



Anıtsal Taş Yapılarda Bozunmalar: Hatay-Antakya Alvan Su Kemerleri Örneği

Ayşe DOLAR^{1*}

Murat DAL²

Erol ATAY³

^{1,3}Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Biyolog, Hatay, Türkiye

²Munzur Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Tasarımı Bölümü, Tunceli, Türkiye

Geliş Tarihi: 03.06.2025

Kabul Tarihi: 10.07.2025

Basım Tarihi: 31.07.2025

Atf yapmak için: Dolar, A., Dal, M., & Atay, E. (2025). Anıtsal Taş Yapılarda Bozunmalar: Hatay-Antakya Alvan Su Kemerleri Örneği. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(4), 478-484. <https://doi.org/10.35229/jaes.1713421>

How to cite: Dolar, A., Dal, M., & Atay, E. (2025). Deterioration in Monumental Stone Structures: The Case of Hatay-Antakya Alvan Aqueducts. *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(4), 478-484. <https://doi.org/10.35229/jaes.1713421>

*<https://orcid.org/0000-0002-5933-9442>
<https://orcid.org/0000-0001-5330-1868>
<https://orcid.org/0000-0002-5274-1025>

***Sorumlu yazar:**

Ayşe DOLAR
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen
Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Biyolog, Hatay, Türkiye
✉: aysemulla@hotmail.com

Öz: Günümüzde var olan su kemerleri, modern teknolojinin su sorununu çözmeye yönelik yenilikçi yaklaşımlarının bir sonucu olarak, bu su yapılarının işlevlerini yitirmesi ve zamanla birçok faktöre (doğal, çevresel ve insan kaynaklı) maruz kalarak yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Çalışma, Alvan Su Kemerleri'nin doğal taşlarında meydana gelen bozunma türlerini ve bozunmalara sebep olan etkileri belirlemeyi ve yapıyı korumanın önemine dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada Hatay ili Antakya ilçesinde yer alan Alvan Su Kemerleri'ni tehdit eden fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmalar yerinde fotoğraflanarak incelenmiştir. Bugün, Asi nehrine en yakın olan ve koruma altına alınmamış olan Alvan Su Kemerleri, yüksek seviyedeki dış etkiler nedeniyle farklı bozunma türlerine maruz kalmış, anıtsal en belirgin bozunma türlerinin özellikle sıcak-kuru iklimde sıklıkla gözlenen petekgözlülük, çatlak, derz boşalması ve malzeme kaybı gibi fiziksel bozunmalara rastlanmıştır. Kimyasal bozunmalardan renk değişimi ve kararma ile biyolojik etkilerin sebep olduğu hayvan yuvaları ve bitki oluşumu olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada tespit edilen bozunmaların yanı sıra, rüzgâr, nem, hava kirliliği ve yetersiz bakım gibi bozunmaya katkıda bulunan unsurlar da diğer bulgular arasında yer almaktadır. Yapının mevcut durumu ile 3 yıl öncesindeki fotoğraflarda kaydedilenler arasında yapılan karşılaştırmada, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremi sonrasında ağır hasar alan Hatay ilinde bu yapının tamamen yıkıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alvan su kemerleri, bozunma, Hatay, naura.

Deterioration in Monumental Stone Structures: The Case of Hatay-Antakya Alvan Aqueducts

***Corresponding author's:**

Ayşe DOLAR
Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of
Arts and Sciences, Department of Biology,
Biologist, Hatay, Türkiye
✉: aysemulla@hotmail.com

Abstract: As a result of the innovative approaches of modern technology to solve the water problem, the aqueducts that exist today are in danger of losing their function and becoming extinct over time by being exposed to many factors (natural, environmental and man-made). The study aims to determine the types of deterioration and the effects that cause the deterioration of the natural stones of the Alvan aqueduct and to draw attention to the importance of protecting the structure. In the study, the physical, chemical and biological degradation threatening the Alvan aqueduct in Antakya district of Hatay province was photographed and examined on site. Today, the Alvan aqueduct, which is closest to the Asi river and is not protected, has been subjected to different types of deterioration due to the high level of external influences, and the most prominent types of deterioration in the monument were found to be physical deterioration such as honeycombing, cracks, grouting and loss of material, which are frequently observed especially in hot-dry climates. Chemical degradation such as discolouration and darkening and biological impacts such as animal nests and plant formation were identified. In addition to the deterioration detected in the study, other factors contributing to deterioration such as wind, humidity, air pollution and inadequate maintenance are among the other findings. A comparison between the current condition of the building and the ones recorded in the photographs taken 3 years ago revealed that this building was completely destroyed in Hatay province, which was heavily damaged after the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquake.

Key words: Alvan aqueduct, deterioration, Hatay, naura.

GİRİŞ

Şehirlerin çoğu tarih boyunca nehir yatakları üzerine kurulmuştur. Su, insan yaşamında her zaman büyük bir rol oynamıştır; yerleşik hayata geçişte ve tarımın ortaya çıkışında bir önemli faktör olmuştur. Kentlerde su teminini sağlamak sanat eseri niteliğindeki su kemerlerinin

varlığı ile değer kazanmıştır (Ocak, 2009). Su kemerleri, Akdeniz ülkelerindeki en eski su mimarisi tipolojilerinden biridir. Teknolojisi yüzyıllar boyunca süregelen ve 20. yüzyıldaki gelişmelere rağmen birçok yerde kentin su ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmıştır (De Miranda, 2004).

Tarih boyunca inşa edilen çeşitli mimari yapılar içerisinde doğal taş, sürekli değişim sürecinin birincil bileşenidir (Kar vd., 2024). Taş, tarihi yapılarda kullanılan en dayanıklı malzeme olmasına rağmen, yine de birçok nedenden dolayı zamanla bozunmakta ve parçalanmakta, bu da koruma çabalarını gerekli kılmaktadır (Korkanç, 2020). Tarihi yapılarda kullanılan taşların durumu olumsuz koşullarda yapının yok olmasına neden olabilecek birçok hususu da beraberinde getirmektedir (Küçükaya, 2004; Korkanç, 2013).

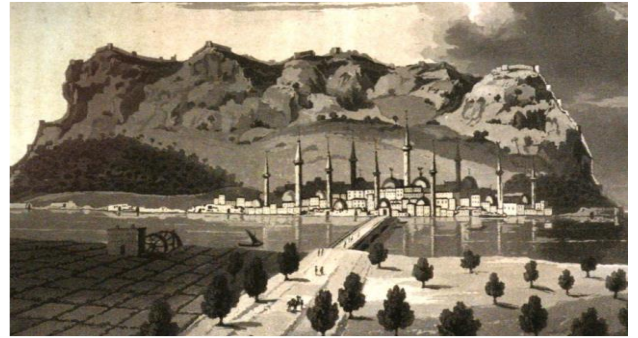
Tarihi yapılar, uygarlık tarihi boyunca insanlar tarafından çeşitli nedenlerle inşa edilmiş olan kültürel mirasımızın en önemli bileşenleridir. Bu yapılar, tür olarak ortak mirasımızın bir parçası olarak korunmalı ve gelecek nesillere aktarılmalıdır. Bu yapılar, dönemin sosyal, kültürel ve ekonomik yapısının yanı sıra estetik, teknik ve mimari değerlerini de yansıtarak yaşam biçiminin bir kaydı niteliğindedir. Kent kültürleri, tarihi kent dokusunu oluşturan binalar tarafından şekillendirilir. Kireçtaşının yüzyıllardır kullanılan en yaygın yapı malzemelerinden biri olmasının nedeni, kolay bulunabilmesi ve üzerinde çalışılabilmesidir (Yıldırım, 2007).

Tarihi yapılarda yapı malzemesi olarak kullanılan doğal taşların korunması; tarihi alanların ve binaların korunması ve sürdürülebilirliği, o kentin kimliğinin korunmasına ve gelişmesine yardımcı olur (Ağan & Değirmenci, 2021; Kar vd., 2024). Çalışma alanı olarak seçilen Hatay Antakya Alvan Su Kemerinin mimarlık tarihimiz ve kültürümüzde önemli bir yeri olan anıt eserlerdendir. İlk olarak Romalılar tarafından yaklaşık olarak M.Ö. 600 ila 700 yılları arasında icat edilmiştir (Yannopoulos vd., 2015). Orta Çağ boyunca Arap medeniyetlerinin genişlemesi, nauraların İslam dünyasında geniş çapta yayılmasına ve aşamalı olarak değiştirilmesine katkıda bulunmuştur (Heider vd., 2022).

Su kemerleri hayvanların, insanların veya suyun gücüyle suyu yükselten makineler olmak üzere üç farklı türü bulunmaktadır. Üçüncü tip, nehrin gücünü kullanarak suyu yükselten ve nehrin sağladığı büyük güç nedeniyle tarlaları sulamak veya daha büyük yapılara su sağlamak için kullanılan "hidrolik naura"dır. Bu, Suriye'de Oronte nehri üzerinde yaygın olan tipolojidir, ancak teknolojisi değişmeyen Irak, İspanya, Fas, Portekiz gibi Akdeniz havzasının diğer bölgelerinde bugün hala kullanılmaktadır (De Miranda, 2004).

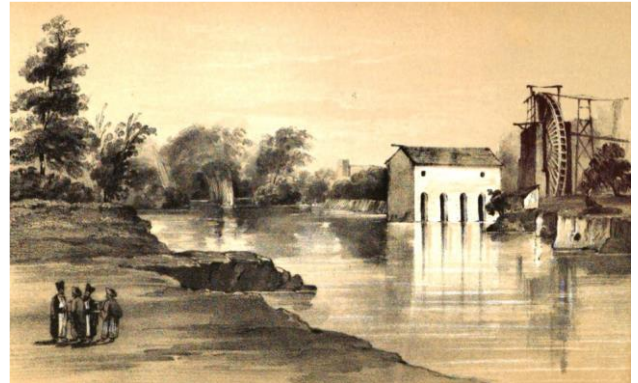
Alvân Su Kemerinin günümüzde Hatay İli Antakya ilçesine bağlı Haraparası Mahallesi'nde Asi Nehri'ne dik konumda bulunmakta ve yaklaşık yapının sadece 55 m kadarı günümüze ulaşmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan Alvân Su Kemerinin, 1950-1970 yılları arasında bir proje kapsamında Asi yatağını ıslah etmek amacıyla nehir ile yapı arasına bir yol inşa edilmiştir. Ayrıca daraltılıp derinleştirilen nehir yatağından oldukça yüksekte ve

yaklaşık 25 m uzaklıktadır (Özbay, 2012). Binaların inşasında kullanılan malzemeler ve inşaat tekniklerinden net tarihsel çıkarımlar yapılamaz. T. Modland'ın 18. yüzyıl Antakya gravüründe, R. Cockburn'un 1850'den önceki Antakya gravüründe ve 20. yüzyılın başlarından bazı fotoğraflardan referans alınarak tarihsel bilgiler açısından fikir vermiştir (Şekil 1-3). Geçmişte çok sayıda Anadolu uygarlığı depremler yaşamıştır. Bölgenin birinci derece deprem bölgesinde olması ve geçmişte büyük depremlerle yıkılmış olması göz önüne alındığında, su kemerinin 20. yüzyılın ortalarına kadar birçok onarım ve tadilat geçirdiği düşünülmektedir (Tekin, 2004; Özbay, 2012).



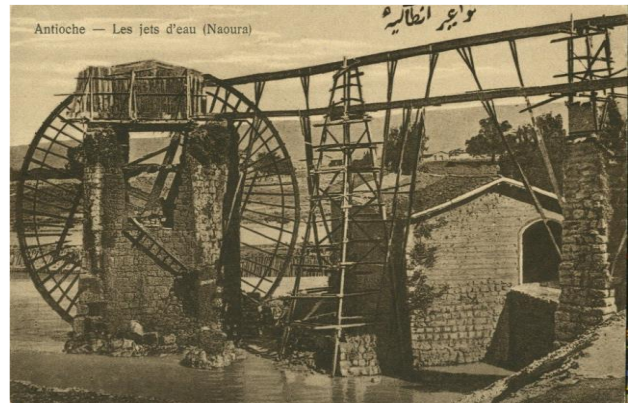
Şekil 1. 18. yy.'da T. Modland'ın Naura ile sulanan tarla ve bahçelerin görüldüğü bir gravürü (Özbay, 2012).

Figure 1. 18th century engraving by T. Modland showing fields and gardens irrigated with Naura.



Şekil 2. 19. yy.'da R. Cockburn'un gravüründe Asi Nehri üzerindeki naura ve değirmen binası (Özbay, 2012).

Figure 2. 19th century engraving by R. Cockburn of the naura and mill building on the Asi River.



Şekil 3. 20. yy.'ın başlarında Asi Nehrinde, değirmen eşliğindeki naura (Özbay, 2012).

Figure 3. Early 20th century naura on the Asi River, accompanied by a water mill.

Günümüzde, nehre en yakın olan ve koruma altına alınmamış olan kısım, öncelikle yüksek seviyedeki dış etkiler nedeniyle farklı bozunma türlerine maruz kalmaktadır. Nehirden gelen suyu yüksek kasabalara ve tarlalara taşımak için inşa edilen Naura devasa anıtsal bir su dolabıdır. Ahşap bir tekerlek ve duvar bileşenleri bir araya gelerek görsel olarak hoş ve kullanışlı bir bütün oluşturur. Bu etkilere bağlı olarak don hasarı, tuz kristalizasyonu, bileşik ve kabuk oluşumu, çözünme ve sızma, erozyon, şişme, dökülme, çatlama ve biyolojik bozunma gibi bozunmalar meydana gelmektedir (Unković vd., 2023).

Taşların bozunması, malzeme yapısı ve çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak çalışmada bahsedilen bozunma faktörlerinden bir veya birkaçının bir araya gelmesiyle oluşur. Bozunmayı başlatan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler birbirini destekleyerek ilerler ve malzemenin ayrışmasına neden olur. Bozunmaya neden olan faktörler Tablo 1'de sınıflandırılmıştır (Dal & Öcal, 2013).

Tablo 1. Bozunma Türleri (Dal & Öcal, 2013).
Table 1. Types of Degradation (Dal & Öcal, 2013).

Fiziksel Bozunma	Kimyasal Bozunma	Biyolojik Bozunma
Çatlak - Kırık Oluşumu	Siyah Tabaka Oluşumu	Yosunlaşma
Petekgözlülük	Tuzlanma (Çiçeklenme)	Bakteri oluşumu
Aşınma (Erozyon)	Pullanma	Kara yosun oluşumu
Derz boşalması	Renk değişimi	Mantar oluşumu
Parça kopması	Kabuklanma	Liken oluşumu
Antropojenik Kaynaklı Kesik ve Çizikler	Korozyon ve Pas Lekesi	Bitki oluşumu
Malzeme kaybı	Tozlaşma	Hayvanlar

MATERYAL VE METOT

Araştırma alanı Hatay ili Antakya ilçesi Haraparası mahallesi sınırlarındadır. Çalışmanın ana materyalini Alvan Su Kemerli'nin tarihi taş yapısındaki bozunmalar oluşturmıştır. Bu çalışmada, taş bozunmalarına dikkat çekmek için gözlem analiz sentez yöntemi (Fitzner, 2004) kullanılmıştır. Meydana gelen bozunmalar öncelikle görsel analizler ile belirlendikten sonra resimlerle desteklenmiştir. Fotoğraflama çalışmaları için, Canon EOS 6D fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Yapıdaki bozunmalar daha önce yayınlanmış literatür ışığında belirlenmiş ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Her bir bozunma türü belirtilen kategorilerde alt başlıklar halinde sınıflandırılmış ve yerinde gözlem yapılarak fotoğraflanan örneklerle açıklanmıştır.

BULGULAR

Taş yapılar, doğal süreçlerinin bir parçası olarak çeşitli etkenler sonucunda hasar görürler. Bu hasarlar yer seçimi, zemin özellikleri, taşıyıcı sistem tasarım hataları, kötü işçilik, hatalı malzeme seçimi, doğal afetler, uzun süreli doğal etkenler ve çeşitli antropojenik etkenler sonucunda meydana gelir. Yapı malzemeleri zaman ve

çevresel faktörler karşısında dayanımlarını kaybederek fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmalara uğrarlar. Bu bozunmalar yapının bütünlüğüne zarar vererek kalıcı hasarlara yol açabilir. Doğru koruma ve onarım tekniklerinin uygulanabilmesi için hasara neden olan faktörlerin belirlenmesi ve ayrışma türlerinin sınıflandırılması önemlidir (Kara, 2009; Hatir vd., 2020). Antakya'nın Haraparası Mahallesi'nde Asi Nehri kıyısında bulunan su kemeri kalıntıları incelenmiş ve yapıda kullanılan kireç taşının yüzeylerinde gözlenen bozunmalar tespit edilmiş ve elde edilen bulgular başlıklar altında detaylı olarak sunulmuştur. Alvan Su Kemerli'nde meydana gelen fiziksel (petekgözlülük, derz boşalması) kimyasal (Renk değişimi ve kararma) ve biyolojik (bitki oluşumu, hayvan yuvaları) bozunmalar Şekil 4-10'da gösterilmiştir.

Alvan Su Kemerli'nde gözlenen fiziksel bozunmalar: Fiziksel bozunma, taşları oluşturan minerallerin yapısında herhangi bir değişiklik olmadan, taşların bağlarının zayıflaması ve parçalanmasıdır. Doğal taşlardaki fizikomekanik bozulma, sıcaklık değişimleri, nem, tuz kristalleşmesi ve rüzgârla ilgili faktörlerden kaynaklanır (Öcal & Dal, 2012).

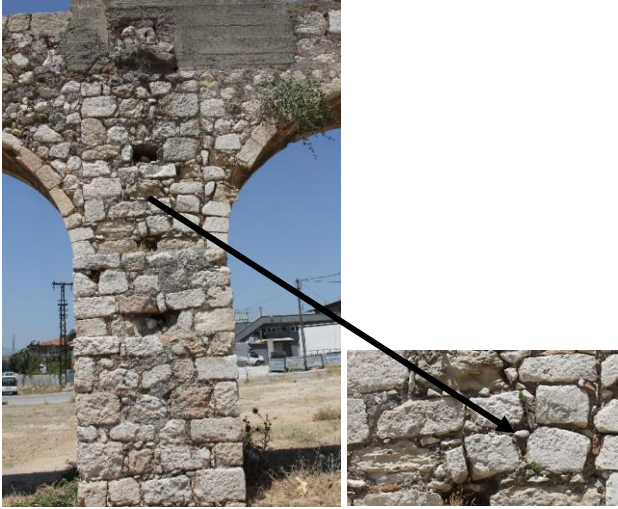
Petekgözlülük (Alveolleşme): Özellikle kuru iklimlerde atmosferik koşullar ve erozyona bağlı olarak homojen olmayan taş türlerinde görülen, petek veya deniz süngeri görünümünde çukurlarla seyreden bir bozunma türüdür. Çukurlar, taş yüzeyinde birbirine bağlı formlarda görülür ve bozunmanın ilerlemesine bağlı olarak birkaç cm veya 1 metre boyutlarındadır. Alveolleşmenin neden olduğu yüzey kaybı taşın kesitinin azalmasına neden olur. Ayrıca bozulmaya maruz kalacak alanın artmasına neden olduğu için diğer bozunma türlerinin de önünü açmaktadır. Alvan Su Kemerli'nde alveolleşme şeklinde görülen bozunma, kuru iklim ve erozyona bağlı olarak farklı boyutlarda ve cephelere yayılmış şekilde görülmektedir (Şekil 4) (Çetin, 2014; Ergin vd., 2022).



Şekil 4. Alvan Su Kemerli'nde görülen petekgözlülük.
Figure 4. Honeycombing in the Alvan aqueduct.

Derz Boşalması: Duvarı oluşturan taşlar yerleştirilirken kullanılan harç, taşın kendi yapısına göre aşınmaya karşı daha az dayanıklı olduğu için zamanla, özellikle yağış sonucu zayıflayıp çözülebilir ve taşlardan

ayrılabilir. Bu durum, taşlar arasındaki derzlerde çeşitli derinlik ve boyutlarda boşluklar oluşturarak zemin ve tavan yüzeylerinin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Harç aşınması diğer bozunma türlerini hızlandırmakta ve taşlarda parça ve mukavemet kaybına neden olmaktadır (Şekil 5) (Hasbay & Hattap, 2017).



Şekil 5. Alvan Su Kemerli'nde görülen derz boşalması
Figure 5. Joint failure in the Alvan aqueduct

Çatlak: Mekanik dış etkilerin uyguladığı kuvvetin, taşı oluşturan minerallerin molekülleri arasındaki bağı veya taş parçacıklarını belirli bir doğrusal veya doğrusal olmayan çizgi boyunca bir arada tutan doğal çimentoyu kırarak taşın iki farklı katman oluşturmaya neden olduğu bir olgudur (Şekil 6).



Şekil 6. Alvan Su Kemerli'nde görülen çatlaklar
Figure 6. Cracks in the Alvan aqueduct

Alvan Su Kemerli'nde gözlenen kimyasal bozunmalar: Taş anıtlarda gözlenen kimyasal bozunmalar, nem düzeyi ve sıcaklığın etkisiyle çözelti, oksidasyon ve hidroliz olayları sonucunda kayaçların kimyasal yapısında meydana gelen çözünme ve ayrışma gibi değişimlerdir (Öcal & Dal, 2012; Çetin, 2014). Sıcaklık ve yağış gibi dış etkenlerin yanı sıra, karbonlu aerosol emisyonları ile fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan kükürt ve azot oksitler gibi atmosferik kirletici konsantrasyonları, özellikle kentsel alanlardaki taş anıtlar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Basu vd., 2020; Çetin, 2014).

Renk değişimi: Taşların yapısının bir parçası olan farklı minerallerin oksitlenmesi ve parçalanması, mikroorganizmaların taşların içinde kolonileşmesi ve taşın orijinal renginin kademeli olarak çeşitli renklere dönüşmesi şeklinde kendini gösterir. Taşlarda görülen renk bozulması sınıflandırması, renk bozulması/ağartma, renk atması, lekelenme ve nemli bölgeler gibi bozulma biçimlerini içerir (Şekil 7) (Vergès-Belmin, 2008).



Şekil 7. Alvan Su Kemerli'nde görülen renk değişimi.
Figure 7. Discolouration of the Alvan aqueduct.

Kararma: Hava kirliliği de dahil olmak üzere atmosferik partiküllerin kalsiyum karbonat esaslı taşların yapısındaki kalsiyum karbonatı (CaCO_3) çözerek tekrar kalsiyum karbonat (CaCO_3) veya alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dönüştürmesiyle koyu gri-siyah kabuklaşma şeklinde ortaya çıkar (Şekil 8).



Şekil 8. Alvan Su Kemerli'nde görülen kararma.
Figure 8. Blackening of the Alvan aqueduct.

Alvan Su Kemerli'nde gözlenen biyolojik bozunmalar: Biyolojik bozunma, çeşitli biyolojik organizmaların ve bitkilerin taş yüzeylere yerleşmesi ve atmosferik etkenler sonucu büyümesiyle ayrılmaya neden olur (Gürel, 2023). Taşın biyolojik faaliyetler nedeniyle bozulması, bitkiler ve bakteriler, siyanobakteriler, algler, mantarlar ve likenler gibi mikroorganizmalar tarafından tek başına veya birlikte kolonize edilmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Taş yüzeyinde veya içinde yuva yapan hayvanlar gibi diğer organizmaların etkileri de biyolojik kolonizasyon olarak kabul edilir (Vergès-Belmin, 2008).

Bitki oluşumu: Bakımsız ve yıpranmış anıtların duvarlarına rüzgar nedeniyle taşınan toprak ve toz, bitki tohumlarının çimlenmesi için ortamı uygun hale getirir. Hayvanlar ya da rüzgârla taşınan bitki diasporları, anıtın duvarlarında çimlenip büyüyerek mikroklimatik bir ortam oluşturur. Bu durumda bitkiler yapıyı hem fiziksel hem de kimyasal olarak çürütür. Bitki köklerinin taş yapı malzemesi içinde büyümesi, oluşturdukları fiziksel basınç nedeniyle çatlaklara neden olur ve yapı su ve kimyasal çözeltilerin sızmasına açık hale gelir (Şekil 9) (Ergin vd., 2022).



Şekil 9. Alvan Su Kemerî'nde görülen bitki oluşumu.
Figure 9. Plant growth in the Alvan aqueduct.

Hayvanlar: Hayvanlar taşları delerek, oyarak ve kazarak mekanik ve fiziksel zarar verirler ve dışkıları, kalıntıları ve salınan asitler kimyasal ayrışma faktörlerine katkıda bulunur. Taşların yüzeyleri, yarıkları ve oyukları karıncalar, sinekler, örümcekler, arılar, keneler ve böcekler gibi canlılara ev sahipliği yapar. Bunlar arasında, atıkları taşların yüzeylerinde biriktiren ve boşluklar oluşturarak ve yiyecek için taşların yüzeyinden malzeme çıkararak yavaş yavaş kayıplara neden olan sinekler de bulunmaktadır (Şekil 10) (Caneva vd., 1991).



Şekil 10. Alvan Su Kemerî'nde görülen hayvan yuvaları.
Figure 10. Nests of animals seen in the Alvan aqueduct.

Bulgular, su kemerinin büyük bir değirmen kompleksinin parçası olduğunu ve günümüze ulaşmayan bir yapı biçimi olan naura olduğunu göstermiştir (Özbay, 2012). Yapılan inceleme ve araştırmalara göre, Antakya'nın Haraparası mahallesinde Asi Nehri kıyısında

bulunan Alvan Su Kemerî kalıntıları, günümüze ulaşamayan naura tipi bir yapının parçası olup 6 Şubat Kahramanmaraş depremiyle son kalıntıları da tamamen yıkılmıştır. Bu tarihi yapının günümüze kadar olan kısmı Şekil 11'de 2022 yılına ait görselle gösterilmiş ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremiyle tamamen yıkılmış olan yapının görseli Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Alvan Su Kemerî kalıntısı (2022).
Figure 11. Remains of the Alvan aqueduct.



Şekil 12. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depreminde yıkılmış Alvan Su Kemerî kalıntıları.
Figure 12. 6 February 2023 Remains of the Alvan aqueduct destroyed in the Kahramanmaraş earthquake.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya kültür mirasında önemli bir yere sahip olan taş mimari eserler çeşitli etkenlerle zarar görmekte ve zamanla yok olmaktadır. Yapıların korunması kültürel sürekliliğin sağlanması açısından önemlidir (Gürel, 2023).

Bir araştırmada, Ricote Vadisi'ndeki nauraların %88'inin şu anda kullanılmadığını ve uzmanlar tarafından belirtilen bozunmanın en önemli nedenlerinden birinin yeni teknolojilerin, özellikle de motorlu pompaların kullanılmaya başlanması olduğunu göstermiştir. Genel olarak, motorlu pompalar (dizel veya elektrikli pompalar) kolayca satın alınabilir, daha ucuz, daha kullanışlı, kolay taşınabilir ve farklı sahalara kolayca adapte edilebilirken, yüksek çaplı su çarkları gereksinimler, inşaat ve bakım açısından daha karmaşıktır. Bununla birlikte, nauraların yenilenmesi, yakıt veya elektrik kullanmadan sulama (emisyon azaltımı), kültürel mirasın değerlendirilmesi ve sosyal çekicilik gibi önemli sosyal, ekolojik ve ekonomik hizmetler sağlamaktadır (Heider vd., 2022). Nauralar ve su değirmenlerinin yüksek kültürel ve tarihi değeri düşünüldüğünde nauraların potansiyellerini keşfetmek, sadece geçmişi daha iyi anlamak için değil, aynı zamanda dünya çapında tarım, turizm ve kırsal toplulukların geleceği için yenilikçi sürdürülebilir stratejiler tanımlamak için de temel görünmektedir (Quaranta & Revelli, 2018).

Hatay ili Antakya ilçesinde yer alan Alvân su kemerinin bozunmasına neden olan en önemli faktör; tarımsal faaliyetlerin yer değiştirmesine yol açan kentleşme ve altyapıların genişlemesi, öyle ki eskiden tarım terasları olan yerlerde bulunan nauralar artık orijinal bağlamlarından kopmuştur. Ayrıca, su kemeri enkazı üzerinde geçmiş depremlerin izleri bulunmaktadır. Bu su kemeri enkazlarının geçmiş depremler nedeniyle yıkıldığı ve hasar gördüğü düşünülmektedir. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremi öncesinde yapılan çalışmada Alvan Su Kemerinin, yüksek seviyedeki dış etkiler nedeniyle farklı bozunma türlerine maruz kaldığı, yapıdaki en belirgin bozunma türlerinin özellikle sıcak-kuru iklimde sıklıkla gözlenen petekgözlülük, çatlak, derz boşalması ve malzeme kaybı gibi fiziksel bozunmalara uğradığı, kimyasal bozunmalardan renk değişimi ve kararma ile biyolojik etkilerin sebep olduğu hayvan yuvaları ve bitki oluşumu olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilecek projelerin sınırları içerisinde, uygun özelliklerde, güçlendirme ve sürekli bakımla, ayrıca korunaklı, düzenli bir çevre planı projesi çerçevesinde, kapsamlı hasar tespitlerinin yapılması, fiziki ve görsel güvenlik önlemlerinin alınması, bu kültürel varlıkların daha iyi koşullarda korunması ve gelecek nesillere aktarılması yolunda atılacak doğru ilk adımlar olacaktır. Günümüz koşullarında su kemerlerini orijinal rollerinde kullanmak mümkün olmadığından, konservatif bir anlayışla geliştirilecek yöntemlerle geleceğe taşınması gerekmektedir. Akdeniz bölgesinde, gelecekteki ısınmanın küresel ısınma oranlarını %25 oranında aşması, aşırı yaz sıcaklıkları ve yağışların azalması beklenmektedir. Aynı zamanda, Akdeniz tarımı artan sulama ve enerji kullanımı ile yoğunlaşmakta ve bu bağlamda su kaynakları, biyoçeşitlilik, iklim ve peyzaj işleyişi üzerinde istenmeyen etkiler yaratmaktadır (Heider vd., 2022). Taşta meydana gelen birçok hasar türünü anlamak, taş mimari anıtlar için en iyi koruma ve restorasyon yöntemlerini belirlemek için gereklidir.

Sonuç olarak, tarihi ve kültürel bir miras olarak günümüze ulaşan taş eserler, atmosferik etkilere açık oldukları sürece doğal taş yapı malzemelerinde meydana gelen bozunmaların olumsuz etkileriyle karşı karşıya kalmaktadır. Atmosferik etkilerin yanı sıra insan eylemlerinin sonuçlarından da etkilenen yapılar için, yapı malzemelerinin teknik özelliklerine ve bozunma türüne göre seçilen uygun uygulamaların doğru zamanda yapılması yıkımı kaçınılmaz kılmaktadır. Önleyici ve onarıcı adımlar için yapının kaybına yol açacak hasarların önceden tespit edilmesi büyük önem taşır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP)

TÜRKİYE tarafından "21.D.027" numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Mevcut çalışmanın geliştirilmesine katkıda bulunan BAP'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ağan, A., & Değirmenci, F.N. (2021).** Balıkesir kent dokusundaki tarihi yapılarda görülen bozulmalar ve yapıların koruma sorunları. *Online Journal of Art and Design*, 9(3), 35-45.
- Basu, S., Orr, S. A., & Aktas, Y.D. (2020).** A Geological Perspective on Climate Change and Building Stone Deterioration in London: Implications for Urban Stone-Built Heritage Research and Management. *Atmosphere*, 11(8), 788,1-29. <https://doi.org/10.3390/atmos11080788>
- Caneva, G., Nugari, M. P., & Salvadori, O. (1991).** *Biology in the Conservation of Works of Art*. Giulia Caneva, Maria Pia Nugari, Ornella Salvadori and ICCROM - International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property Via di San Michele 13 1-00153, Rome RM, Ital. Roma, Printed in Italy, 182p.
- Çetin, C., (2014).** *Taş Malzeme Bilgisi ve Bozulmaları Ders Notu*. Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, Ankara, Türkiye, 1-12ss.
- Dal M., & Öcal A., (2013).** Limestone in Islamic Religious Architecture: Istanbul and Turkish Thrace. *METU JFA*, 30(1) 29-44, DOI: [10.4305/METU.JFA.2013.1.2](https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2013.1.2)
- De Miranda, A. (2004).** Aesthetic tradition and ancient technology: a case study of the water-wheel. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Design and Nature II, Edited By: M.W. Collins, London South Bank University, UK and C.A. Brebbia, Wessex Institute of Technology, UK. WIT Press, www.witpress.com, ISBN 1-85312-721-3. Vol. 73. 105-114p. DOI: [10.2495/DN040111](https://doi.org/10.2495/DN040111)
- Ergin, Ş., Gökdemir, B., Yardımlı, S., & Dal, M. (2022).** Deterioration on the Stone Surfaces of the Diyarbakır Nebi Mosque. *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 27, 1-32.
- Gürel, Ş. S., & Dereli, M. (2023).** Damage Types and Repair Techniques in Seljuk Period Stone Architectural Monuments: Konya Alaaddin Mosque. *Selçuklu Medeniyeti Araştırmaları Dergisi*, 8, 1-21.
- Fitzner, B. (2004).** *Documentation and Evaluation of Stone Damage on Monuments*. In Kwiatkowski, D. & Löfvendahl, R. (ed.): *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, 27 June-2 July 2004, Stockholm, Vol. II, 677-690, ICOMOS, Sweden.
- Hasbay, U. & Hattap, S. (2017).** "Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri". *Bilim Ve Gençlik Dergisi* 5(1), 23-45.

- Hatir, M. E., Barstuğan, M., & İnce, İ. (2020).** Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments. *Journal of Cultural Heritage*, **45**, 193-203.
- Heider, K., Quaranta, E., Avilés, J. M. G., Lopez, J. M. R., Balbo, A. L., & Scheffran, J. (2022).** Reinventing the Wheel-The preservation and potential of traditional water wheels in the terraced irrigated landscapes of the Ricote Valley, southeast Spain. *Agricultural Water Management*, **259**, 107240.
- Kar, B. Ç., Dereli, M., & Yaldız, E. (2024).** Anıtsal Taş Yapılarda Meydana Gelen Bozulmalar: Afyonkarahisar Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Cami Örneği. *PLANARCH-Design and Planning Research*, **8**(1), 113-126.
- Kara, H.G. (2009).** *Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı Ve Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 168s.
- Korkanç, M. (2013).** Deterioration of different stones used in historical buildings within Niğde province, Cappadocia. *Construction and Building Materials*, **48**, 789-803. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2013.07.033](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.07.033)
- Korkanç, M. (2020).** Ak Medresenin (Niğde) Yapımında Kullanılan Taşların Mühendislik Özellikleri Ve Sorunları. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **9**(2), 975-989.
- Küçükaya, G. (2004).** *Taşların bozulma nedenleri koruma yöntemleri*, Birsan Yayınevi.
- Ocak, S.G. (2009).** *Batı Anadolu Roma Dönemi örnekleriyle su kemerleri, künkleri ve sarnıçları üzerine bir araştırma ve uygulama çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir, Türkiye, 73s.
- Öcal, A.D., & Dal, M. (2012).** *Doğal Taşlardaki Bozunmalar*. İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Özbay, E. (2012).** Antakya'nın Tarihi Su Dolapları "Naura" lara Işık Tutan 'Alvân Su Kemer Kalıntısının Mimarî-Tarihî Analizi ve Restitüsyonu. *Sanat Tarihi Dergisi*, **21**(2), 73-98.
- Quaranta, E., 2018.** Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: theoretical considerations, performance assessment and design recommendations. *Energy Sustain. Dev.*, **45**, 96-109.
- Tekin, M. (2004).** "Tarihte Antakya Depremleri", VI. *Hatay Tarih ve Kültür Sempozyumu (19-20 Nisan 2002, Antakya) Bildirileri*, Antakya, 205-224s.
- Unković, N., Nikolić, E., Ljaljević-Grbić, M., & Jovičić, M. (2023).** Preserving the Danube Limes in Serbia: A review of the biodeterioration of Trajan's Bridge. *Starinar*, **73**, 143-160.
- Vergès-Belmin, V., (EDS.), (2008).** Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns = Glossaire Illustré Sur Les Formes D'altération De La Pierre. Monuments and Sites XV. France: ICOMOS, 1-78pp.
- Yannopoulos, S., Lyberatos, G., Theodossiou, N., Li, W., Valipour, M., Tamburrino, A., & Angelakis, A., 2015.** Evolution of water lifting devices (pumps) over the centuries worldwide. *Water* **7**, 5031-5060.
- Yıldırım, N. (2007).** *Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 138s.