

## Konya ve Çevresindeki Selçuklu Dönemi Tarihi Yapılardaki Taş Malzemede Bozulmalar

Emine Yıldız Kuyrukçu | 0000-0002-5794-3507 | eykuyrukcu@ktun.edu.tr

Doç. Dr. | Konya Teknik Üniversitesi | Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Konya | Türkiye

ROR ID: <https://ror.org/02s82rs08>

Mustafa Yıldız | 0000-0002-3900-8371 | myildiz@ktun.edu.tr

Prof. Dr. | Konya Teknik Üniversitesi | Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Konya | Türkiye

ROR ID: <https://ror.org/02s82rs08>

### Öz

Geçmişten gelen, günümüze ve geleceğimize ışık tutan tarihi eserlerimiz maalesef birçok sebepten dolayı görünümünü, yapısını ve etkisini kaybetmektedir. Tarihi eserlerin bulunduğu çevrenin iklimsel özellikleri ve bulundukları ortam, onların bozulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Tarihi yapıların kullanım süreleri boyunca bakımları yapılmaz ise yapılarda hasarlar oluşabilmektedir. Yapıların bozulmasında nem ve ısı farkları önemli bir faktördür. Zeminden kapiler olarak duvar içinde yükselen su veya çatı bozulmalarından kaynaklı duvarlara ve döşemeye nüfuz eden su bünyesinde taşıdığı tuzlar vasıtası ile yapı malzemelerinin bozulmasına, buharlaşan su çiçeklenmelere neden olmakta, ayrıca kışın donan su yapı malzemelerinde çatlamalara, dökülmelere ve parça kopmalarına ve malzeme kayıplarına neden olabilmektedir. Ayrıca, tarihi yapıların inşasındaki yapı hataları, kullanılan malzemenin özelliği, dış ve iç etkenler kullanılan yapı malzemelerinin bozulmasına neden olurlar. Yapı malzemelerinin eskimleri süreç içinde yapının mimari özgünlüğünü kaybetmesine neden olmaktadır. Kapiler olarak yapı malzemesine nüfuz eden suyun bünyesinde taşıdığı tuzun boşluklarda birikerek kristalize olması, ayrıca boşluklardaki suyun donarak hacimce genişlemeye çalışması yapı malzemesinde iç mekanik gerilmelerin oluşmasına ve malzemede bozulmalara neden olmaktadır. Bunun dışında çok sayıda faktörün yapı malzemelerinin bozulmasında etkili olduğu bilinmektedir. Tarihi eserlerin bozulmasında etkili olan faktörlerin doğru belirlenmesi, eserin korunması ve alınacak önlemlerin belirlenmesinde önemlidir. Bu çalışmada Selçuklu dönemi yapılarında kullanılan taş malzemelerde kapilarite ve nemlenme etkisi ile yapı taşlarında donmaya ve tuza bağlı bozulmalar incelenmiştir.



## Anahtar Kelimeler

Kapilarite, Tarihi yapılar, Donma-çözülme, Tuz kristalizasyonu, Çiçeklenme

## Atıf Bilgisi

Yıldız, Mustafa - Emine Yıldız Kuyrukçu. “Konya ve Çevresindeki Selçuklu Dönemi Tarihi Yapılardaki Taş Malzemede Bozulmalar”. *Selçuklu Araştırmaları Dergisi*, 24 (Aralık 2025), 37-54. <https://doi.org/10.23897/usad.1766671>

Geliş Tarihi 17.08.2025

Kabul Tarihi 9.12.2025

Yayın Tarihi 31.12.2025

Değerlendirme İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme

\* Bu makale, Central Asian Studies IV Sempozyumu'nda sözlü olarak sunulan ancak tam metni yayımlanmayan “Konya ve Çevresindeki Selçuklu Dönemi Tarihi Yapılardaki Taş Malzemede Bozulmalar” adlı tebliğin içeriği geliştirilerek ve kısmen değiştirilerek üretilmiş hâlidir.

Etik Beyan

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

Benzerlik Taraması

Yapıldı – Turnitin

Etik Bildirim

[usad@selsuk.edu.tr](mailto:usad@selsuk.edu.tr)

Çıkar Çatışması

Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Finansman

Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.

Telif Hakkı & Lisans

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

## **Deteriorations in Stone Material in Konya and Surrounding Seljuk Period Historical Buildings**

Emine Yıldız Kuyrukçu | 0000-0002-5794-3507 | eykuyrukcu@ktun.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. | Konya Technical University | Faculty of Architecture and Design

Konya | Türkiye

ROR ID: <https://ror.org/02s82rs08>

Mustafa Yıldız | 0000-0002-3900-8371 | myildiz@ktun.edu.tr

Prof. Dr. | Konya Technical University | Faculty of Architecture and Design

Konya | Türkiye

ROR ID: <https://ror.org/02s82rs08>

### **Abstract**

Unfortunately, our historical artifacts, which shed light on our present and future, are deteriorating due to many reasons. The climatic conditions and environment surrounding these artifacts greatly impact their conditions. If historical structures are not properly maintained throughout their lifespan, they will sustain damage. Humidity and temperature fluctuations are key factors in their deterioration. Water rising capillary from the ground through walls or penetrating walls and floors due to roof deterioration cause damage to building materials by carrying salts. Evaporating water leads to efflorescence. Additionally, freezing water in winter can cause cracks, spalling, breaking of fragments, and loss of material in building components. Construction errors during the building of historic structures, the properties of the materials used, and external and internal factors all contribute to their decay. As building materials age, the structure gradually loses its architectural authenticity. Salt carried by water through capillary action accumulates and crystallizes in the voids within the building material. Additionally, when water freezes and expands inside these voids, it causes internal stresses that lead to deterioration of the material. Many factors are known to contribute to the degradation of building materials. Accurately identifying the factors affecting the deterioration of historic artifacts is essential for their preservation and for choosing suitable measures. This study investigates how capillarity and moisture impact stone materials used in Seljuk-era buildings, as well as frost and salt-related deterioration in

building stones.

## Keywords

Capillarity, Historical structures, Freezing-thawing, Salt crystallization, Efflorescence

## Citation

Yıldız, Mustafa – Yıldız Kuyrukçu, Emine. “Deteriorations in Stone Material in Konya and Surrounding Seljuk Period Historical Buildings”. *Journal of Seljuk Studies* 24 (December 2025), 37-54.

<https://doi.org/10.23897/usad.1766671>

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date of Submission    | 17.08.2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Date of Acceptance    | 9.12.2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Date of Publication   | 30.12.2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Peer-Review           | Double anonymized - Two External                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ethical Statement     | * This article is based on the paper titled “Deteriorations in Stone Material in Konya and Surrounding Seljuk Period Historical Buildings” which was presented orally at the Central Asian Studies IV Symposium but whose full text has not been published. It has been developed and partially modified. It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited. |
| Plagiarism Checks     | Yes - Turnitin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Conflicts of Interest | The author(s) has no conflict of interest to declare.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Complaints            | usad@selcuk.edu.tr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Grant Support         | The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Copyright & License   | Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the <b>CC BY-NC 4.0</b> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## Giriş

Tarihî yapılar iklim koşullarına bağlı olarak, yapıların taşıyıcı sistemini ve malzemelerin stabilitesini etkileyen nemden kaynaklı ciddi sorunlar yaşamaktadır. Yaşanan sorunların kaynağının doğru teşhisi, yapılacak çalışmalarının yöntemini belirlemede ve restorasyon çalışmaları için önemlidir. Tarihi yapılarda yapı malzemelerinde oluşan önemli bozulma nedenlerinden birisi kapilarite ve nemlenme sonucu malzeme içinde oluşan tuz ve buz kristalizasyonudur (Eroğlu ve Halaç, 2022).

Donma Eylemi atmosferik olayların önemli bir faktörü olarak bilinir ve donmaya bağlı bozulma, tuz ve ısı genleşmesine ilave olarak tarihi duvar taşlarının bozulmasında ana faktördür. Kış boyunca oluşan zararın çoğu birbirini izleyen donma çözülme çevrimlerinden kaynaklanır. Türkiye’de Orta Anadolu’da sayısız donma çözülme çevrimleri oluşur. Zarar mekanizmasının ön şartı yapı taşı içindeki boşlukta suyun bulunmasıdır. Bu ise kapiler olarak suyun duvar içinde yükselmesi veya yoğun yağmur ve akabinde havanın sıfırın altında soğuması ile oluşabilir.

Donmaya bağlı genişleme malzemenin özelliklerine (minerolojik bileşimi, poroz bağlantısı, transfer özelliklerine ve çekme direncine), suyun mevcudiyetine ve oranına ve donma yoğunluğu gibi iklimsel durumlara bağlı olacaktır. Kaya dokusu içindeki gerilme konsantrasyonunun ana mekanizması, suyun buza dönüşmesi ile hacim genişlemesinin tetiklenmesidir (Atmosferik durumda %9 hacim artışı). Bu gerçeğe dayanarak %70’den daha fazla su içeriğine sahip porozlu kayalar direkt donma zararına maruz kalabilir. Maksimum basınç -22 oC’de meydana gelir ve yaklaşık 200N/mm<sup>2</sup>’dir. Bu değer doğal yapı malzemelerinin çekme mukavemetinden daha yüksektir (Winkler, 1968). Kayalardaki bu bozulma genelde yüzeye yakın boşluklardaki buz kristalizasyonunun oluşturduğu hacim genişlemesinin taşın çekme mukavemetini aşmasından kaynaklanmaktadır.

Porozlu taşlarda tuz etkisinin bozuşmaya yol açtığı uzun zamandır bilinmektedir. Temel iyonik girişler dış etkilerce aktive edilir, bunlar temel olarak suyun kapiler olarak taşınması ve hava kirliliğidir. Tuza bağlı bozuşma ile ilgili olarak katyonlar Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> ve NH<sup>4+</sup>, anyonlar CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kritik öneme sahiptir. Bunlar genel tuzların çoğunu oluşturur. Yapılarda genelde yaklaşık 50 tip tuz görülür. Karakter olarak tuz tipleri farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Bunlardan en önemlisi NaSO<sub>4</sub>’dir. Sodyum Sülfat taş duvarları aşırı yıkıcı olarak etkileyen bir tuzdur (Doehne, 1994; Rodriguez-Navarro vd., 2000)

İklimsel durumlar tuz kristalizasyonunda kritik öneme sahiptir. Sıcaklık, bağıl nem ve akımı buharlaşma oranını belirler ve tuz çözeltisinin aşırı doygunluğu çekirdeklenme ve büyüme oranını artırır. Taşların özellikleri tuz bozulmasında temel öneme sahiptir. Boşluk hacminin özellikleri porozite, boşluk çap dağılımı, boşluk şekli ve boşluk bağlantısı gibi faktörler çözeltinin transferini ve kayanın davranışını kontrol eder. (Snethlage & Wendler, 1997; Fitzner & Snethlage, 1982). Porozlu malzemelerde tuz kristalizasyonunun nasıl olduğu ve zarar mekanizmalarının neler olduğu ile ilgili araştırmacılarca yapılan çalışmalar vardır. Düşük çekme gerilme oranına sahip kayaların tuz bozulmasına karşı daha düşük dayanıma sahip olduğu belirtilmiştir (Ruedrich vd., 2005).

## 1. Tarihi Yapılarda Neme Bağlı Hasarlar ve Nem Probleminin Kaynakları

Tarihi yapılarda nem probleminin temel kaynağı zeminden ve çatıdan kaynaklanan nem problemidir. Bilhassa zemin suyunun yüzeye yakın olduğu yerlerde, yapı temelleri ve duvarlara kapiler olarak etkiyen suyun donması yapı elamanlarında bozulmalara neden olur. Zeminden yükselen nem içerisinde çözünmüş olarak bulunan tuzlar, su yapı içerisinde yükselirken suyla birlikte yükselir ve buharlaşma ile kristalleşerek malzemenin gözeneklerinde birikirler (Kuzuimamlar, 1995).

Tarihi yapıların çatı kaplamaları genelde kurşun, bakır, kiremit, taş gibi malzemelerdir. Bozulmuş yağmur uzaklaştırma sistemleri, saçaklar, yanlış uygulanmış detaylar, çatı örtüsündeki bozukluklardan kaynaklı yapıya sızan sular gelen suyun miktarına bağlı olarak, kapiler olarak yapı malzemesi içinde dağılarak sıvada ve seramik kısımda dökülmelere, duvarlarda çiçeklenmelere sebep olur (Eroğlu ve Halaç, 2022).

Nem problemi, Yapısal bozulmalar için önemli bir faktördür. Kapiler olarak malzeme içerisine nüfuz eden suyun bünyesinde taşıdığı tuz ve donma çözülme evreleri yapı malzemesinde, aşınma, ufalanma, malzeme kaybı gibi etkilerle birlikte biyolojik (bitkisel) kökenli oluşumlara neden olurlar.

Su ve nem kaynaklı başlıca bozulma oluşumlarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

### 1.1. Yumuşama:

Su ile temas eden killi ve marnlı içeriğe sahip kaya zeminler, içerdikleri kil ve marn yüzdesine bağlı olarak yumuşama gösterirler ve mukavemetlerini kaybederler. Marn, kiltası vb. gibi killi kayaçlar ıslanma-kuruma sürecinde kaldıklarında; ıslandıklarında su alıp hacim artması, kuruduklarında ise büzülme sonucunda yapılarında zayıflama olur ve parçalanma eğilimi gösterirler. Bu tip kayaçlar çeşitli maksatlar için kullanıldıklarında, kullanıldıkları yapıda zamanla problemler oluşur.

### 1.2. Donma:

Donan suyun hacmi yaklaşık %9 kadar artar. Bilhassa kullanılan yapı malzemesi boşluklu (gözenekli) bir yapıda ise boşluklarda donan su malzemede iç mekanik gerilme oluşturarak donma-çözülme çevrimleri sonucunda malzemede çatlama ve dökülme şeklinde deformasyonlar oluşur. Don etkileri gece ve gündüz, yaz ve kış ısı farklarının yüksek olduğu iklim bölgelerinde daha fazla görülür. Bu tür yerlerde yeraltı suyu yüzeye yakın ise yapının sudan etkilenmemesi için yeraltı suyunun drene edilmesi gerekir.

### 1.3. Kimyasal Hasarlar:

Yeraltı suları kapiler olarak yükselirken bünyelerinde taşıdıkları kimyasallar ve mineraller yapı malzemesinin gözeneklerine taşınır. Taşınan bu kimyasallar tuz kristalizasyonu oluşumuna ve yapı malzemesinin bozulmasına sebep olurlar.

### 1.4. Aerosoller ve Etkileri:

Hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde havadaki kimyasal maddeler ve partiküller yağmur ve havanın nemi vasıtasıyla yapıya ulaşarak ve kapiler olarak malzeme gözeneklerinde dağılarak yapı malzemesinde bozulmalara ve kararmalara sebep olurlar (Eroğlu ve Halaç, 2022).

### 1.5. Tuzlar ve Etkileri:

Tarihi yapılarda yapı taşlarının bozulmasında en önemli faktörlerden birisi de kapiler olarak taşınan suyun içinde bulunan tuzlardır. Suyun buharlaşması sonucu malzeme gözeneklerindeki tuzlar kristalleşerek büyür ve malzemeye iç mekanik bir gerilme uygular ve malzemede çiçeklenme, kabuklanma, granüler dökülme gibi malzeme kaybına sebep olan bozulmalar meydana gelir. Bilhassa porozlu ve çekme mukavemeti düşük malzemelerde bu etki daha fazladır. Mermer, traverten ve kumtaşı gibi taş türlerinde görülen bozulmalar da değişkenlik gösterir. Tuza bağlı bozuşma ile ilgili olarak katyonlar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{NH}_4^+$ , anyonlar  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve  $\text{NO}_3^-$  kritik öneme sahiptir. Bunlar genel tuzların çoğunu oluşturur.

Malzemede bulunan su yüzeyde buharlaşırken bünyesindeki tuzlar kristalize olarak malzemenin gözeneklerinde ve yüzeyinde birikerek tuz kusmalarına neden olurlar. Su ve nem etkileriyle malzeme içerisine giren tuz kristallerinin, kuruma esnasında yüzeye çıkarak birikmesi olayına çiçeklenme denilmektedir (Erdem, 2016).

Çiçeklenme yapı malzemesinde renk değişimlerine ve yüzeyde oluşan kabuk ile taşın arasındaki bağlantının zayıflamasına neden olarak, mekanik gerilmenin de etkisiyle zaman içerisinde yüzey kayıplarının ortaya çıkmasına neden olur. Tuzlar duvarlarda aradaki derz dolgusunun zarar görmesine ve görselliğin bozulmasına neden olurlar (Öcal ve Dal, 2012).

#### 1.5.1 Renk Değişimi:

Çoğunlukla atmosferik etkiler sonucunda taşın kimyasal yapısında meydana gelen değişimlerdir. Atmosferdeki baca ve egzoz gazları yağmur suyu ile çözünerek yapı taşının yüzeyine ulaşır. Yapı taşının nemli olması yüzeye ulaşan kirliliğin taş içinde yayılımını hızlandırır. Renk değişiminin sebebi kimyasal, fiziksel ya da biyolojik olabilir. Karbonat yapı taşlar, özellikle kentsel çevrenin etkileriyle, sıklıkla kararmaya maruz kalırlar. Taşın yapısındaki değişimler ya da atmosferik etkilerle yüzeyde biriken maddelerle yeni bileşikler oluşturması sonucunda yüzeyde renk değişimi meydana gelebilir ya da oksitlenme gibi reaksiyonlar neticesinde orijinal renk kaybolabilir, bu durumlara kimyasal nedenli renk değişimleri denir. Yağmur ve rüzgâr gibi atmosferik yollarla taşınan maddelerin taş yüzeyinde birikmesi nedeniyle renk değişimi oluşabilir. Bu durum fiziksel renk değişimidir (Hasbay ve Hattap, 2017).

#### 1.5.2. Malzeme Kaybı:

Malzeme kaybı; taş malzemenin yüzeyinden çeşitli faktörler nedeniyle parça kopması, pul pul dökülme, tanecikler halinde dağılma veya malzemenin tamamen yok olması olarak tanımlanabilir. Malzemenin içerisine kapiler olarak giren su ve tuzların, atmosferdeki ısı değişimleri nedeniyle donma ya da buharlaşma süreçleri ile hacimlerinin genişlemesi kaynaklı oluşturdukları tahribat, zamanla yüzeyden parça kopmasına sebep olur. Ayrıca olarak asit yağmurları sebebiyle taş yüzeyinde oluşan zayıf erimeler granüler derecede malzeme ayrışmasına neden olur ve bu granüller erozyon ile malzemeden ayrılırlar. Uzun vadede tekrarlanan bu durum, malzeme kaybına sebep olan etkenlerden biri olarak sıralanabilir (Hasbay ve Hattap, 2017).

## 2. Sırçalı Medresedeki Nem Problemi, Taş Malzemedeki Bozulmalar

1242 yılında Selçuklu Emiri Bedreddin Muslih tarafından yaptırılan ve ismini çini süslemelerinden alan Sırçalı Medrese, plan düzeni, taş işçiliği ve tezyinat özellikleriyle Anadolu Selçuklu sanatının en gösterişli yapılarından biridir (Yıldız Kuyrukçu, 2020). Medrese uzun zamandır zeminden yükselen nem ve geçmişte üst örtü sisteminin tahrip olması sebebiyle yağmur sularında kaynaklı yapı elamanlarında ve çinilerde bozulma problemi ile karşı karşıya kalmıştır. Yapı geçmiş dönemde ve günümüzde aralarında bu sorunlardan dolayı çeşitli onarımlar geçirse de nemden kaynaklı problemler devam etmektedir. Yapının taş kapısında zeminden gelen nemden kaynaklanan bir bozulma görülmektedir. Taç kapıda zemin suyunun yükselmesi sonucunda donma- çözülme ve tuzlanma sonucu erimeler ve bozulmalar olmuştur. Geçmişte çatı kısmının göçmesinden dolayı yağmur suyu ve doğal tabiat şartları etkisiyle eyvanın tonozunda, duvarlardaki tuğlalarda ve çinilerde parçalar halinde kopmalar meydana gelmiştir.

### 2.1. Medresenin Taş Yapı Kısımlarında Görülen Bozulmalar

Medrese'nin taş kapısında zemin suyunun kapiler yükselmesi sebebiyle yaklaşık olarak 1.50 m. seviyesine kadar taşlar su emmiştir. Medresenin bütün duvarlarıyla beraber taş kapısında kullanılan "Kiçi Musna- Kiçi Muhsine" veya "Sille" taşı yumuşaklığı ve kolay su emme özelliğiyle çabuk tahrip olabilmektedir. Nem kaynaklı olarak taş kapıda renk değişimi, çiçeklenme ve yüzeylerde bozulmalar ve taş işlemlerinde kayıplar gözlenmiştir (Resim 1, 2).



**Foto 1:** Taç kapı mihrabiyelerinde ve taç kapıda nem kaynaklı renk değişimleri





**Foto 2:** Medresenin iç avlusu taş yapılarda görülen kararmalar

Medrese Taş kapısında nem kaynaklı tuzlanma, renk değişimi, çiçeklenme ve yüzeylerde kopmalar, taş işlemlerinde kayıplar gözlenmiştir (Resim 3).



**Foto 3:** Taş kapıda giriş kısmında gözlenen nem kaynaklı renk değişimi, çiçeklenme ve yüzeylerde kopmalar, taş işlemlerinde kayıplar

Taş işçiliğini çok iyi bilen Selçuklu devri mimarları ve ustalarının su veya rutubet emme özelliği fazla olan sille taşının özelliklerini bildikleri halde tarihi eserlerde kullanmalarını rutubeti önleyecek tedbirlere bağlanmaktadır. Bu tedbirlerden birisinin su kuyuları olduğunu ifade edilirken kapalı mekana sahip binalarda havalandırmanın önemli rol oynadığını, su kuyularının zemin suyunu toplamada ve binayı aşırı rutubetlendirmeden korumadaki fonksiyonunu gayet iyi bilen ustaların eserlerinin uygun bir yerine veya yanına açılan kuyularla bu problemi çözdüklerini belirtmişlerdir (Dinç, 1985).

### **3. İnce Minareli Medresedeki Nem Problemi ve Taş Malzemedeki Bozulmalar**

İnce Minareli Medrese 1258 yılında Selçuklu veziri Fahrettin Ali tarafından Darül-hadis Medresesi olarak yaptırılmıştır. Üstü kubbe örtülü orta avlu ve bir eyvandan oluşan medresede mescit ve minare de mevcuttur. Özellikle zarif taç kapısıyla dikkat çeken Medrese uzun zamandır zeminden yükselen nem problemi ile karşı karşıyadır. Yapı bu problemlerden dolayı onarımlar geçirse de nem probleminden kaynaklı, hem cephede bulunan taşlarda bozulmaların olduğu hem de eyvanın tonozunda ve ana kubbede bulunan tuğlaların ve seramiklerin parçalar halinde koptuğu görülmüştür.

#### **3.1. Medresenin Taç Yapı Kısımlarında Görülen Bozulmalar**

Medresenin Taç kapısı zemin suyunun duvarda kapiler olarak yükselmesi sebebiyle yaklaşık olarak 1.50 m. seviyesine kadar taşlar su emmiştir. Taç kapıda zemin suyunun yükselmesi sonucunda renk değişimleri (kararmalar), erimeler ve dökülmeler olmuştur (Resim 4-5-6). Geçmiş dönemde yol kotundan daha yüksekte olan Medresenin giriş kotu, günümüzde yol kotunun yükselmesi sebebiyle yol seviyesinin altında kalmıştır. Bu durum yüzeysel suların binaya ve kapiler olarak duvarlara nüfuz etmesine sebep olmuştur (Eroğlu ve Halaç, 2022).

Medresenin inşasında Sille taşı kullanılmıştır. Sille Taşı'ndan yapılmış Konya ve çevresinde çok sayıda tarihi yapı mevcuttur. Bu kayaç, porozitesine ve mineralojik yapısına bağlı olarak, yüksek oranda atmosfer şartlarında kılcal su emme kapasitelerine sahiptir (Saydan, 2015). Medresede zemin kaynaklı nem probleminin oluşmasında öncelikli sebeplerden birisi drenaj sisteminin olmayışı veya çalışmaması olarak görülmektedir. Yapının kuzey tarafında bulunan zeminin altında yer alan tonozlu odanın işlevi hakkında çeşitli fikirler ileri sürülmüştür. Bunlardan birisi bu odanın yapının drenaj sistemi olduğu yönünde görüşler mevcuttur. (Eroğlu ve Halaç, 2022).



**Foto 4:** Medresenin taç kapısında ve minare kaidesinde nem kaynaklı renk değişimi



**Foto 5:** Taç kapıda giriş kısmında ve minare kaidesinde gözlenen nem kaynaklı renk değişimi, çiçeklenme ve yüzeylerde kopmalar, taş işlemlerinde kayıplar



**Foto 6:** Medresenin dış duvarlarında nem kaynaklı renk değişimi

#### 4. Sultanhanı Kervansarayında Nem Problemi ve Taş Malzemedeki Bozulmalar

Sultanhanı kervansarayı Konya-Aksaray yolu üzerindedir. Kervansaray 1229 yılında askeri ve ticari yönden büyük önem taşıyan tarihi kervan yolunun emniyetini sağlamak için Anadolu Selçuklu hükümdarı I. Alaaddin Keykubad tarafından yaptırılmıştır. Sultanhanı Kervansarayı Selçuklular devrinin mimarlık ve taş işçiliğinin bir şaheseri olarak kabul edilir. Şimdiye kadar bilinen örneklerinin en büyüğü ve güzeli. Yaklaşık 5000 m<sup>2</sup>'lik bir



alana oturur. (Resim 7). Osmanlılar döneminde ise ipek yolu üzerinde olması nedeniyle Kervansaray önemini korumuştur.

Sultanhanı Kervansarayı Kesme Taş malzemeyle, yığma duvar tekniği ile inşa edilmiştir. Hanın inşasında genelde iki tür marn ve andezitik tüf kullanılmıştır. Jeolojik bakımdan marn,  $\text{CaCO}_3$ 'ün ve killi maddelerin aynı zamandaki çökelti sonucu oluşmuş bir tortul kayadır. Marn'ın bünyesinde %30-50 oranında kil bulunur. Marn kalkere göre daha yumuşak olması nedeniyle kolayca işlenebilir. Andezit ise tersiyer ve kuvaterner dönemlerindeki volkanik hareketlere bağlı olarak oluşmuş bir kayadır. Marn ve andezitik tüfler Aksaray ve çevresinde yapılan günümüze kadar gelmiş olan birçok Selçuklu eserinde ve diğer tarihi yapılarda kullanılmıştır (Yıldız vd., 2010).



**Foto 7:** Sultanhanı Kervansarayı

#### 4.1. Sultanhanı Kervansarayında Görülen Bozulmalar

Sultanhanı kervansarayında farklı kil içerikli iki tür marn kullanılmış olup, kil oranı fazla olan marn rutubet ve kapileriteden daha fazla etkilenerek bozuşmalar meydana gelmiştir (Yıldız vd., 2010), (Resim 8, 9).



**Foto 8:** Sultanhanı Kervansarayı duvarlarda yapı taşı olarak kullanılan Andezitik Tüfteki ve marn'da bozulmalar

Kervansaray düz bir arazide killi- siltli bir zemin üzerine oturmaktadır. Son yıllara kadar yer altı suyunun yüzeye yakın olduğu bilinmekte olup yapılan drenaj ile yer altı suyu düşürülmüştür. Kışın yüzeysel sular Kervansaray etrafında birikmiş kapiler olarak yükselen su Kervansarayın duvarlarını etkilemiştir.



**Foto 9:** Suyun kapiler olarak yükselmesi sonucu kervansaray duvarlarda oluşan bozulmalar

Yağmur sularının oluklardan çıkarken duvarla temas etmesi sonucu yaptıkları aşındırıcı etki de özellikle kolayca aşınan taşla yapılmış tarihi yapılarda önemli hasarlara yol açabilir. Sultanhanı kervansarayında oluklardan akan suyun ve bilhassa hanın kuzey cephesinde yağmur sularının kolayca aşınan taşları, donma-çözülme evresine bağlı olarak eritmesi açık bir şekilde görülmektedir (Resim 10).



**Foto 10:** Oluklardan gelen yağmur suyu etkisiyle oluşan bozulma

#### Sonuç

Tarihi eserlerin bozunma nedenlerinin kaynağının araştırılarak belirlenmesi, yapının korunması ve uygun restorasyon sisteminin seçimi için önemlidir. Tarihi yapılardaki yapı elamanlarının bozulmasında en büyük etkenin su ve nem sorunları olduğu görülmüştür. Yapılardaki taşlarda oluşan bozulmada, kullanılan taş malzemesinin kapiler su emme katsayısının yüksekliği, porozitesi ve kil içeriğinin fazlalığı önemli bir faktördür. Kayaçların porozitelerine ve mineralojik yapılarına bağlı olarak su emme kapasiteleri değişiklik gösterir. Konya ve çevresinde Sille Taşı'ndan yapılmış çok sayıda tarihi eser mevcuttur. Bölgede Sille Taşı olarak bilinen ve yapı malzemesi olarak en sık kullanılan karakteristik pembe renge sahip lav tüfünün porozitesi %7 ile %15 arasında değişme olup yüksek oranda kılcal su emme kapasitelerine sahiptirler. Bu yüksek porozite kayacın durabilitesini azaltmakta ve kayacı çevresel etkilere karşı daha dayanıksız hale getirmektedir. Bölgedeki tarihi yapılar incelendiğinde, bu taşlarla yapılmış yapılarda görülen en büyük bozunmaların donma-çözülme etkisiyle oluştuğunu söylenebilir (Saydan, 2015).

Taş işçiliğini çok iyi bilen Selçuklu devri mimarları ve ustalarının su veya rutubet emme özelliği fazla olan sille taşının özelliklerini bildikleri halde tarihi eserlerde kullanmalarını

rutubeti önleyecek tedbirlere bağlanmaktadır. Bu tedbirlerden birisi de su kuyularıdır. Yüzey sularının tahribatını önlemek için su seviyesini daha derine çekmek amacıyla Medrese Binalarının yakınına veya altına rutubeti emmek için eskiden su kuyularının açıldığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Dinç, 1985). Kışın sert geçtiği iklim bölgelerindeki tarihî yapıları gece-gündüz ve yaz-kış sıcaklık farklarının daha büyük olması sebebi ile ılıman iklimdeki yapılara oranla donma olayından daha fazla etkiler. Zemin suyunun yüzeye yakın olduğu bölgelerde suyun drene edilerek temellerin ve duvarların kapiler olarak yükselen suyun oluşturacağı don etkisinden korunması gerekir (Gönül, 2000).

Tarihi yapılarda çatı örtüsündeki bozukluklardan kaynaklı yapıya sızan sular gelen suyun miktarına bağlı olarak yapıda çeşitli bozulmalara sebep olur. Bu yönde tedbirlerin alınması gerekmektedir.

### **Extended Summary**

Unfortunately, our historical artifacts, which shed light on our past, present, and future, are losing their appearance, structure, and impact for many reasons. The climate and environment in which they are located play a significant role in their deterioration. Historical buildings naturally degrade over time because of nature, and without regular maintenance, serious damage occurs. Materials that expand during the extreme heat of summer are exposed to freezing temperatures in winter; these temperature differences and freeze-thaw cycles cause fatigue and wear in the materials. Water movement within walls through capillarity also damages building materials. Moisture rising from the ground saturates load-bearing systems. Additionally, the evaporation of salts on wall surfaces can cause efflorescence, deterioration of the wall's physical and chemical structure, and material loss. Construction errors, the characteristics of the materials used, and external and internal factors further contribute to the deterioration of the building materials. Over time, the aging of these materials gradually leads to a loss of the building's architectural authenticity.

Salt and ice crystallization, which occur due to capillarity and moisture, cause fundamental physical damage to natural stone structures. The damage during this process can be observed through the buildup of stress within the rock during crystallization. Freezing is known as a significant factor in atmospheric conditions, and frost-induced deterioration is the primary factor in the deterioration of historic masonry. Much of the damage occurring during winter is caused by alternating freeze-thaw cycles. A prerequisite for the damage mechanism is the presence of water within the voids within the building stone. This can occur through capillary rise of water within the wall or through wetting of the masonry stones by heavy rain and subsequent subzero cooling. Frost-induced expansion depends on the material's properties (mineralogical composition, porous bonding, transfer properties, and tensile strength), the presence and rate of water, and climatic conditions such as freezing density.

Salts are another factor that contributes to the deterioration of building stones. Salt-induced damage largely occurs due to phase transitions. Salts within stone structures have two primary negative effects. Salts attract water and moisture, leaving the structure wet,

and crystallize because of evaporation, causing physical deterioration due to mechanical stress. Salts, either inherent in the stone itself or accumulated as a result of contact with water, cause various deteriorations in the stone material, such as efflorescence, encrustation, and spalling, through physical and chemical interactions. Salts affecting building stones cause a deterioration process that begins with granular disintegration and flaking, and progresses to swelling and fragmentation, leading to material loss. This salt-related deterioration can lead to serious cultural losses.

Efflorescence deterioration is observed in materials exposed to intense salt exposure. While the damage caused by efflorescence on the material's surface is generally not severe, it is a prominent deterioration that causes a color change. However, the effects of subsurface efflorescence are much more serious due to the mechanical stress it creates. It also weakens the bond between the surface crust and the stone, leading to surface loss over time due to mechanical stress. Color changes are often caused by changes in the stone's chemical structure as a result of atmospheric influences. Water and its harmful substances are a significant factor in the decomposition of natural stones due to environmental pollution. Chemical substances, particularly those found in chimney and exhaust gases released into the atmosphere, dissolve in rainwater, which then reaches the surface and structure of natural stone, affecting the stone. Furthermore, this effect is accelerated by the presence of any moisture within the stone.

Research has shown that numerous parameters play a role in weathering caused by natural conditions. To take precautions against deterioration, it is first necessary to determine the root cause. Accurately and early understanding the factors that cause deterioration of a historical artifact and the structural problems is a crucial step in determining the necessary conservation methods to extend its life. This study examines the effects of capillarity and moisture in stone materials used in Seljuk-era buildings, as well as the deterioration of building stones due to freezing and salt.

| Makaledeki Yazar Katkılarının Yüzde ile Gösterilmesi<br>(Showing Author Contributions in the Article as Percent)                                                          |                                                                                                        |                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                           | 1. Sorumlu Yazar<br>(Responsible Author)                                                               | 2. Katkı Sunan Yazar (Contributer Author) |
| Çalışmanın Tasarlanması: (Conceiving the Study)                                                                                                                           | %60                                                                                                    | %40                                       |
| Veri Toplanması:(Data Collection)                                                                                                                                         | %60                                                                                                    | %40                                       |
| Veri Analizi:(Data Analysis)                                                                                                                                              | %60                                                                                                    | %40                                       |
| Makalenin Yazımı:(Writingup)                                                                                                                                              | %60                                                                                                    | %40                                       |
| Makale Gönderimi ve Revizyonu:(Submission and Revision)                                                                                                                   | %60                                                                                                    | %40                                       |
| Çıkar Çatışması: (Competing Interests)                                                                                                                                    | Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.<br>The authors declare that they have no competing |                                           |
| * Not(e): Belgenin imzalı asıl nüshası dergi süreç dosyalarında mevcuttur.<br>(The signed original copy of the document is vailable in the journal process files archive) |                                                                                                        |                                           |

## Kaynakça

- Dinç, İ. (1985). Su kuyularının esrarı. *Müze, Müzeler Haftası Özel Sayı: 4*, 27-32. Konya: Kültür ve Turizm Bakanlığı Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü Konya Müze Müdürlüğü.
- Doehne, E. (1994). In situ dynamics of sodium sulfate hydration and dehydration in stone pores: observations at high magnification using the environmental scanning electron microscope. In: Fassina, V., Ott, H. & Zezza, F. (Eds). *The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin* (pp. 143-150). Venice.
- Erdem, H.O. (2016). *Koruma ve Onarım Uygulamaları Öncesinde Tarihi Taş Yapılarda Bozulmaların Teşhisi: Phrygia Hierapolis'inden Bir Örnek* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Eroğlu, Ü. & Halaç, H. H. (2022). İnce Minareli Medresedeki Nem Problemi ve Çözüm Önerileri. *Vakıflar Dergisi*, 57, 157-176.
- Fitzner, B. & Snethlage, R. (1982). Einfluß der Porenradienverteilung auf das Verwitterungsverhalten ausgewählter Sandsteine. *Bautenschutz und Bausanierung*, 3, 97-103.
- Gönül, İ. A. (2000). *Yapılarda Zeminden Kaynaklanan Nemlenmeyi Önleme Yöntemlerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Hasbay, U. & S. Hattap, S. (2017). Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 5 (1), 23-45.
- Kuzuimamlar, D. (1995). *Kâgir Yapılarda Nem Problemlerinin Teşhis ve Çözümü* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <https://polen.itu.edu.tr/>
- Öcal, A. D. ve Dal M., (2012). *Doğal Taşlardaki Bozunmalar*. Bogota/Kırklareli: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Rodriguez-Navarro, C., Doehne, E. & Sebastian, E. (2000). How does sodium sulfate crystallize? Implications for the decay and testing of building materials. *Cement and Concrete Research*, 16(3), 947-954.
- Ruedrich, J., Kirchner, D., Seidel, M. & Siegesmund, S. (2005). Deterioration of natural building stones induced by salt and ice crystallisation in the pore space as well as hygric expansion processes. *Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft*, 156(1), 59-73.
- Saydan, M. (2015). *Konya Bölgesindeki Tarihi Yapılarda Sıklıkla Kullanılan Sille Taşının Bazı Mekanik, Minerolojik, Jeokimyasal ve Puzolanik Özelliklerin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Snethlage, R. & Wendler, E. (1997). Moisture cycles and sandstone degradation. In: Baer, N.S. & Snethlage, R. (Eds). *Saving our architectural heritage: The conservation of historic stone structures* (pp 7-24). Chichester: Elsevier.
- Winkler, E. M. (1968). Frost damage to stone and concrete: geological considerations. *Engineering Geology*, 2(5), 315-323.
- Yıldız Kuyrukçu, E. (2020). Anadolu Selçuklu Medreselerinin Yapısal ve Mekânsal Özellik Bağlamında Değerlendirilmesi: Konya Sırçalı Medrese Örneği. *Online Journal of Art and Design*, 8 (1), 1-19.
- Yıldız, M., Yıldız, E. & Soğancı, A.S. (2010). Deteriorations on Historical Buildings Due to Capillarity-Aksaray Sultanhanı Caravansary Model (Turkey). *Conference on the Water Observation and Information Systems for Decision Support* (pp. 1-10). Ohrid, Macedonia.