

EFFECTS OF WATER SOLUBLE SALTS ON THE BUILDING MATERIALS OF DOLMABAŦE PALACE

ABSTRACT

The construction of Dolmabahçe Palace which was built on an area exceeding of 110.000m², with its periphery walls, was completed in 1856. The main building of Dolmabahçe Palace consists of three parts: the Imperial Mabeyn (State Apartments), the grand Ceremonial Hall (*Muayede Salonu*) and the Imperial Harem (where the sultan and his family led their private lives). The Imperial Mabeyn and Harem have three storeys along with the basement. Also, in the Imperial Harem part, there is an attic (*musandıra*) storey. The grand Ceremonial Hall is between the Imperial Mabeyn and the Imperial Harem. The outer walls of the palace are made of stone, the interior walls of brick and the floor and roof constructions of wood. The main building stands parallel to the sea and extends towards the south direction.

Since the Palace is located on the sea level and filled ground, main walls and floors in the basement were seriously damaged because of the ground water. Ground water contains soluble salts, the most significant of which are chlorides, nitrates and sulphates. The deposit of water soluble salts in the pores of historic masonry is the major cause for the deterioration of these surfaces. Also the basement of the Palace has higher and more variable relative humidity than the other floors. Since water soluble salts are usually hygroscopic, changes in temperature and relative humidity inside the building cause water soluble salts found in the building materials to crystallize and dissolve over and over again. As a result of this process, there can be physical, chemical and mechanical deterioration on the building materials. In order to detect the deterioration and reduce or prevent the damage on the building caused by water soluble salts, the things that should be done primarily are; to detect the distribution and resources of the salt types found in the building.

There have been detected damages caused by water soluble salts on the ground and walls of many rooms in the basement by the visual inspections done at the Palace. In the following article, the analyses of water soluble salts and hygroscopic humidity were done on mortar, plaster and stone samples taken within the insulation studies that have been started on the ground and walls of the places aiming to prevent the humidity rising from the ground on the basement at Dolmabahçe Palace in 2000 and the results were evaluated.



Dolmabahçe Sarayı'nın Yapı Malzemeleri Üzerinde Suda Çözünabilir Tuzların Etkileri

NEŞE YILDIRIM *

1. Giriş

Taşlarda ortaya çıkan bozulma; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik etkiler sonucu oluşan çok yönlü bir mekanizmadır. Nem, tüm bozulma mekanizmalarının içinde yer aldığından, yapı malzemelerinin ayrışmasına neden olan en önemli etkidir. Tarihi yapı malzemelerinde meydana gelen bozulmalar, genel ortamda su olmadan gerçekleşemezler. Nem, gözenekli bir yapı malzemesinin içine, zemin suyunun kapiler etkiyle yükselmesi, yağmur ve kar suyunun etkisi veya havadaki su buharının difüzyonu ile ulaşır. Gözenekli yapı malzemelerinin ayrışmasında nemden sonraki en önemli etken, suda çözünür tuzlardır. Taşın

gözeneklerinin içinde tuz kristallerinin büyümesi, taşın gerilme dayanımının üzerinde basınç meydana getirerek, malzemenin toz haline gelmesine veya küçük parçalar halinde dağılmasına neden olur.

Dolmabahçe Sarayı'nın deniz seviyesinde ve dolgu zemin üzerinde bulunması, sarayın bodrum kat beden duvarlarında ve döşemelerinde, zemin suyundan kaynaklanan bozulmalara sebep olmuştur. Zemin suyunun beraberinde taşıdığı tuzların, suyun duvar yüzeylerinde veya duvarların iç yüzeyinde buharlaşması sonucu ortaya çıkan çiçeklenme ve kabuk altı çiçeklenme süreçleri, duvarın da fiziksel ve kimyasal yapısını bozucu etkilere neden olmaktadır.

Bu çalışmada, zeminden yükselen su ve beraberinde taşıdığı suda çözünür tuzların sıvalı ve taş yüzey-

lerdeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca sarayın bodrum katının, diğer katlarına göre daha yüksek (yaklaşık %80-90) ve/veya değişken bağlı neme sahip olmasına bağlı olarak; bu tuzlar, duvar yüzeylerinde tekrarlanan kristalleşme-çözünme (çiçeklenme) döngüleri sonucunda yıkıcı etkilere neden olmaktadır. Bu makalede, Dolmabahçe Sarayı'nda zeminden yükselen nemin önlenmesi ile ilgili olarak başlatılan çalışmalar kapsamında, sarayda en fazla kullanılmış taş türü olan maktrali kireçtaşı ile restorasyonlarda kullanılan Pınarhisar ve Antalya ocaklarından getirtilen kireçtaşlarından ve döşeme kaplama malzemesi olarak bodrum katında kullanılan Malta taşı ve Marmara mermerinden örnekler alınmış; fiziksel ve kimyasal analizlerin yanı sıra, sarayın bodrum

* (M.Sc.) Kimya Müh. NEŞE YILDIRIM, TBMM Milli Saraylar Daire Başkanlığı, e-posta: neseyildirim@gmail.com;

Bu çalışma, TBMM Genel Sekreterliği Milli Saraylar Daire Başkanlığı'nın yürüttüğü restorasyon-konservasyon çalışmaları kapsamında yapılmıştır.



katındaki bazı mekanların duvarlarından ve zemininden alınan örneklerde bulunan suda çözünür tuzlara ilişkin tespitler yapılmıştır.

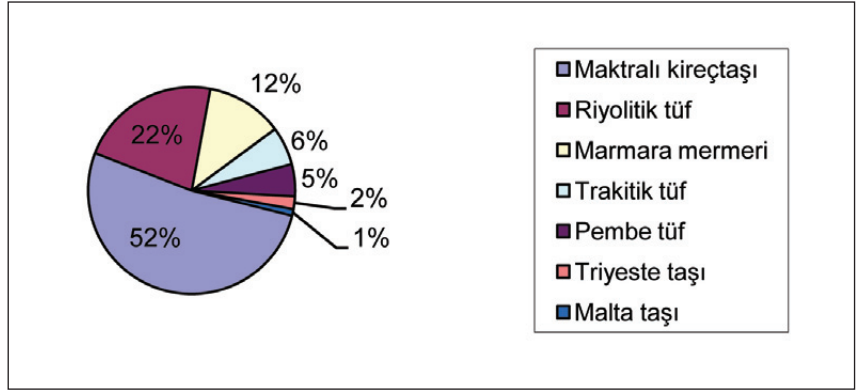
1.1. Dolmabahçe Sarayı'nın Konumu

Beşiktaş ilçesinde, Boğaziçi ile Dolmabahçe Caddesi arasında yer alan, 110.000m²'yi aşan bir alan üzerinde kurulmuş olan Dolmabahçe Sarayı'nın yapımı, çevre duvarlarıyla birlikte 1856 yılında tamamlanmıştır. Dolgu zemin üzerine inşa edilen ve denize paralel uzanan ana yapı; Mabeyn-i Hümayun, Muayede Salonu ve Harem-i Hümayun adlarını taşıyan üç bölümden oluşmaktadır. Selamlık bölümü bodrumla birlikte üç katlı, Harem bölümü ise musandıra katlarıyla birlikte dört katlı olarak inşa edilmiştir. Dolmabahçe Sarayı'nın beden duvarları taş, iç duvarları tuğla, çatı konstrüksiyonu ve kat döşemeleri ise ahşaptır (Gülşün, 1995).

Dolmabahçe Sarayı, deniz kıyısında ve yaklaşık 14.595m² taban alanı üzerine inşa edilmiştir. Zeminde yükselen nemin yanı sıra, konumu itibarıyla deniz suyu ve içinde bulunan tuzlardan da etkilenmektedir. Ayrıca hava kirliliğinin yoğun olduğu bir bölgede bulunması nedeniyle, başta kükürt dioksit olmak üzere havada bulunan diğer asidik gazların zararlı etkilerine de maruz kalmaktadır.

1.2. Dolmabahçe Sarayı'nda Kullanılan Doğal Taşlar

Dolmabahçe Sarayı'nda kullanılan doğal taşlar; yerli olanlar, Avrupa'dan çıkarılıp getirilenler ve diğer yapılardan devşirilenler olmak üzere üç kısımda toplanabilir. Jeolojik açıdan incelendiğinde, saraylarımızda, değişik jeolojik zamanlarda oluşmuş, değişik litolojik özellikte (tortul, magmatik, metamorfik) ve farklı renklerde taşların kullanıldığı görülmektedir. İşlev yönünden, taşıyıcı kısımlarda yerli taşlar, mermer, küfeki, kumtaşı, trakit ve tuf kullanılmasına karşın; süsleyici, kaplayıcı ve hareketli kısımlarda Avrupa'dan çıkarılıp getirilen taşlardan yararlanılmıştır. Yur-



Şekil 1. Dolmabahçe Sarayı'nda kullanılan taşların türlerine göre dağılımı

dumuzda daha iyileri olmasına rağmen, yumuşak olan ve çabuk aşınan Malta ve Marsilya taşları, döşeme ve bazı kaplamalarda kullanılmıştır (Erguvanlı ve Gökhan, 1984).

Dolmabahçe Sarayı'nın duvarları kesme taş- tuğla alması, moloz taş- tuğla alması ya da tümüyle tuğla duvarlar olup, horasan harçlı ve sıvalıdır. Güney ve batı cepheleri ile Selamlık bölümü'nün kuzey cephesi kesme taş kaplı, diğer cepheler ise sıvalıdır (Beşkonaklı, 2006).

Dolmabahçe Sarayı ana binasında, Hazine ve Saltanat Kapıları ile rıhtım duvarlarında, renkli mermerlerle birlikte 8 çeşit doğal taş kullanılmıştır. Taşların duvarlardaki toplam alanı 12.406m² olup bunlar, kullanım miktarlarına göre sırası ile maktralı kireçtaşı, riyolitik tuf, Marmara mermeri ile renkli mermerler, trakitik tuf, pembe tuf, Trieste ve Malta taşlarından oluşmaktadır (Şekil 1).

Maktralı kireçtaşı, Dolmabahçe Sarayı'nda en fazla kullanılmış olan taş türüdür. Bu taşların sarayın tümündeki toplam alanı 6432m² olup, yaklaşık %52'lik bir kullanım payına sahiptir. Korunmuşluk durumu açısından onarıma en fazla gereksinim duyan taş türü de yine maktralı kireçtaşıdır. Bu nedenle renk, doku ve davranış itibarıyla küfekiye benzer taşın bulunması, taş temini ve/veya işletilebilme olanaklarının belirlenmesi, restorasyon çalışmalarının sürekliliği bakımından önemlidir (Yüzer, vd., 2000).

Koruma ve yenileme işlemlerinden önce, yapıların çeşitli yerlerinde kullanılan taşların türleri, jeolo-

ji ve litolojileri belirlenmeli; hangi ocaklardan çıkarıldıkları, bu ocakların bugün hangi durumda oldukları, taş çıkarılmasının mümkün olup olmayacağı, bu olanak yoksa aynı veya benzer nitelikte taşların nereden elde edilebileceği hakkında bilgi toplanmalıdır. Bu bilgiler, restorasyon sırasında, hakiki (masif) ya da döküm (imitasyon) taşın seçiminde; taşın fiziko-mekanik ve yapısal özellikleri de, taşların kullanımı sırasında uygulayıcıya yardımcı ve yol gösterici olacaktır (Erguvanlı ve Gökhan, 1984).

Mimar Vedat Tek'in Sultan V.Mehmet Reşat (1909-1918) döneminde Dolmabahçe Sarayı'nda yaptığı taş koruma çalışmaları ile ilgili, Milli Saraylar Osmanlı Arşivi'nde kayıtlı bazı belgeler incelendiğinde; Dolmabahçe Sarayı'nın cephe, balkon, giriş basamak ve sahanlıkları, Saat Kulesi cephe taşları ve rıhtım onarımları için, İtalya'dan getirilen mermerler, Marmara mermeri, Bakırköy küfeki taşı, Marsilya taşı ve Moskof taşlarının kullanılmış olduğu görülmektedir.

Milli Saraylar Hazine-i Hassa Arşivi'nde bulunan belgelerde, onarımlarda aslına uygun cinsten taşların kullanılmasına özen gösterildiği görülmektedir. Ancak şartnamelere uygun, istenilen boyutta taş bulunamadığında, orijinaline en yakın bulunan malzeme kullanılmıştır (Eren, 1998).

Dolmabahçe Sarayı'nda sürdürülen restorasyon çalışmalarında, Pınarhisar, Korkuteli ve Kandıra kumlu kireçtaşları kullanılmaktadır. 2000 yılında İTÜ Geliştirme Vakfı ile yapılan "Dolmabahçe Sarayı'nda

Kullanılan Taşların Korunmuşluk Durumlarının ve Ayrışma Nedenlerinin Belirlenmesi, Koruma ve Onarım Yöntemlerinin Saptanması Projesi ile, Dolmabahçe Sarayı'nda kullanıldığı halde günümüzde gerekli onarımlar için elde edilmesi çeşitli nedenlerle mümkün olmayan taşların yerine kullanılabilir taşların aranıp bulunması amacıyla ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Projenin diğer önemli bir araştırma konusu; belgeleme çalışmalarının yanı sıra, sarayda kullanılmış olan taşların üretildikleri ocak yerlerinin belirlenmesi ve bu ocaklardan alınacak taşların uygunluklarının laboratuvarında yapılacak testlerle ka-

nıtlanmasıdır. Ancak, sarayda yoğun olarak kullanılmış olan maktrali (Bakırköy) kireçtaşının sağlandığı ocaklar, günümüzde yoğun kentleşmeye bağlı olarak üretim olanaklarını yitirmişlerdir. Bu nedenle, restorasyon çalışmalarında bu taşın yerine kullanılabilir taşın belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Sürdürülen arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, maktrali kireçtaşının yerine "Pınarhisar Kireçtaşı"nın, Malta ve Trieste kumlu kireçtaşlarının yerine "Kandıra Kumlu Kireçtaşları"nın, volkanik tüfler yerine de "Şirinçavuş Volkanik Tüfleri"nin kullanılabilirliği belirlenmiştir. Onarımlarda za-

man zaman kullanılmış olan Korkuteli taşının ocak araştırmasına gerek duyulmamıştır. Rıhtımda kullanılan koyu renkli trakitik tüflerin sağlandığı ocak yerleri de kesin olarak saptanmamakla birlikte, yapılmış olan arazi çalışmalarından, benzer taşların Behramkale ve Afyon dolaylarındaki volkanik arazide bulunduğu belirtilmektedir (Yüzer, vd., 2000).

Bu proje doğrultusunda, Dolmabahçe Sarayı cephelerinde aynen korunması gereken ve temizleme, plastik onarım, kaplama, değiştirme gerektiren bölümlerle ilgili taş koruma çalışmaları devam etmektedir.



Resim 1-2. Dolmabahçe Sarayı, kireçtaşı yüzeylerinde alçıtaşı kabuk oluşumu



Resim 3-4. Mermer yüzeylerde alçıtaşı kabuk oluşumu

Resim 5. Mermer yüzeylerde alçıtaşı kabuk oluşumu

2. Dolmabahçe Sarayı Kireçtaşlarında Meydana Gelen Bozulmalar

Yapı malzemelerinde bozulma; genellikle dışta başlayıp içte devam eden, malzemenin direncinin azalması, kırılabilirlik ve porozitesinin artması ve malzeme kaybı ile ortaya çıkan, temel olarak fiziksel ya da kimyasal etkenlere dayanan, malzemedeki değişimdir. Bu değişimler, yapıda bozulmalar biçiminde ortaya çıkarlar. Bozulma terimi,

malzemenin dayanma kapasitesinin azalmasını ve bozulmaya neden olan koşulları belirtir (Crocì, 1998). Doğal taşlarda oluşan bozulma tipleri, bozulmaya neden olan etkenlere ve taşın cinsine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Dolmabahçe Sarayı kireçtaşlarının bozulmasında tespit edilen en önemli etkenler, hava kirliliği ve

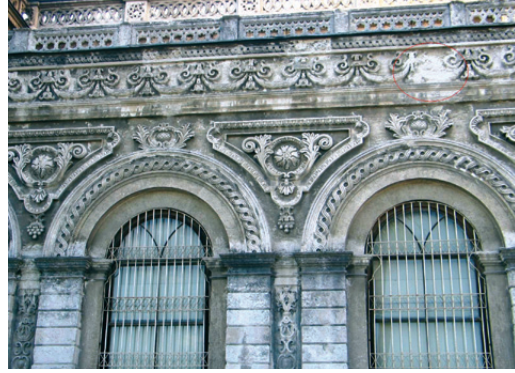
suda çözünür tuzlar olup, donma-erime döngüleri de kısmen bu etkenler içine katılmaktadır.

2.1. Hava Kirliliği

Günümüzde kireçtaşlarında izlenen genel bozulmaların çoğunlukla hava kirliliğinden kaynaklandığı görülmektedir. Dolmabahçe Sarayı'nın cephelerinde yaygın bi-



Resim 6. Çatı parapetinde oluşan bozulmalar (bazıları yok olmuş elemanlar)



Resim 7-8. Kireçtaşı bezemelerde görülen form kaybı



Resim 9. Taş restorasyon çalışmaları

çimde kullanılmış olan maktrali kireçtaşlarının içeriğinde %90'dan fazla CaCO_3 vardır. Hava kirliliğinin olduğu çevre koşullarında kükürt dioksit gazı, suyun varlığında, kalkerli taşlarda bulunan kalsit (CaCO_3) kristalleri ile reaksiyona girerek ara reaksiyon ürünü olan kalsiyum sülfat hemihidrat ($\text{CaSO}_3 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) ve son ürün olan alçı taşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) oluşturur. Oluşan alçı taşının sudaki çözünürlüğünün kalsit kristallerinden daha fazla olması, yağmura açık bölgelerde bulunan taşların erozyonunu hızlandırmaktadır. Eger taş yüzeyleri yağmurdan korunan bir bölgede ise bu durum, taş yüzeylerinde siyah bir kabuk oluşumuna ve yüzeyin giderek dökülmesine yol açmaktadır (Böke, 1999).

Dolmabahçe Sarayı cephelerinde, özellikle de sarayın kuzey cephesindeki kireçtaşı yüzeylerinde (yoğun araç trafiğine bağlı olarak) ve genellikle süsleme malzemesi olarak kullanılmış olan mermerlerin yüzeylerinde, değişik kalınlıklarda siyah alçıtaşı kabuk oluşumu gözlenmektedir (Resim 1-9).

2.2. Suda Çözünabilir Tuzlar

Suda çözünabilir tuzların yıkıcı etkileri, duvar yüzeyindeki ıslanma kuruma döngüleriyle yakından ilgilidir. Tarihi yapı malzemelerinin çoğu, açık gözenekli bir yapıya sahiptir. Taş ve tuğla içindeki gözenek ağı, içinde çeşitli miktarlarda ve türlerde tuzların çözünbildiği suyu içerir (Woolfitt, 2000). Gözenekli malzemenin içine tuzları taşıyan su buharlaştığında (örneğin ortam şartlarındaki sıcaklık ve nem değişikliklerine bağlı olarak), çözelti daha deri-



Tuz	Kimyasal Formülü	EQRH(%)
Magnezyum klorür hidrat	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
Potasyum karbonat hidrat	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	44
Sodyum nitrat	NaNO_3	75
Sodyum klorür	NaCl	76
Potasyum klorür	KCl	85
Sodyum sülfat hidrat	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	89
Sodyum karbonat hidrat	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	90
Potasyum sülfat	K_2SO_4	98

Tablo 1. Bazı tuzların bağıl denge nemi (EQRH) değerleri

şik hale gelir. Bu tuz çözeltisi aşırı doygunluğa ulaştığında, tuzlar hem yüzeyde hem de yüzey altında kristallenirler. Kristallenme, yüzeyde olduğunda "çiçeklenme", yüzey gerisinde veya taşın gözenekleri içinde olduğunda "kabuk altı çiçeklenme" adını alır. Gözenek içinde tuz kristalizasyonu ile oluşan basınçlar, yapı malzemesinin basınç dayanımını aşabilir; bu durum, malzemeyi büyük ölçüde zayıflatır ve ciddi zararlar oluşturur. Bu nedenle boşluklarda meydana gelen kristallenme, çok daha tehlikelidir.

Sodyum sülfat (Na_2SO_4), sodyum klorür (NaCl), sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve magnezyum sülfat

(MgSO_4), en tehlikeli suda çözünbilir tuzlardır.

Suda çözünbilir tuzlar nem çekicidirler. Pek çok tuz, eğer havanın bağıl nemi yeterince yüksekse çözünmek için havadan yeterli miktarda suyu absorbe edebilir. Tersine bir durumda, yani bağıl nem yeterince düşük olduğunda ise absorbladığı suyu kaybeder ve tekrar kristalleşir. Bu gibi tuzlar "higroskopik tuzlar" olarak ifade edilirler (Honeyborne, 1990). Başka bir deyişle, tuzlar, doğrudan sıvı su ile temas etmeden de çözünabilirler. Tuz veya tuz karışımlarının havadan su almaya başladıkları andaki bağıl nem haline ise, tuzun ya da karışı-

mın bağıl denge nemi (EQRH-*equilibrium humidity*) denir. En sık karşılaşılan bazı tuzların 20-25°C sıcaklıktaki bağıl denge nemi değerleri, Tablo 1'de verilmiştir.

Higroskopik tuzlar, düşük nem değerlerinde bile dikkate değer miktarda suyu absorbe edebilirler. Örneğin, sodyum klorür (NaCl), havadaki bağıl nem %75'in üzerinde olduğunda, havadaki nemi absorbe etmektedir. Böylelikle, hidrofilik boşluklu malzemenin su muhtevası, kondensasyon ve higroskopik absorpsiyon yollarıyla, malzeme hiç suyla temas etmeden de yükselmektedir (Yıldırım, 2007). Bağıl nem düştüğünde, tuz çözeltisi kuruma yüzeylerine doğru yönelmekte ve tuzlar gözeneklerde kristallenmektedirler. Kristallenmenin oluşturduğu iç basınç, yapı malzemesinin basınç dayanımını aşabilmektedir (Salık, 2009). Bu süreç, taşa ortaya çıkan bozulmaların başlıca nedenlerinden biridir (Resim 10-12).

2.3. Tuzların Kökenleri ve Etkileri

Sülfat (SO₄⁻²)

Sülfat, az çözünebilir ve çözünebilir tuzlar içinde en yaygın görülenidir. Duvarlarda, genellikle kalsiyum sülfat dihidrat (CaSO₄.2H₂O- *alçı taşı*), sodyum sülfat dekahidrat (Na₂SO₄.10H₂O- *mirabilite*) ve daha az da magnezyum sülfat (MgSO₄.7H₂O- *epsomite*) olarak bulunurlar. Sülfatların en önemli kaynağı hava kirliliğidir. Diğer kaynakları:

- Tarım toprağı (amonyum sülfat; kapiler etkiyle duvar içine nüfuz edebilir.)
- Orijinal malzeme veya katkıları (çimento gibi inorganik bağlayıcılar sülfat içerir ve su ile taşınabilirler.)

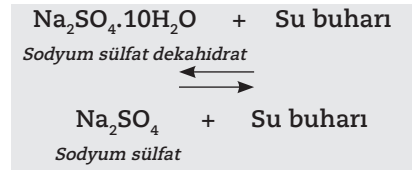


Resim 10. Dolmabahçe Sarayı- bodrum kat, tuğla yüzeyinde görülen tuz kristalizasyonu

- Deniz suyu serpintisi (daha çok yüzeylerde bulunan düşük konsantrasyonlarda, magnezyum sülfat içerir.) ve

- Mikroorganizmalar'dır (Borelli ve Urland, 1999).

Sodyum ve magnezyum sülfat, taşa ayrılmaya neden olan en tehlikeli tuzlardır. Sülfatlar, genellikle hem ortamdaki sıcaklık ve neme hem de duvardaki neme bağlı olarak çözünüp kristallendiklerinden, en tehlikeli tuzlardır. Ayrıca sülfatlar, taş yüzeyi altında kristallendiklerinden, daha yıkıcı zararlar da ortaya çıkabilmektedir. Özellikle sodyum sülfat, ortamın sıcaklık ve nemine bağlı olarak susuz halden (Na₂SO₄- *thenardite*) sulu hale (Na₂SO₄.10H₂O- *mirabilite*) geçtiği sırada hacminin çok fazla artması (yaklaşık %400) nedeniyle, taşın gözenek yapısı içinde büyük basınçta neden olur. Bunun sonucunda taşa, pullanma, kırılma ve tabaka halinde parçalanma gibi yıkıcı zararlar ortaya çıkar.



Klorür (Cl)

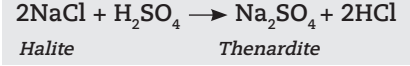
Klorür tuzlarının en önemli kaynağı, portland çimentolu onarımlar ve deniz suyu serpintisidir. Sodyum klorür (NaCl- *halite*), klorürler içinde en sık görülenidir. Ayrıca klorür, kullanılan yapı malzemesi içindeki safsızlıklardan (örneğin harç hazırlanırken kullanılan kum, vb.), kışın yollarda kullanılan buz çözücü tuzlardan veya sanayi faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan hidroklorik asidin atmosferde yayılmasın-



Resim 11. Dolmabahçe Sarayı, bodrum katındaki bir odanın zemininde oluşan tuz kristalizasyonu

dan kaynaklanabilir (Borelli ve Urland, 1999).

Klorürün sudaki çözünürlüğü çok yüksektir. Kendi halinde iken bozucu etkisi yoktur; fakat sıcaklık değişiminin etkisi altında, bulunan diğer tuzları hidrasyon ve dehidrasyon yoluyla etkileyerek yüzey bozucu etkisini artırır.



Bir diğer klorür tuzu da, su buharlaştıktan sonra yüzeylerde şeffaf, parlak kristaller halinde biriken ve oldukça higroskopik bir tuz olan *bischofite* (MgCl₂.6H₂O)'dir.

Nitrit ve Nitrat (NO₂⁻ ve NO₃⁻)

Nitrit, azot içeren ürünlerin ayrışmasıyla oluşur ve bu nedenle atık su sızıntısı olan yerlerde veya canlı kalıntıların bulunduğu mezar alanı yakınlarında bulunabilir. Nitrit, okside olarak nitrate dönüştüğünden, duvarlarda bu tuzla sık karşılaşmaz.

Nitrat da, benzer kaynakların yanı sıra, gübre veya organik malzemelerin ayrışmasından kaynaklanabilir. Havadaki nem ile temas eden azot oksit gazları, nitroz asit ve nitrik aside dönüşerek duvarlardaki kalsiyum karbonatla reaksiyona girer ve tuzlarını oluştururlar (Ca(NO₃)₂.4H₂O- *nitrokalsit*).

Nitrat ve nitritlerin bir diğer kaynağı mikrobiyolojiktir. Nitroz ve nitro bakteriler, metabolik işlemlerle azotlu bileşikler nitrit ve nitratlara dönüştürürler (Borelli ve Urland, 1999).

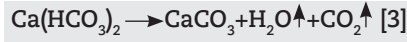
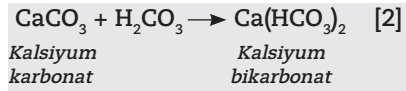
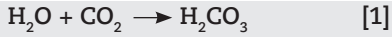
Klorürler gibi, nitratların da çözünürlükleri fazladır. Bu tuzlar, higroskopik özellik göstermelerinden ötürü, duvarlarda nemlenmeye ve diğer tuzların yıkıcı etkilerinin artmasına neden olurlar.



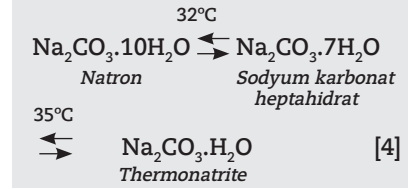
Resim 12. Dolmabahçe Sarayı, bodrum katındaki bir odanın duvarında oluşan yoğun tuz birikimi

Karbonat (CO₃⁻²)

Kalsiyum karbonat (CaCO₃ - *kalsit*), hem kalkerli taşların hem de harçların ana bileşenidir ve pratikte suda çözünmez. Atmosferde karbon dioksitin normal miktarın üzerinde olması durumunda (*endüstriyel faaliyetlerin bir sonucu olarak veya kapalı bir alanda çok sayıda insan bulunduğu*), su ile reaksiyona girerek karbonik aside dönüşmektedir [1]. Karbonik asitle reaksiyona giren kalsiyum karbonat, suda çözünebilir kalsiyum bikarbonata dönüşür [2]. Buharlaşma olduğunda, çözeltideki bikarbonat tuzları yüzeye yaklaşır, su ve karbondioksitin buharlaşarak ayrılması ile reaksiyon ters yönde ilerler ve yüzeyde tekrar suda çözünmeyen kalker (CaCO₃) oluşur [3].



Weber ve Zinsmeister (1991), yaptıkları deneylerde karbonat tuzlarının, sıcaklık (0-30°C arasında) ve bağıl neme (%50- %80 arasında) bağlı olarak, aşağıdaki reaksiyona göre 1, 7, 10 molekül su ihtiva eden üç kararlı faza sahip olduğunu belirlemişlerdir [4].



Natrite (Soda; Na₂CO₃) ve *thermonatrite* (Na₂CO₃·H₂O), sülfatlarla benzer etkilere sahip karbonat tuzlarıdır. Natrite, suyun buharlaşmasıyla kristalizasyon süresince ortaya çıkan, sodyum karbonat ya da karbonat tuzu olarak bilinen en önemli karbonatlardan biridir. Susuz sodyum karbonat, be-

yaz bir tozdur; hava etkisine maruz kaldığında hidratların oluşumu ve ıslanma-kuruma döngüleriyle katılır ve bir araya toplanır. Bu durum, taşın içine çözünen tuzların taşınması, hidrasyon, termal genleşme, yüzeyde çiçeklenme veya mikrobiyolojik kolonizasyon gibi bazı aşındırıcı ve farklı ayrışma mekanizmalarının ortaya çıkmasına neden olur. *Thermonatrite*, tuz çiçeklenmelerinde çoğunlukla sülfatlarla karışmış, ince beyaz bir tabakadır. Yapı taşlarının boşluklarındaki kristalizasyonu, özellikle susuz fazdan sulu faza dönüşüm süresince (yaklaşık %70'lik hacim artışı) ortaya çıkan hidrasyon basınçlarına bağlı olarak, önemli ayrışma mekanizmalarına neden olur. Bu mekanizmaların sonucunda taşa çatlama ve parçalanma gibi önemli bozulmalar oluşur (El-Gohary, 2009).

3. Deneysel Çalışmalar

Dolmabahçe Sarayı'nın bodrum katında kapiler yolla yükselen nemi önlemek amacıyla başlatılan çalışmalar kapsamında, Selamlık Bölümü'nün bodrum katındaki bazı odalarda, duvar yüzeylerinden (sıva ve taş) ve zeminden karot örnekleri alınarak suda çözünür tuz analizleri yapılmıştır.¹

Ayrıca sarayda en fazla kullanılmış taş türü olan maktrali kireçtaşı ile restorasyonlarda bu taşın yerine kullanılan Pınarhisar ve Antalya ocaklarından getirilen kireçtaşları, mermer ve Malta taşı örnekleri üzerinde de aşağıdaki ölçümler yapılmıştır:

- Kapiler su emme (DIN 52617'ye göre)
- Su ve asitte çözünür madde miktarı
- Yoğunluk

- Azami su emme
 - Görünür ve gerçek porozite
- Elde edilen sonuçlar; Tablo 2, 3, 4 ve Şekil 2'de toplanmıştır.

Taş Örnekleri

Taş A: Maktrali kireçtaşı (yapıdan)
 Taş B: Küfeki taşı (Kırkarelili- Pınarhisar ocağı)
 Taş C: Küfeki taşı (Antalya- Korkuteli ocağı)
 Taş D: Malta taşı (yapıdan)
 Taş E: Mermer (yapıdan)

Yapılan kimyasal ve fiziksel analizler sonucunda, taşların tümünün farklı su emme değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. En yüksek kapiler su emmeyi, yaklaşık 13kg/m²'lik değerle, Malta taşı göstermiştir; bu taşlarda ayrıca başlangıç su emme değerle-

Tablo 2. Farklı taş türlerindeki kapiler su emme değerleri (kg/m²)

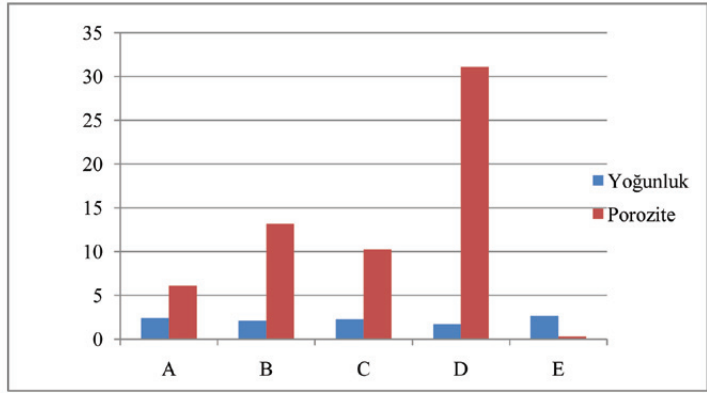
Taş	10 dk.	30 dk.	60 dk.	24 s.	48 s.
A	0,09	0,15	0,20	0,68	0,96
B	0,85	0,89	1,45	3,56	3,90
C	0,66	1,03	1,45	4,92	5,30
D	7,29	11,30	12,26	12,69	13,05
E	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06

ri de çok yüksektir. Diğer kireçtaşlarının su emme değerlerinin belirlenmesinde az olduğu görülmüştür. Mermer dışındaki kireçtaşlarında, 48 saat suda bekletmeden sonraki su emme değerlerinin, yaklaşık 4-5kg/m² arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 2).

¹ Dolmabahçe Sarayı'nın bodrum katında zeminden yükselen nem ve buna bağlı olarak duvarların sıva bölümünde görülen yoğun tuz problemlerinin engellenmesi amacıyla, 2000 yılının Mayıs-Temmuz aylarında, Wacker firmasından gelen uzmanlar ile birlikte incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla, bodrum katında belirlenen mekanlardan örnekler alınarak, Wacker'in Almanya'daki laboratuvarlarında analiz edilmiş; birlikte yürütülen çalışmalarla, bodrum katındaki odaların duvarlarında ve zemininde yapılacak onarımlarda kullanılacak yöntem ve malzemeler belirlenmiştir. Ayrıca taş cephelerin korunması amacıyla, cephelerin belirli bölümlerinde su itici kimyasallarla denemeler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ancak bu çalışmada, yalnızca farklı kireçtaşı örnekleri üzerinde yapılan fiziksel analizler ile duvar ve zemin örneklerinde tespit edilen suda çözünür tuz analizlerinin sonuçları tartışılmıştır.

Tablo 3. Farklı taş türlerinin yoğunluk, su emme ve porozite değerleri

Taş	Yoğunluk	Su emilimi (maksimum)	Porozite	
			Görünür	Gerçek
A	2,40	2,45	5,89	6,08
B	2,11	4,28	9,05	13,19
C	2,27	4,57	10,20	10,25
D	1,72	15,24	26,17	31,09
E	2,67	0,11	0,25	0,30



Şekil 2. Taşların yoğunluk ve porozite değerleri

Tablo 4. Farklı taş türlerinin suda ve asitte çözünür madde miktarı

Taş	Suda çözünür kısım (%)	Asitte çözünür kısım (%)
A	0,04	84,34
B	0,11	94,73
C	0,07	88,65
D	0,14	93,47
E	0,02	99,36

Tablo 5. Örnek alınan odalar ve örnek numaraları

Örnek alınan oda no	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Ölçüm aksı	Örnek no
89/1	23,4	50	IV, V	10,11,12 ve 13,14,15
88	23,8	51,2	B2, 6	16,17,18 ve B2
86/3	22	74	B1, I	1,2,3 ve B1
74	21,2	63	II, III	4,5,6 ve 7,8,9

Maktrali kireçtaşı ile restorasyonlarda bu taşın yerine kullanılan Pınarhisar ve Antalya ocaklarından getirilen kireçtaşlarının yoğunlukları, birbirine yakındır. Pınarhisar ve Antalya ocaklarına ait kireçtaşlarının maksimum su emme ve porozite değerleri, birbirine yakın olmakla beraber, orijinal taşkinden fazladır. Ancak %4 civarındaki su emme değeri, çok yüksek değildir. Taşlar, yoğunluklarına göre oldukça düşük porozite değerlerine sahiptirler. Grafikten de görüldüğü gibi, yoğunluk arttıkça porozite değerleri azal-

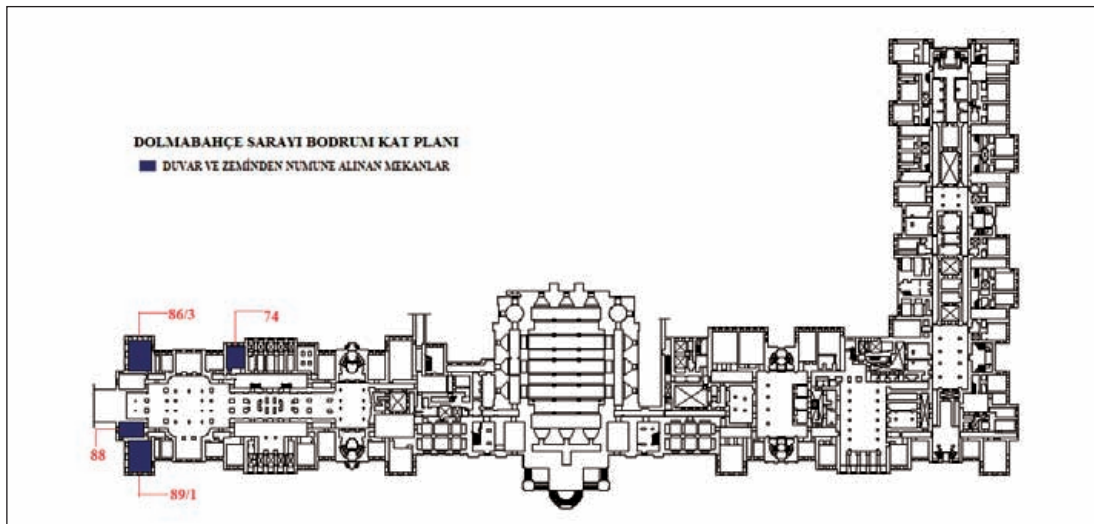
maktadır (Şekil 2). Malta taşı, diğer taşlarla kıyaslandığında, en yüksek su emme ve porozite değerlerine sahiptir (Tablo 3). Bu nedenle, daha önceki bölümlerde değinildiği üzere, restorasyonlarda bu taşın yerine fiziksel ve mekanik özellikler ile renk ve doku açısından daha uygun olan Kandıra kumlu kireçtaşları önerilmiştir (Yüzer, vd., 2000).

Taşların kimyasal korozyona karşı hassasiyetinin ölçülmesi açısından, taşlardaki asitte çözünür madde miktarının, yani doğrudan tepkimeye açık karbonat bileşiklerinin ta-

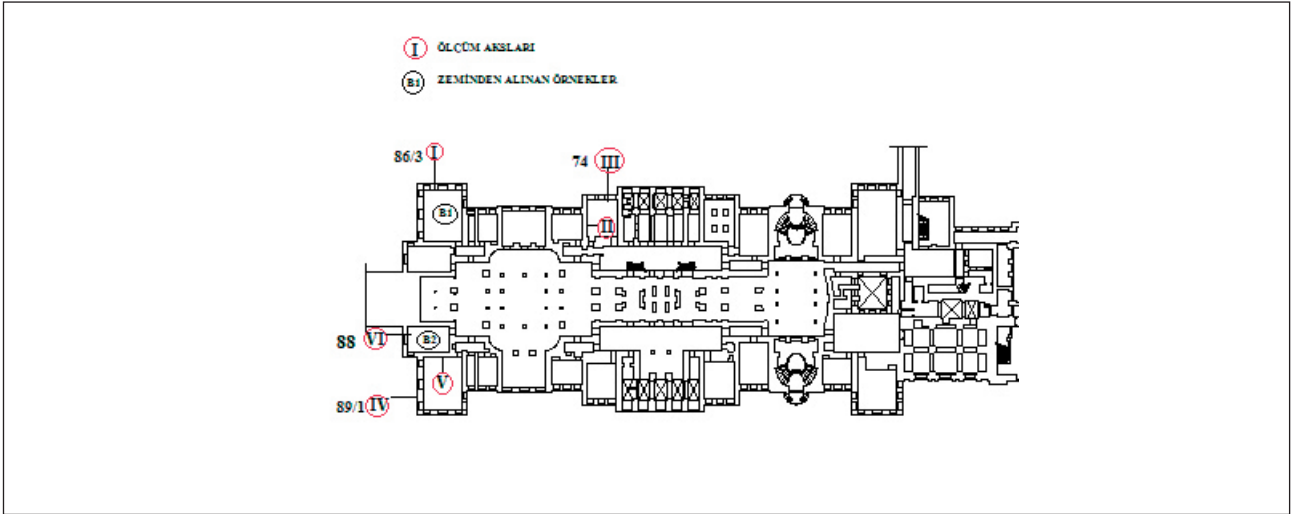
yini de önemlidir. Asitle reaksiyona giren madde miktarı, mermerde en yüksek, Pınarhisar kireçtaşı ve Malta taşı örneklerinde ise birbirine yakın değerlerdedir.

3.1. Örnek Alma

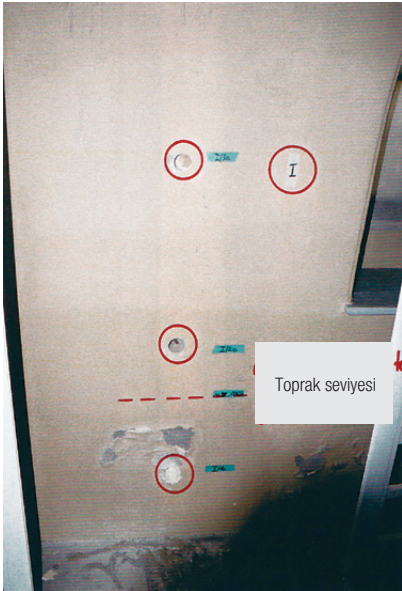
Örnek alımı sırasında, odadaki sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek kaydedilmiş; duvarlardan alınan sıva örnekleri 1a, 2a, 3a, daha derindeki taş veya harç örnekleri 1b, 2b, 3b, zeminden alınan örnekler ise B1 ve B2 olarak numaralandırılmışlardır (Tablo 5).



Çizim 1. Dolmabahçe Sarayı- Bodrum Kat Planı



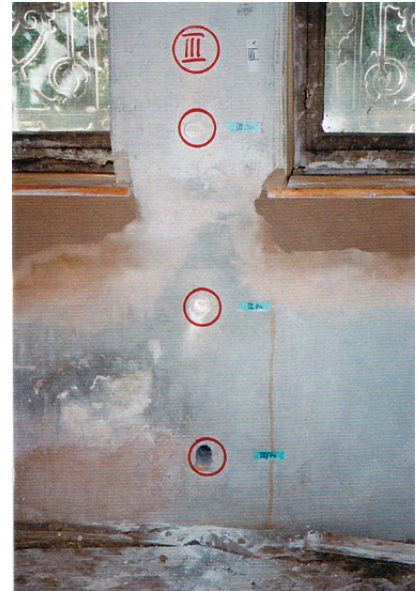
Cizim 2. Dolmabahçe Sarayı- Örnek alınan mekanlar



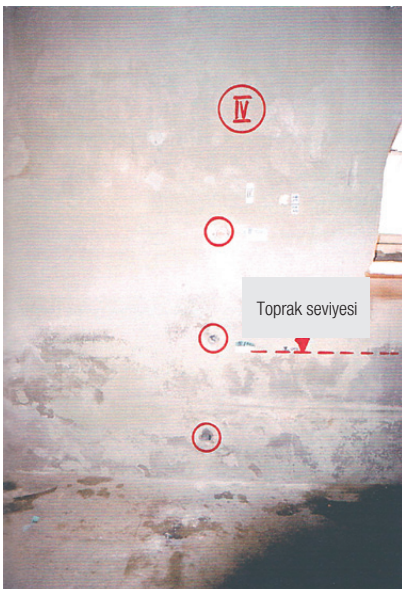
Resim 13. 86/3 no.lu oda



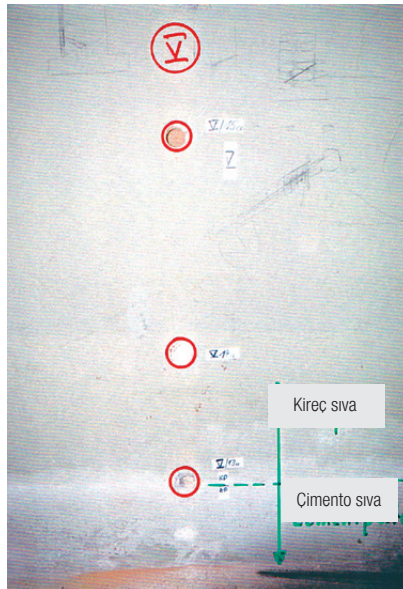
Resim 14. 74 no.lu oda (iç duvar)



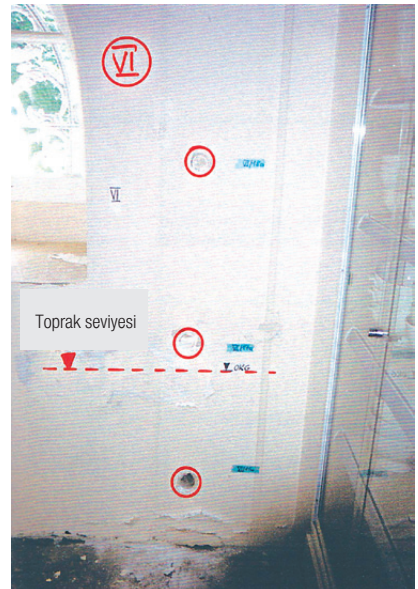
Resim 15. 74 no.lu oda (dış duvar)



Resim 16. 89/1 no.lu oda (dış duvar)



Resim 17. 89/1 no.lu oda (iç duvar)



Resim 18. 88 no.lu oda

Resim 19.
86/3 no.lu
odaResim 20.
88 no.lu
oda

3.2. Çözünabilir Tuz ve Higroskopik Nem Analizleri

Tuz ve higroskopik nem analizleri için, Dolmabahçe Sarayı'nın Selamlık Bölümü bodrum katı, kuzey ve güney yönlerine bakan 4 odanın (89/1, 88, 86/3 ve 74 no.lu odalar) duvarlarından, zemin seviyesinin 30, 80 ve 140cm yüksekliğinden taş, sıva ve harç örnekleri alınmış olup (Tablo 5); örnek alınan mekanlar, plan üzerinde işaretlenmiştir (Çizim 1,2).

Çözünabilir Tuz Analizi

Alınan örneklerin tuz içeriği, iyon kromatografisi yöntemi ile tespit edilmiştir. İyon kromatografi testleri, örneklerdeki mevcut suda çözünabilir tuzları yüzdeler halinde belirleyerek, örneklerin iyon bileşim-

lerini verir. Bu yöntem, iyonik örneğin uygun seçilmiş iyon değiş-tokuş reçine sütunundan geçerken maruz kaldığı ayrılma etkileri üzerine kurulmuştur. Her bir iyonun sütun içinde tutulma zamanı, iyonun değiş-tokuş reçinesine eğilimi ile yakından ilgilidir; bu durum, farklı iyon türlerinin sütundan farklı zamanda ayrılmalarına neden olmaktadır. İyon kromatografisi analizi ile elde edilen sonuçlar, Tablo 6 ve 7'de verilmiştir.

Higroskopik Nem Ölçümü

Duvarların farklı yüksekliklerinden ve zeminden alınan taş, sıva ve harç örneklerinin higroskopik nem içerikleri belirlenmiştir. Bu amaçla kuru örnekler, uzun süre sabit sıcaklıkta tutulan odalarda belirli yo-

gunlukta hava nemine maruz bırakılarak; denge ağırlığında oluşan nem oranı, "Darr Metodu"na göre ölçülmüştür. "Higroskopik nem" değerleri, aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir:

$$\text{Higroskopik nem} = \frac{M_{DN} - M_K}{M_K} \times 100$$

MDN: Denge durumunda havadan nem alan, nemli numunenin kütlesi
MK: Kuru numunenin kütlesi

Duvar örneklerinin yanı sıra, 86/3 ve 88 no.lu odaların zemininden de örnekler alınarak plan üzerinde işaretlenmiştir (Çizim 1,2).

Duvar yüzeylerinden alınan örneklerde, tuz ve higroskopik nem analizleri yapılarak sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

3.3. Duvar Örneklerinin Tuz Analizleri

Tablo 6. Dolmabahçe Sarayı'nın bodrum kat duvarlarından alınan örneklerde yapılan tuz ve nem analizi sonuçları

Oda No	Numune No	Örneğin alındığı		Zararlı tuzlar			Higroskopik nem (%M)
		Yük.(cm)	Der.(cm)	Cl(%)	SO ₄ ⁻² (%)	NO ₃ ⁻ (%)	
86/3	1a -Sıva	30	0-2	0,23	1,08	0,94	12,80
	1b-Kireçtaşı	30	2-10	0,17	0,00	0,11	0,92
	2a-Sıva	80	0-3,1	0,23	0,12	0,15	5,31
	2b-Kireçtaşı	80	3,1-11	0,10	0,01	0,02	4,47
	3a-Sıva	140	0-2,3	0,10	0,10	0,02	2,80
	3b-Kireçtaşı	140	2,3-9,5	0,06	0,01	0,01	0,36
74 İç Duvar	4a - Sıva	30	0-3,3	0,14	0,77	0,43	7,26
	4b - Kireçtaşı	30	3,3-9	0,46	0,19	1,56	11,68
	5a - Sıva	80	0-2,3	0,39	0,03	0,28	6,23
	5b - Kireçtaşı	80	2,3-12	0,11	0,00	0,07	1,04
	6a- Sıva	140	0-3,3	0,22	0,02	0,05	2,26
	6b - Kireçtaşı	140	3,3-12,7	0,08	0,01	0,02	1,12

Oda No	Numune No	Örneğin alındığı		Zararlı tuzlar			Higroskopik nem (%M)
		Yük.(cm)	Der.(cm)	Cl(%)	SO ₄ ⁻² (%)	NO ₃ ⁻ (%)	
74 Dış Duvar	7a - Sıva	30	0-4	0,16	0,55	0,19	5,62
	7b - Harç	30	4-12	0,11	0,59	0,08	5,22
	8a - Sıva	80	0-3	0,19	0,36	0,17	6,80
	8b - Kireçtaşı	80	3-12	0,06	0,01	0,02	0,22
	9a - Sıva	140	0-2,7	0,42	1,00	0,53	8,78
	9b - Kireçtaşı	140	2,7-8	0,08	0,01	0,03	0,25
89/1 Dış Duvar	10a - Sıva	30	0-4	0,60	0,69	0,73	10,48
	10b - Harç	30	4-10	0,09	0,00	0,02	3,50
	11a - Sıva	80	0-2,8	1,01	0,58	0,96	13,06
	11b - Kireçtaşı	80	2,8-8	0,13	0,01	0,11	1,13
	12a - Sıva	140	0-3,3	0,65	0,41	0,83	8,94
	12b - Kireçtaşı	140	3,3-12,5	0,09	0,00	0,08	1,96
89/1 İç Duvar	13a - Sıva	30	0-3	0,68	0,10	0,89	12,38
	13b - Harç	30	3-10	0,43	0,27	0,44	6,38
	14a - Sıva	80	0-3	0,20	0,01	0,07	2,87
	14b - Kireçtaşı	80	3-11,5	0,04	0,00	0,01	0,14
	15a - Sıva	140	0-3,2	0,12	0,16	0,03	1,86
	15b - Tuğla	140	3,2-11,5	0,05	0,00	0,01	0,71
88	16a - Sıva	30	0-4	0,06	0,42	0,04	4,57
	16b - Kireçtaşı+harç	30	4-9	0,11	0,01	0,05	4,00
	17a - Sıva	80	0-2,2	0,14	0,68	0,10	6,40
	17b - Kireçtaşı	80	2,2-10	0,04	0,01	0,01	0,21
	18a - Sıva	140	0-2,3	0,22	0,42	0,29	7,29
	18b - Kireçtaşı	140	2,3-8	0,05	0,00	0,04	0,60

3.3.1. Duvar Örneklerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Bodrum katından 6 ayrı örnek alınmış olup, ölçüm aksları I'den VI'ya kadar işaretlenmiştir. I, III, IV ve VI no.lu ölçüm aksları dış bölgede toprak ile temas eden duvarlardan, II ve V no.lu olanlar ise ara duvarlardan alınmıştır. Analizlerin sonucunda, tuzlanmanın her noktada farklı ancak toplamda çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Duvarlardaki ve zemindeki tuz dağılımı, hem higroskopik etkiyle hem de kapiler olarak yükselen zemin suyunun etkisiyle tuzların bulunduğunu göstermektedir. Örneğin, I no.lu ölçüm aksında, aks boyunca yükseklik arttıkça tuz oranı önemli miktarda azalırken; III no.lu ölçüm aksında, aks boyunca yükseklik arttıkça tuz oranının arttığı mekanlar da söz

konusudur. Her durumdaki tuz dağılımı, higroskopik tuzların varlığı ile açıklanabilir.

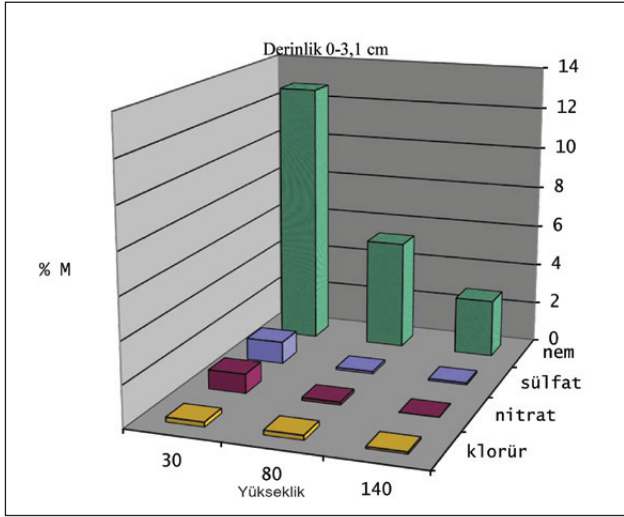
Duvar ve zemin örneklerinin alındığı Selamlık Bölümü'nde duvarlar, kesme taş-tuğla alması görülmüştür ve horasan sıvalıdır. Kesme taşlar yoğun olup, su emme değerleri nispeten düşüktür. Kapiler su emme ve tuz hareketleri, daha çok duvarın sıva ve derz bölümlerinde olmaktadır. Yapılan incelemelerde, sıva yüzeylerindeki çiçklenme hasarlarının, buharlaşmanın olduğu kısımlarda meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Sarayın kuzey cephesindeki odaların (86/3 ve 74 no.lu odalar) duvarlarından alınan örneklerde, genellikle sülfat ve nitrat tuzları, yüksekliğe bağlı olarak azalmaktadır. Genel olarak duvarlarda

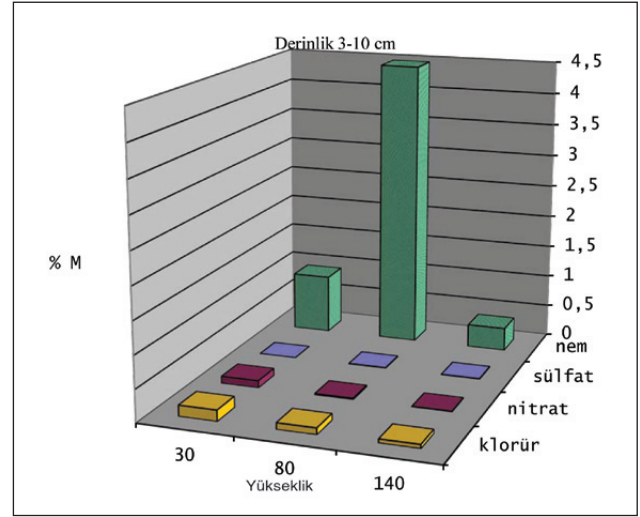
3-10cm derinlikten alınan örneklerde, nitrat ve klorür tuzları fazla, sülfat ise az miktardadır. Toplam suda çözünür tuz miktarlarının ise, tüm duvarlarda derinliğe bağlı olarak azaldığı görülmektedir.

Deniz cephesindeki 89/1 no.lu odanın dış duvarlarından alınan örneklerde, toplam suda çözünür tuz miktarı, diğer örneklerle kıyasla oldukça yüksektir. Bu odanın duvarlarında klorür ve nitrat tuzları, 30-80cm arasındaki yükseklikte maksimum seviyeye ulaşmaktadırlar. 89/1 no.lu odanın iç duvarı ile batı cephesindeki 88 no.lu odanın duvarlarındaki toplam tuz miktarı ise, en düşük seviyededir.

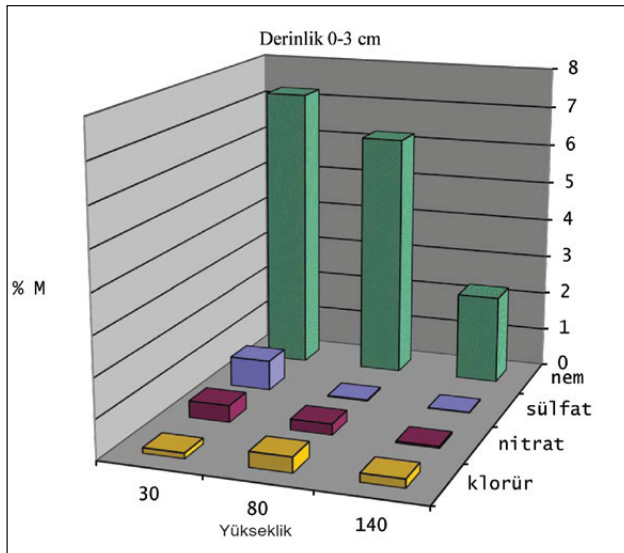
Higroskopik nem değeri ise genel olarak duvarlarda yüksekliğe bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3-14).



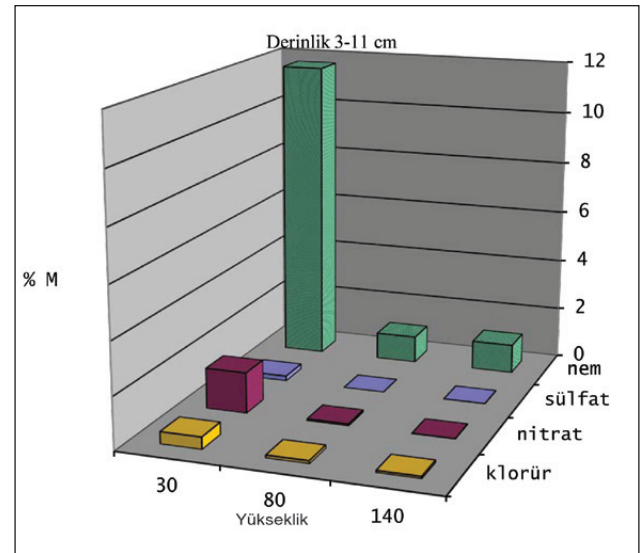
Şekil 3. 86/3 no.lu oda, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



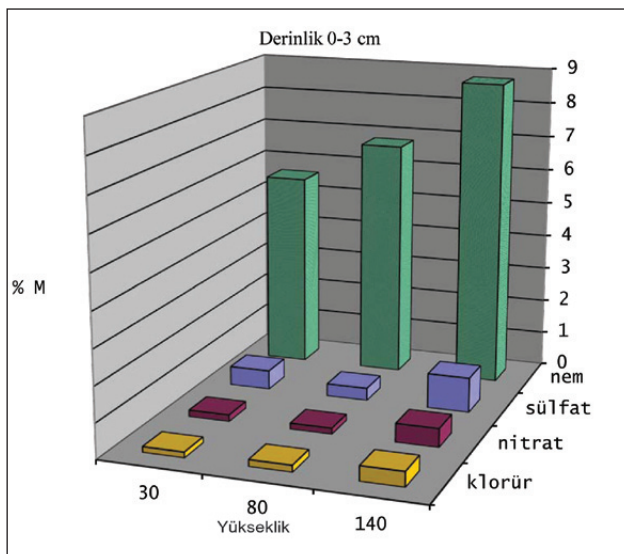
Şekil 4. 86/3 no.lu oda, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



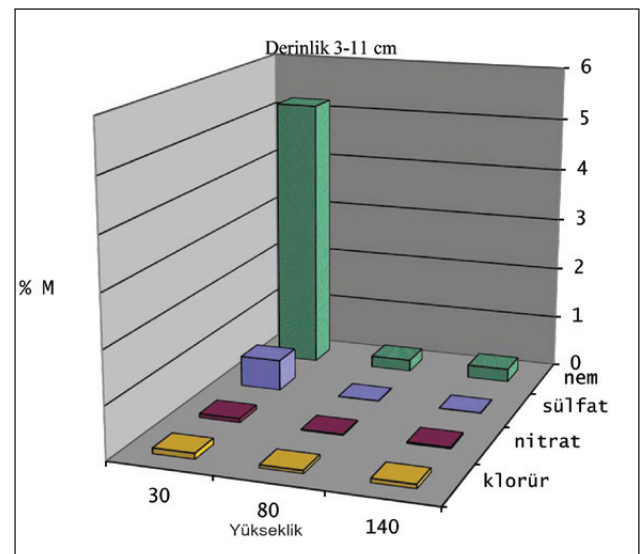
Şekil 5. 74 no.lu oda, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri (iç duvar)



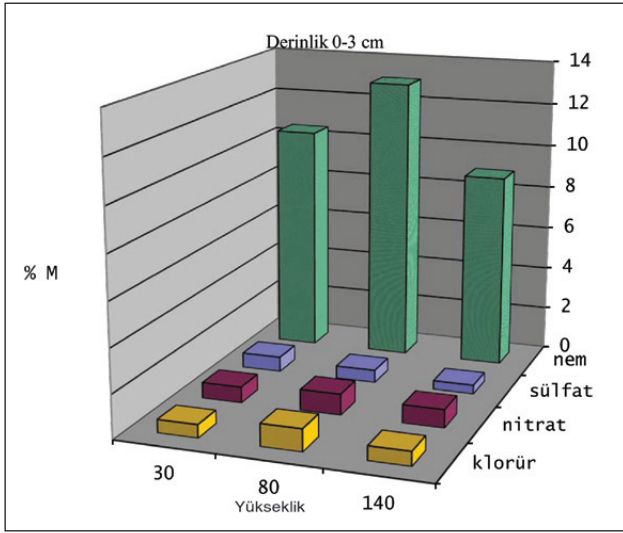
Şekil 6. 74 no.lu oda, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri (iç duvar)



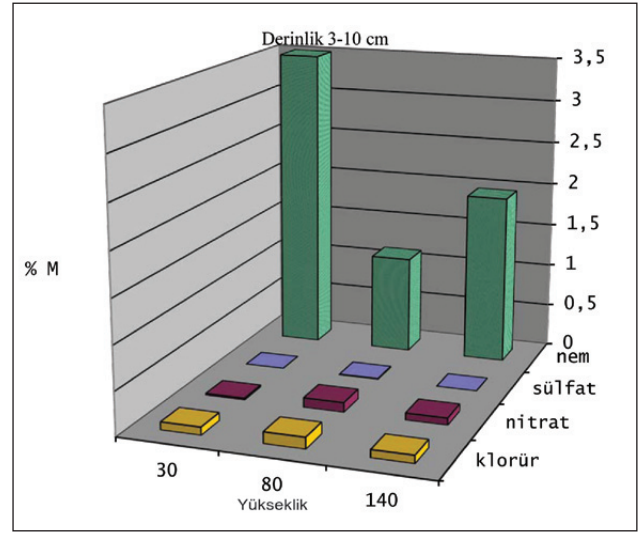
Şekil 7. 74 no.lu oda, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri (dış duvar)



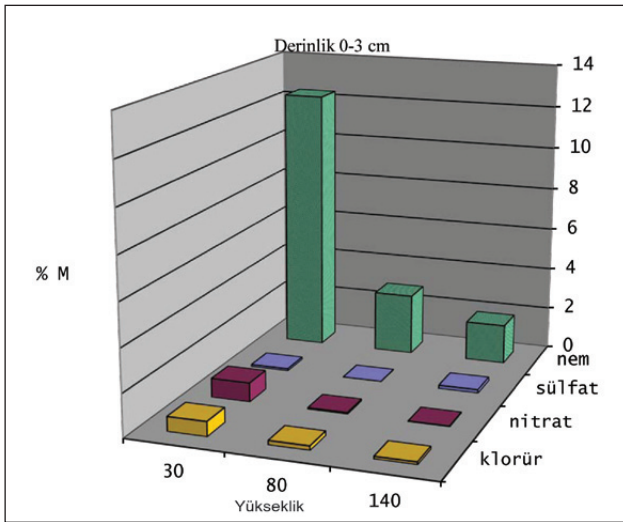
Şekil 8. 74 no.lu oda, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri (dış duvar)



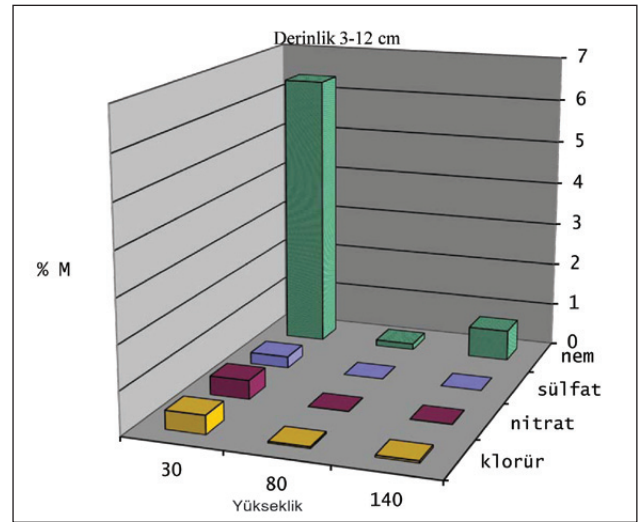
Şekil 9. 89/1 no.lu odanın deniz tarafındaki duvarı, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



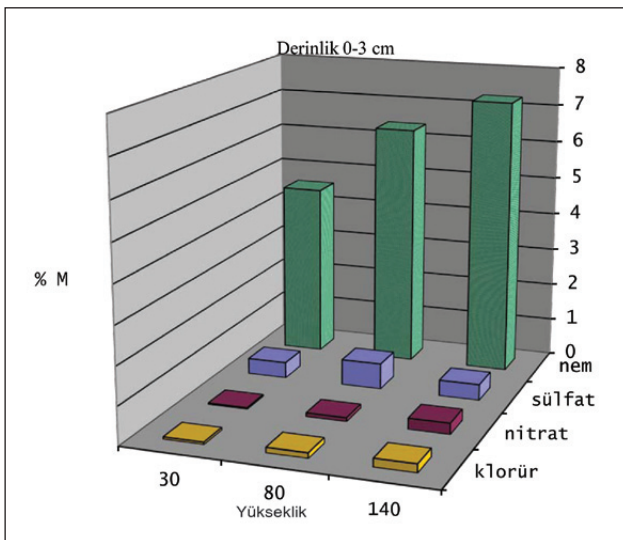
Şekil 10. 89/1 no.lu odanın deniz tarafındaki duvarı, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



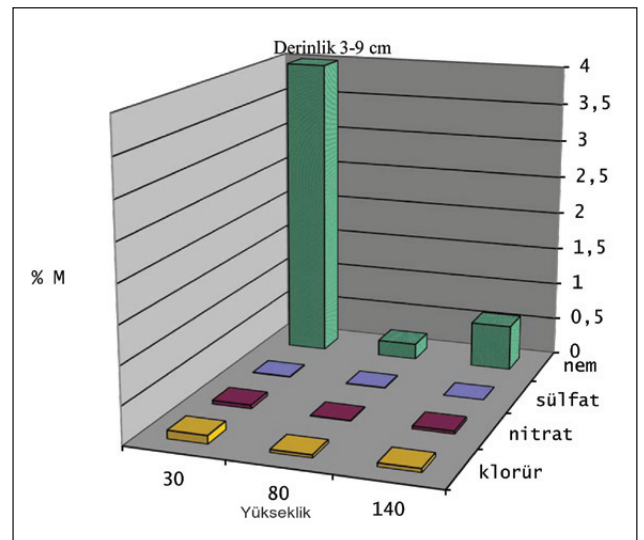
Şekil 11. 89/1 no.lu oda, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



Şekil 12. 89/1 no.lu oda, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



Şekil 13. 88 no.lu oda, sıva yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri



Şekil 14. 88 no.lu oda, taş yüzeylerinde tespit edilen tuz ve higroskopik nem yüzdeleri

3.4. Zemin Örneklerinin Tuz Analizleri

Tablo 7. Dolmabahçe Sarayı bodrum katı zemin numuneleri tuz ve nem analizleri

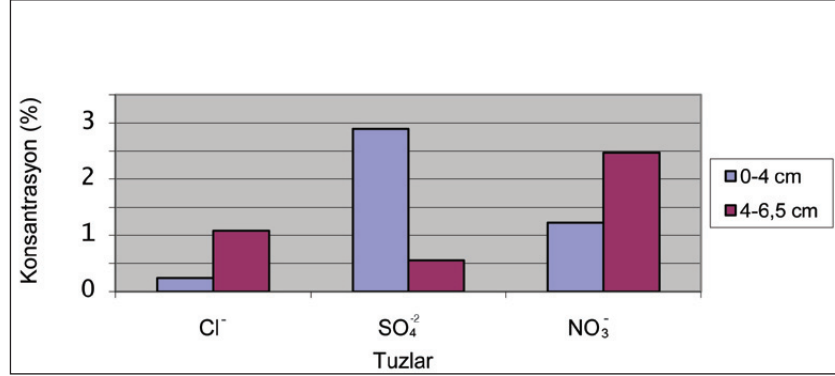
Oda No	Numune No	Numunenin alındığı derinlik (cm)	Zararlı tuzlar			Higroskopik nem (%M)
			Cl ⁻ (%)	SO ₄ ⁻² (%)	NO ₃ ⁻ (%)	
86/3	B1a -Malta taşı	0-4	0,24	2,90	1,22	10,88
	B1b-Horasan harcı	4-6,5	1,08	0,55	2,47	15,78
88	B2a-Malta taşı	0-4	0,11	0,46	0,15	12,41
	B2b-Kirectası-Malta taşı	4-6,5	0,17	0,08	0,37	6,36

3.4.1. Zemin Örneklerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

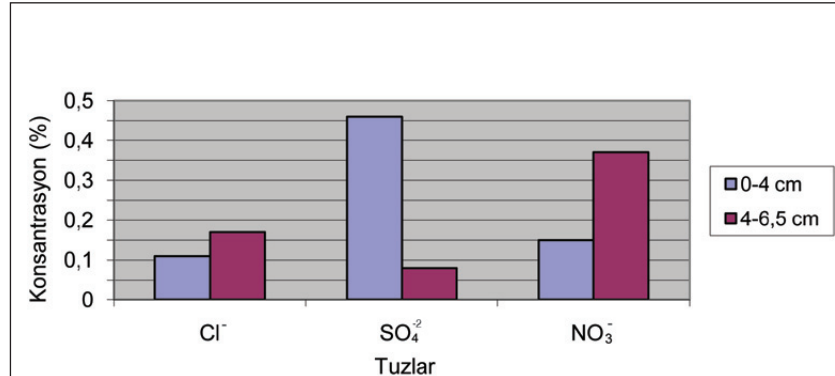
Bodrum kat döşemelerinde de oldukça yoğun oranda tuz bulunduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla, yalnızca 86/3 ile 88 no.lu odalardan zemin numunesi alınmış ve analiz sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Her iki odanın zemininde de, sülfat ve nitrat tuzları fazla; klorür tuzu daha azdır. Zeminden 4-6,5cm derinlikte ise, nitrat ve klorür tuzları yüksektir (Şekil 15,16).

Odaların zemininde bulunan Malta taşının su emme değeri oldukça yüksektir. Su, direkt olarak zeminden emilmekte, Malta taşı ile yüzeye taşınmakta ve taş yüzeyinde buharlaşmaktadır. Bu şekilde, yüzeye büyük oranda tuz taşınmaktadır. Analizlerin sonucunda, zemindeki tuz konsantrasyonunun, duvarlardaki tuz konsantrasyonuna göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 15. 86/3 no.lu odanın zemininden alınan örnekte tespit edilen tuzlar



Şekil 16. 88 no.lu odanın zemininden alınan örnekte tespit edilen tuzlar

4. Sonuçlar

Tarihi duvarlardaki gözeneklerin içinde suda çözünebilir tuzların birikimi, bu yüzeylerin bozulmasında en önemli etkenlerden biridir. Dolmabahçe Sarayı'ndaki nem dağılımına bakıldığında; en büyük problem, kapiler olarak yükselen deniz suyu ve zemin suyu içindeki tuzların taş, tuğla, harç ve sıvalarda birikmesiyle tuz içeriğinin artması ve ortamın sıcaklık ve bağıl neminde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak, bu tuzların yapı malzemelerinde yıkıcı tahribatlara neden olmasıdır. Yapının içinde ve dışında

bütün yıl süresince bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri yapılarak, mutlaka bağıl nem ve sıcaklık farklılıkları ve yapıdaki dağılımları belirlenmelidir. Bu çalışmada, mekanlarda yalnızca çalışma süresince bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri yapılabilmektedir. Duvar içlerinin nem içeriği ve yüzey sıcaklığı ölçümleri ise yapılamamıştır. Yapı malzemelerindeki nemlenmenin diğer bir nedeni de, duvar yüzeylerindeki yoğunlaşma olduğundan, etkisinin belirlenebilmesi için, odaların ve duvarların sıcaklıkları ile ilgili verilerin kaydedilmesi ve ortam

şartlarının uzun bir zaman aralığında takip edilmesi gereklidir.

Tuzlar; çözünebilirliklerine, sıcaklık ve bağıl neme bağlı olarak, duvarlarda buharlaşma zonlarında toplanmakta ve kristallenmektedirler. Yapılan görsel incelemelerde, duvarlarda buharlaşmanın olduğu kısımlarda yoğun tuz birikimi, yüzeylerde kabarma, toz halinde ufalanmalar ve parça kopmaları, ayrıca sıvalı yüzeylerde küf oluşumu şeklinde hasarlar belirlenmiştir.

Dolmabahçe Sarayı duvar örneklerinde yağın olarak bulunan

tahrip edici çözünebilir tuzlar; klorür (Cl^-), nitrat (NO_3^-) ve sülfat (SO_4^{2-}). Yapılan analizlerde, yüksek sülfat (SO_4^{2-}) konsantrasyonları, yüzeyden alınan (0-3cm derinlikten) örneklerde belirlenmiştir. Ayrıca sülfat (SO_4^{2-}) tuzları, nitrat (NO_3^-) ve klorür (Cl^-) tuzlarına kıyasla daha ziyade duvarların alt seviyelerinden alınan örneklerde yüksek miktardadır. Buna karşılık, klorür ve nitrat tuzları daha fazla çözünebilir olduklarından, duvarların daha üst kısımlarına yükselmişlerdir. Duvarlarda ve zeminde bulunan sülfat tuzları, deniz suyu, çimento ve hava kirliliği kaynaklıdır. Dolmabahçe Sarayı'nın deniz kenarında ve seviyesinde bulunması nedeniyle, örneklerde yüksek oranda klorür tuzuna rastlanmıştır. Özellikle kıyı bölgelerinin ortalama bağıl nemden daha yüksek bağıl neme sahip olmaları ve sodyum klorür (NaCl)'ün denge neminin %76 olması; söz konusu tuzun bu değer üzerinde ki bağıl nemde çözünüp, bu nemin altındaki değerlerde ise tekrar kristalleneceğini göstermektedir. Nitrat tuzlarının ise, büyük ölçüde canlı varlıkların atıkları ve gübrelere kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitratlar ve klorürler, higroskopik özellik gösteren tuzlar olduklarından, duvarlarda ıslanma-kuruma sürecinin uzamasına ve dolayısıyla duvarların daha uzun süre ıslak kalmasına neden olmaktadır.

Yapı malzemelerinin nemlenme-

si, zemin suyunun gözenekli yapı malzemesi içinde yükselmesi, yağmur, kar, vb. yağışlar ve havadaki nemin yoğunlaşması olmak üzere üç temel kaynağa dayanır. Değişken bağıl nem ve sıcaklık değerleri söz konusu olduğunda, ıslanma-kuruma döngüleri ve buna bağlı olarak da hasar artmaktadır. Bunun dışında, yapının nem ve drenaj problemlerinin çözülmesi de büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, zeminden yükselen nemin önlenmesi amacıyla, ilk olarak Dolmabahçe Sarayı A Blok'ta deniz tarafından drenaj çalışmalarına başlanmıştır. Projeye uygun olarak öncelikle, havalanmayı engelleyen, sonradan yapılmış olan ve duvar diplerinde yer alan taş tretuarlar sökül-müş; burada yapılan kazı çalışmalarıyla 170cm derinliğinde ve 120cm genişliğinde boşluklar oluşturulmuştur. Bu boşluklar, projeye uygun olarak, belirlenen malzemelerle doldurularak üzerine podima çakılı serilerek sıkıştırılmıştır. Drenaj çalışmaları, deniz cephesinden sonra, Harem Cariyeler Dairesi önü, Harem Bahçesi ve Selamlık Bölümü ile devam edilerek tamamlanmıştır (Akbulut, 2000; Resim 21).

Drenaj çalışmasının yanı sıra, bodrum katında bulunan odaların duvarlarında ve zemininde yerden yükselen neme karşı izolasyon çalışmaları başlatılmış olup, çalışmalar halen devam etmektedir. Zemin suyu ne kadar önlenirse de duvar yü-



Resim 21. Drenaj çalışması

zeylerinde bulunan higroskopik tuzlar nemlenmeye neden olacaklarından, bozulmalar devam edecektir. Bu nedenle, bazı mekanlarda, yoğun tuz içeren sıvalar belli bir yüksekliğe kadar kaldırılmıştır. Duvarlarda silikon bazlı kimyasal enjeksiyon ile nem geçirmez bir tabaka oluşturmak suretiyle, zeminden yükselen nemin engellenmesi amaçlanmıştır. Zeminde yapılan izolasyonların ve duvarlarda yapılan enjeksiyonların ardından, duvarlar; WTA normlarına göre hazırlanan iyileştirme sıvası ile sıvanmıştır² (Resim 22,23).

Geçtiğimiz yıllarda Sarayı'nın bodrum katında ısıtma sisteminin kurulmasıyla da, özellikle kış aylarında, ortalama bağıl nem değerlerinde ısıtma öncesi ile kıyaslandığında



Resim 22. Yoğun tuz içeren sıvaların belli bir yüksekliğe kadar kaldırılması



Resim 23. Duvarlarda ve zeminde yalıtım yapıldıktan sonra duvarların yeniden sıvanması

² Münih Yapı ve Tarihi Eser Koruma Çalışma Grubu'nun çıkardığı WTA (Merkblatt 2-2-91 Sanierputzsysteme) esaslarına göre hazırlanan iyileştirme sıvası, tarihi bina ve anıtların tuzdan zarar görmüş duvarlarında ve bodrumların iç duvar yüzeylerinde, temel kaba sıva ile kombine edilerek kullanılır.

%20-30 arasında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Çalışmaların sonrasında yapılan kontrollerde, bodrum katta duvar ve zemin izolasyonu yapılan odalarda nem ve tuzla ilgili bozulmalara rastlanmamıştır.

Tarihi yapı malzemelerinin ko-

runmasında; ancak malzemenin yapısı, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri, bozulmaya neden olan etkenler ve bozulma derecesi tam olarak ortaya konabilirse doğru ve yeterli bir koruma yöntemi seçilebilir. Suda çözünebilir tuzların yapı

malzemelerinde neden olduğu zararın önlenmesinde veya azaltılmasında, yapıdaki tuz türlerinin, dağılımının ve kaynaklarının tespit edilmesi, bunlara uygun konservasyon önerilerinin geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir.

REFERANSLAR

- 1- Akbulut, P., 2000, *Dolmabahçe Sarayı Belgeler- Araştırmalar- Uygulamalar- Haberler*, Sayı:1, TBMM Milli Saraylar Daire Başkanlığı Yayını, İstanbul.
- 2- Beşkonaklı, J., 2006, "Çevresel Koşulların Dolmabahçe Sarayı Üzerindeki Etkileri", *150. Yılında Dolmabahçe Sarayı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Kasım 2006, İstanbul, s.196-204.
- 3- Borelli, E., Umland, A., 1999, *Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials, Laboratory Handbook*, Volume 1, ICCROM, Rome.
- 4- Böke, H., 1999, "Mermerin Küktürt Dioksit ile Olan Bozulmasının Bazı Kimyasal Malzemeler ile Kontrolü", *1.Ulusal Taşınabilir Kültür Varlıkları Konservasyonu ve Restorasyonu Kollokyumu*, Ankara Üniversitesi Başkent Meslek Yüksek Okulu Restorasyon ve Konservasyon Programı, 6-7 Mayıs, Ankara, s.131-139.
- 5- Croci, G., 1998, *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*, Computational Mechanics Publications, Southampton, UK.
- 6- El-Gohary, M.A., 2009, "Evaluation of Chemical Effects on the Deterioration of Archaeological Limestone Affected by Salinity Water in Egypt, Part-1", *1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries ENSET Oran (Algeria)*, October 12-14.
- 7- Eren, M.E., 1998, *Dolmabahçe Sarayı Yapı Taşlarının Bozulma Nedenlerinin Saptanması ve Korunması Üzerine Bir Araştırma*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- 8- Erguvanlı, K., Gökhan, K., 1984, "Saraylarda Kullanılan Taşlar, Bilinmesi- Korunması- Yenilenmesi Hakkında Düşünceler", *TBMM Milli Saraylar Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Kasım, İstanbul, s.339-345.
- 9- Gülsün, H., 1995, *Dolmabahçe Sarayı*, TBMM Milli Saraylar Daire Başkanlığı Yayını, İstanbul.
- 10- Honeyborne, D.B., 1990, "Weathering and Decay of Masonry", *Conservation of Building and Decorative Stone*, Vol.1., (eds.: J. Ashurst, F.G. Dimes), Butterworth-Heinemann, Oxford, pp.153-178.
- 11- Saltık, E., 2009, "Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası Koruma Projesi Kapsamı: Anıtın Sorunlarının Teşhisi ve Koruma Uygulamalarını Belirleyecek Araştırmalar", *Kâğır Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri Bildiri Kitabı*, 28-29 Eylül 2009, İBB KU-DEB, İstanbul, s.34.
- 12- Torraca, G., 1982, *Porous Building Materials*, ICCROM, Rome.
- 13- *Wacker Sonuç Raporu*, 2000, İstanbul.
- 14- Weber, H., Zinsmeister, K., 1991, *Conservation of Natural Stone: Guidelines to consolidation, restoration and preservation*, Expert Verlag, Munich, pp.44-45.
- 15- Woolfitt, C., 2000, *Soluble Salts in Masonry*, The Building Conservation Directory, London.
- 16- Yıldırım, N., 2007, *Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 17- Yüzer, E., Gürdal, E., Görür, N., Vardar, M., Ersen, A., Suner, F., Güleç, A., Mahmutoğlu, Y., Eyüboğlu, R., Pehlivanoglu, C.R., Eriş, İ., 2000, *Dolmabahçe Sarayı Kullanılan Taşların Korunmuşluk Durumlarının ve Ayrışma Nedenlerinin Belirlenmesi Koruma ve Onarım Yöntemlerinin Saptanması Projesi Sonuç Raporu*, İTÜ Geliştirme Vakfı, İstanbul, s.97.