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri, İstanbul.

- 33- Eyn Kyung K. et al., 2008, "TEOS/GPTM/silica nanoparticle solutions for conservation of Korean heritage stones", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Toruń, Poland, Poland*, pp.915-923.
- 34- Fassina, V., 1994, "General Criteria for the Cleaning of Stone: Theoretical Aspects and Methodology of Application", *Stone Material in Monuments: Diagnosis and Conservation: Scuola Universitaria, C.U.M, Conservazione dei Monumenti Heraklion Crete, 20-30 May 1993*, (ed. F. Zezza), Bari, pp. 131-138.
- 35- Fassina, V., Arbissani, R., Botteghi, C., Matteoli, U., Passaglia, E., Aglietto, M., 1994, "Behaviour of 2, 2, 2- trifluoro-ethylmethacrylate polymers as stone protective materials", *Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin: Stone Monuments, Venice 22-24 June 1994*, pp. 911-923.
- 36- Fassina, V., Gaudini, G., Cavaletti, R., 2008, "Condition assessment of marble sculpture on polychromed and gilded decorations of the Arca Scaligera of Cansignoria della Scala in Verona", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland, Nicolaus Copernicus University*, pp. 89-96.
- 37- Félix, C., Furlan, V., 1994, "Variations dimensionnelles de gres et calcaires, liées à leur consolidation avec un silicate d'ethyle (Dimensional variations of sandstone and limestone in connection with their consolidation with ethyl silicate)", *Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Venice 22-25 June 1994, Venice*, pp.855-859.
- 38- Franzen C., Mirwald, P.W., 2009, "Moisture sorption behaviour of salt mixtures in porous stone", *Chemie der Erde, Geochemistry*, 69 (1), pp.91-98 (Price'dan naklen).
- 39- Gauri, K.L., Appa Rao, M.V., 1978, "Certain epoxies, fluoro-carbon-acrylics and silicones in stone preservation", *Decay and Preservation of Stone, Engineering Geology Case Histories II, The Geological Society of America*, pp.73-79.
- 40- Gauri, K., Chowdhury, A.N., 1998, "Experimental Studies on Conversion on gypsum to calcite by microbes", *Proceedings of the 6th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Toruń, Poland, 12-14 September, 1988*, pp. 545-550.
- 41- Gauri, K., Parks, L., Jaynes, J., Atlas, R., 1992, "Removal of sulphated-crust from marble using sulphate-reducing bacteria", *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone: Proceedings of the International Conference Held in Edinburgh, UK, 14-16 April 1992* (ed., Robin G.M. Webster), Donhead, London, pp.160-165.
- 42- Ginell, W.S., Wessel, D., Searles, C., 2001, ASTM E2167-01, *Standard Guide for Selection and Use of Stone Consolidants*, West Conshohocken, PA, ASTM International.
- 43- Giorgi, R., Dei, L., Baglioni, P., 2000, "A new method for consolidating wall paintings based on dispersions of lime in alcohol", *Studies in Conservation*, 45 (3), pp.154-161.
- 44- Hammeker, C., Alemany, R.M.E., Jeannette, D., 1992, "Geometry modifications of porous network in carbonate rocks by ethyl silicate treatment", *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon, 15-18 June 1992*, pp.1053-1062.
- 45- Heaton, N., 1921, "The Preservation of Stone", *Journal of Royal Society of Arts*, 70, pp.124-139.
- 46- Hempel, K., 1976, "An improved method for the vacuum impregnation of stone", *Studies in Conservation*, 21, pp.40-43.
- 47- Henry, A., 2006, *Stone Conservation*, (ed. A. Henry), Donhead, London.
- 48- <http://www.buildingconservation.com/articles/poultices/poultice.htm>
- 49- http://www.rsc.org/ebooks/2008/BK_9780854004411/BK_9780854004411-00062.pdf.
- 50- Jiménez-Lopez, C. et al., 2008, "Consolidation of quarry calcarenite by calcium carbonate precipitation induced by bacteria activated among the microbiota inhabiting the Stone", *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62 (4), pp.352-363 (Price'dan naklen).
- 51- Konkol, N., McNamara C., Sembrant, J., Rabinowitz M., Mitchell, R., 2009, "Enzymatic decolorization of bacterial pigments from culturally significant marble", *Journal of Cultural Heritage*, 10 (3), pp.362-366.
- 52- Krumbein, W.E., Diakumaku, S.E., Petersen, K., Warscheid, T., Urzi, C., 1993, "Interactions of microbes with consolidants and biocides used in the conservation of rocks and mural paintings", *Conservation of Stone and Other Materials*, (ed. M.J. Thiel), London, pp.589-596.
- 53- Kumar, R., Price, C. A., 1994, "The influence of salts on the hydrolysis and condensation of methyl-trimethoxysilane", *Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin: Stone Monuments, Methodologies for the Analysis of Weathering and Conservation, Proceedings of the 3rd International Symposium, Venice, 22-25 June 1994*, pp.861-865.

- 54- Laue, S., BläuerBöhm, C., Jeannette, D., 1996, "Saltweathering and porosity: Examples from the Crypt of St. Maria im Kapitol, Cologne", *Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlin, 30 September - 4 October 1996*, (ed. J. Riederer), pp.513-522.
- 55- Lewin, S.Z., 1966, "The Preservation of Natural Stone 1839-1965", *Art and Archaeology Technical Abstracts*, 6 (1), pp.185-272.
- 56- Lewin, S.Z., Baer, N.S., 1974, "Rationale of the barium hydroxide-urea treatment of delayed stone", *Studies in Conservation*, 19 (1), pp.24-25.
- 57- MacDonald, J., Thomson, B., Tonge, K., 1992, "Chemical cleaning of sandstone: Comparative laboratory studies", *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone*, (ed. R.G.M. Webster), Donhead, London, pp.217-26.
- 58- Marsh, S.E., 1926, *Stone Decay and Preservation*, Basil Blackwell, Oxford.
- 59- Maxwell, I., 1992, "Stone Cleaning: For better or worse, an overview", *Stone Cleaning and Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, Proceedings of the International Congress, Edinburgh, 14-16 April 1992*, (ed. R.G.M. Webster), Donhead, London, pp.3-49.
- 60- Miliani, C., Simpson, M.L., Scherer, G., 2007, "Particle modified Consolidants: A Study on the effect of particle on sol-gel properties and consolidation effectiveness", *Journal of Cultural Heritage*, 8 (1), pp.1-6.
- 61- Monte, M., Ferrari, R., Lonati, G., Malagodi, M., 2000, "Biocidal activity on microbic bio-deteriogens and on frescoes", *Proceedings of the 2nd International Congress on Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin, 5-9 July 1999, Paris*, (ed. A. Guarino), I, Ed. Scientifiques et Médicales Elsevier, Paris, pp.633-639.
- 62- Moreau, C., Vergès-Belmin, V., Leroux, L., Oriol, G., Fronteau, G., Barbin, V., 2008, "Water repellent and biocide treatments: Assessment of the potential combinations", *Journal of Cultural Heritage*, 9(4), pp.394-400.
- 63- Oriol, G., Vieweger, Th., Loubiere, J.F., 2003, "Biological mortars: A solution for stone sculpture conservation", *Biodegradation of Works of Art Proceedings*, (ed. R.J. Koestler, V.H. Koestler, A.E. Charola and F.E. Nieto-Fernandez), Metropolitan Museum of Art, New York, pp. 498-517 (Price'dan naklen).
- 64- Price, C. (ed.), 2000, "An Expert Chemical Model for Determining the Environmental Conditions Needed to Prevent Salt Damage in Porous Materials", *European Commission Research Report 11, (Protection and Conservation of European Cultural Heritage)*, Archetype Publ., London.
- 65- Price, C., 2006, "Consolidation", *Stone Conservation: Principles and Practice*, (ed. A. Henry), Donhead, Shaftesbury, pp.101-126.
- 66- Price, C., 2010, *Stone Conservation: An Overview of Current Research, 2nd edition* (E. Doehne and A. Price), The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- 67- Price, C., Ross, K., White, G., 1988, "A further appraisal of the 'lime technique' for limestone consolidation, using a radioactive tracer", *Studies in Conservation*, 33 (4), pp.178-186.
- 68- Puehringer, J., Engström, L., 1985, "Unconventional methods for the prevention of salt damage", *5th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, Lausanne, 25-27 September 1985*, pp.241-250.
- 69- Pummer, E., 2008, "Vacuum-circulation-process: Innovative Stone Conservation", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland*, pp.481-488.
- 70- Rodriguez-Navarro C., et al., 2003, "Lazer Cleaning on Stone Materials; An overview of current research", *Reviews in Conservation*, (4), pp.65-82.
- 71- Rodriguez-Navarro, C., Hernandez, L., Sebastian, E., 2006, "New developments for preventing salt damage to porous ornamental materials through the use of crystallization inhibitors", *Proceedings of ARCCHIP Workshop ARIADNE 13: Problems of Salt in Masonry; SALTEXPERT (with the Getty Conservation Institute) November 27 - December 1, 2002*, (ed. S. Simon and M. Drdăcki), Vol.5, pp.329-340.
- 72- Rosato, V.G., 2008, "Lichens on religious buildings in La Plata and surrounding area (Buenos Aires province, Argentina)", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland*, pp.243-249.
- 73- Rossi-Manaresi, R., 1975, "Treatments for Sandstone Consolidation", *The Conservation of Stone I, Proceedings of the International Symposium*, Bologna, pp.547-571.

- 74- Sasse, H.R., Honsinger, D., 1991, "A new chemical and engineering approach for development and optimization of stone protecting materials", *Science, Technology and European Cultural Heritage, Proceedings of the European Symposium, Bologna, Italy, 13-16 June 1989*, pp.649-652.
- 75- Sasse, H.R., Snethlage, R., 1996, "Evaluation of the stone consolidation treatments", *Science and Technology for Cultural Heritage*, 5(1), pp.85-92.
- 76- Sawdy, A., Price, C., 2005, "Salt Damage at Cleeve Abbey, England, Part I: A Comparison of theoretical predictions and practical observations", *Journal of Cultural Heritage*, 6 (2), pp.125-135.
- 77- Schaffer, R.J., 1932, *The Weathering of Natural Building Stones*, Department of Scientific and Industrial Research, Building Research Board, Special Report 18, (2004: reprinted by Donhead Publ.), London.
- 78- Siegesmund, S., Török, A., Hüpers A., et. al., 2007, "Mineralogical, geochemical and microfiber evidences of gypsum crusts: A case study from Budapest", *Environmental Geology*, 52 (2), pp.385-397 (Price'dan naklen).
- 79- Sikka, S., et al., 2008, "Qualitative and quantitative methods of detection of calcium oxalate deposits on treated limestone and marble", *Proceedings of the International Symposium, Lisbon, 6-7 May 2008*, pp.445-454.
- 80- Simon, S., Shaer, M., Kaiser, E., 2006, "The salt-laden rock-carved tomb facades of in Petra, Jordan: Scientific Investigations", *Proceedings of the ARCCHIP Workshop ARIADNE 13; Problems of Salt in Masonry; "SALTEXPERT" (with the Getty Conservation Institute, November 27 December 2002)*, pp.341-349 (Price'den naklen).
- 81- Slaton, D., Normandin, K.C., 2005, "Masonry Cleaning Technologies: Overview of Current Practice and Techniques", *A Special Issue of Journal of Architectural Conservation*, Vol.11, No.3, Donhead, UK, pp.7-31.
- 82- Snethlage, R., Wendler, E., 2000, "Chemical Conservation of Stone Structures", *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: 2000*, Electronic Release, (ed. J.E. Baily), New York, Wiley VCH. Dol:10.1002/14356007.doc_do1.
- 83- Steiger, M., 2005, "Salts in Porous Materials: Thermodynamics of phase transitions, modelling and preventive conservation", *Restoration of Buildings and Monuments*, 11(6), pp.419-432.
- 84- Steiger, M., Zeurnert, A., 1996, "Crystallisation properties of salt mixtures: Comparison of experimental results and model calculations", *Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Berlin, 30 Sept.-4 Oct.1996, (ed. J. Riederer), pp. 535-544.
- 85- STONECORE 2009 (Stone Conservation for the Refurbishment of Buildings, EC Project), http://www.stonecore-europa.eu/Drdacky_Silzkova_Ziegenbalg.
- 86- Teutonico, J.M., 2004, "Conclusions and Recommendations of the Colloquium 'Reburial in Archeological Sites', Santa Fe, Mexico, 17-21 March 2003", *Conservation and Management of Archeological Sites*, 6 (3-4), pp.395-399.
- 87- Tiano, P., 2008, "Biocalcification: The context for biomediation", *Heritage Microbiology and Science: Microbes, Monuments and Maritime Materials*, (ed. E. May, M. Jones, J. Mitchell), Royal Society of Chemistry Special Publication, 315, Cambridge, UK, pp. 62-75.
- 88- Torraca, G., 1982, *Porous Building Materials - materials science for architectural conservation*, ICCROM, Rome.
- 89- TU Delft (Delft University Technology), 2009, "EU Project Desalination: Assessment of desalination mortars and po-
ultices for historic masonry", Contract no: 022714,
<http://www.citg.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=267cbaf8-92c8-4204-92c0-97c32fff7eb56-lang=en>
- 90- Verdön, İ., Ersen, A., 2009, "Botter Apartmanı Cephesi Konservasyon Projesi", *Kâgir Yapılarda Koruma ve Onarım Seminer Bildiri Kitabı*, 28-29 Eylül 2009, İBB KUDEB, İstanbul, s.50-66.
- 91- Vergés-Belmin, V., 1994, "Pseudomorphism of Gypsum after Calcite: A New Textural Feature Accounting for the Marble Sulphation Mechanism", *Atmospheric Environment, Part A* 28 (2), pp.295-304.
- 92- Vergés-Belmin, V., Bromblet, P., 2000, "Le nettoyage de pierre", *Monumental, Revue scientifique et technique des monuments historiques*, Editions du patrimoine, Centre des monuments nationaux, Paris, pp.220-273 (Price'den naklen).
- 93- Vergés-Belmin, V., Dignard, C., 2003, "Laser Yellowing: Myth or Reality?", *Journal of Cultural Heritage*, 4, Lacona IV, pp.238-244.
- 94- Vergés-Belmin, V., Rolland, O., Leroux, L., 2008, "Can we be confident in colour measurements performed outdo-

- ors?", *Proceedings of the 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 15-20 September 2008, Toruń, Poland*, (ed. J.W. Lukaszewicz and P. Niemcewicz), Nicolaus Copernicus University, pp.539-546.
- 95- Vergés-Belmin, V., Siedel, H., 2005, "Desalination of masonries and monumental sculptures by poulticing: A review", *Restoration of Buildings and monuments, An International Journal: Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege: Ein Internationale Zeitschrift*, 11, pp.391-408.
- 96- Wheeler, G., 2008, "Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone: Where we are now", *Proceedings of the International Symposium, Lisbon, 6-7 May 2008*, (ed. J. Delgado Rodrigues and J.M. Mimoso), pp.41-52.
- 97- Wheeler, G.S. et al., 1991, "Toward a better understanding of B72 Acrylic Resin/ Methyltrimethoxysilane Stone Consolidants", *Material Issues in Art and Archaeology II, Symposium held on 17-21 April, 1990, San Fransisco*, pp.209-226.
- Wheeler, G., Goins, E.S., 2005, "Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone", *Research in Conservation Series*, Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- 98- Woolfitt, C., Abrey, G., 2000, *Poultices: The true or plain poultice and the cleaning and desalination of historic masonry and sculpture*, The Building Conservation Directory.
- 99- Worth, D.M., 2007, "Book Review: Cleaning Techniques in Conservation Practice", *APT Bulletin*, 38 (2-3), p.68.
- 100- Yar, M., Zannini, A., Bresciani, V., 2010, "Mimari Taş Yüzeylerin ve Nesnelerin Lazerle Temizlenmesi", *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları*, Ocak-Şubat-Mart 2010, İBB KUDEB, İstanbul, s.89-94.
- 101- Young, M.E., Urquhart, D., 1992, "Abrasive cleaning of sandstone buildings and monuments: An experimental investigation", *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone*, (ed. R.G.M. Webster), Donhead, London, pp.128-140.