

**Received/ Makale Geliş** 18.04.2023  
**Published / Yayınlanma** 31.05.2023  
**Volume/ Cilt (Issue/ Sayı)** 7 (30)  
**ss / pp** 470-474

<http://dx.doi.org/10.37242/pejoss.4394>  
*Research Article / Araştırma Makalesi*  
ISSN: 2687-5640  
pejoss.editor@gmail.com

**Sibel BAŞARAN**  
<https://orcid.org/0000-0001-5931-9583>  
MEB, Batman / TÜRKİYE

**Cemile GELİCİ**  
<https://orcid.org/0009-0009-0704-7569>  
MEB, Adana / TÜRKİYE

**Hüseyin KAYA**  
<https://orcid.org/0009-0002-3211-2579>  
MEB, Adana / TÜRKİYE

**Mehmet GÜVEN**  
<https://orcid.org/0000-0002-8071-8084>  
MEB, Adana / TÜRKİYE

## MERMER VEYA KİREÇ TAŞI YAPILARININ ASİT YAĞMURUNA KARŞI KORUNMASINDA KALSİYUM OKSALAT KULLANIMININ ETKİSİ

### THE EFFECT OF THE USE OF CALCIUM OXALATE ON THE PROTECTION OF MARBLE OR LIMESTONE STRUCTURES AGAINST ACID RAIN

#### ÖZET

Bu çalışmada, mermer veya kireç taşından yapılmış bina, heykel, tarihi eser gibi yapıları asit yağmurlarına karşı korumak için, mermer ve kireç taşının içinde bulunan kalsiyum karbonatın, zayıf bir asit olan oksalik asitle reaksiyona girdiğinde mermer ve kireç taşının üzerinde kalsiyum oksalat filmi oluşturabildiği bilgisi göz önünde bulundurulmuş ve kalsiyum oksalat filminin asit yağmurlarına karşı ne kadar dayanıklı olduğunu ve önceden kullanılan yöntemlerle kıyaslandığında diğerlerinden hangi yönleriyle ve ne kadar farklı olduğu bir deneyle ölçülmüştür. Deneyin sonucunda kaplama olmayan, ticari mermer macunıyla kaplanan ve kalsiyum oksalat filmi kullanılan mermerlerden kalsiyum oksalat filmi kullanılan mermerin diğerlerine göre daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Ayrıca ticari mermer macunu, heykel ve tarihi eser gibi ince işlemeli yapılarda kullanılmazken, kalsiyum oksalat filmi asit yağmurlarının oluşturacağı hasara karşı kullanmak için uygun bir çözümdür. Bu sayede kalsiyum oksalat filminin diğer çözüm yollarından daha dayanıklı ve heykel, tarihi eser gibi yapılarda kullanmak için daha etkili bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer, Kireç Taşı, Kalsiyum Oksalat, Asit Yağmurları.

#### ABSTRACT

In this study, it is observed that calcium carbonate in marble and limestone can form a calcium oxalate film on marble and limestone when it reacts with oxalic acid, which is a weak acid, in order to protect structures such as buildings, statues and historical monuments made of marble or limestone against acid rain. In this study, the durability of the calcium oxalate film against acid rain and how it differs from the others when compared to the previously used methods was measured by an experiment. As a result of the experiment, it is seen that the marble with calcium oxalate film is more durable than the others among the marbles that are not coated, coated with commercial marble paste and calcium oxalate film is used. In addition, while commercial marble paste cannot be used in finely embroidered structures such as sculptures and historical artifacts, calcium oxalate film is a suitable solution to use against damage caused by acid rain. In this way, it has been determined that the calcium oxalate film is more durable than other solutions and a more effective method for use in structures such as sculptures and historical monuments.

**Keywords:** Marble, Limestone, Calcium Oxalate, Acid Rain.

#### 1. GİRİŞ

Günümüzde başlıca bir sorun haline gelen asit yağmurları; toprağa, su kaynaklarına, canlılara zarar verdiği gibi mermer ve kireç taşından yapılmış bina, heykel veya tarihi eserlerde de hasara yol açabilmektedir. Asit yağmurlarından dolayı zarar gören yapıları özellikle de tarihi eserlerimiz gibi yüzlerce yıllık değerlerimizi korumak için yapılan bu çalışmada asit yağmurlarının zararlarını azaltmak için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, mermer veya kireç taşından yapılmış yapıları asit yağmurlarından korumak için bilinen diğer çözüm yollarından (ticari mermer macunu gibi) daha etkili ve kullanışlı olma potansiyeline sahiptir.

##### 1.1. Asit Yağmurları

pH'sı normal yağmur suyunun sahip olduğu 5.5-5.6'lık pH düzeyinin altında olan yağmurlar asit yağmuru olarak tanımlanır. Asit yağmuru, doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) kaynaklardan gelen kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve azot oksit (NO<sub>x</sub>) gazlarının bulutlardaki su damlacıkları içinde çözünerek daha sonra yağış olarak yeryüzüne inecek olan bu su kütlelerinin asitliğini artırması sonucu oluşur. Bu gazların atmosferde su, oksijen ve asit özelliğindeki birtakım kimyasallarla tepkimeye girmesi

sonucunda sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) ve nitrik asit ( $HNO_3$ ) oluşur (Özler ve Akdağ, 2011). Asit yağmurlarının ilk etkisi kendi yörelerinde hissedilir. Ancak, hâkim rüzgârların ve 1960'lardan sonra inşa edilen uzun bacaların yardımıyla hava kirliliğinin daha uzak bölgeleri etkileme potansiyeli mevcuttur. Ayrıca bu kirleticiler havadaki nemle birleşip yağış olarak yeryüzüne indiğinde canlı yaşamını ve fiziksel çevreyi olumsuz etkilerler (Orhan, 2012). Asit yağmurları, geçmişte sadece sınırlı bölgelerin sorunu olarak insanların sağlığını tehdit eder gibi görünürken, günümüzde geniş alanlardaki binaları, ekosistemleri ve hatta kamu sağlığını tehdit eden bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Özdemir, 2005).

### 1.2. Asit Yağmuru Oluşumunun Nedenleri

Asit yağmuru oluşumunun kaynakları, doğal ve yapay olarak ele alınmaktadır. Doğal kaynaklar; volkanlar, okyanuslar, biyolojik çürüme, orman yangınları gibi durumları içerir. Yapay kaynaklar ise, hammaddelerin insan kullanımına sunulması için geçen süreç içinde oluşan kaynaklardır (Özdemir, 2005).

Asit yağmurlarının günümüzde bilinen başlıca sorumluları ise volkanlar, karada (çoğunlukla bataklıklarda) ve denizde meydana gelen oksijensiz çürümeler (doğal etmenler) ve kontrolsüz tarım uygulamaları (aşırı ve kontrolsüz gübreleme) nedeniyle oluşan amonyak, sanayi faaliyetlerinde, termik santrallerde ve ulaşım araçlarında fosil yakıtların kullanılmasıyla oluşan kükürt dioksit ve azot oksit gazlarıdır (insan kaynaklı etmenler). Dünya çapında kükürt dioksit salınımlarında azalma gözlemlenirken gelişmekte olan ülkelerde artan taşıt sayısına bağlı olarak azot oksit gazlarının salımı artıyor. Yeni araştırmalar, son yıllarda oluşan asit yağmurlarının özellikle yerleşim yerlerine yakın olanlarının çoğunun, azot oksitlerden kaynaklandığını gösteriyor (Özler ve Akdağ, 2011).

### 1.3. Asit Yağmurlarının Çevreye Etkileri

Atmosferdeki kirleticilerin artmasıyla miktarı artan sülfürik ve nitrik asitler, atmosfer olayları aracılığıyla bir yerden bir başka yere kolaylıkla taşınabilirler. Böylece, kirletici hava, karıştığı yerin çok ötelere de asit yağışları olarak yeryüzüne inmekte, toprağa, suya, bitki örtüsüne, hatta eşyalara yıkıcı ve uzun süreli nitelikte zarar verebilmektedir (Özdemir, 2005). Asit yağmurları insan sağlığına, yüzeysel sulara (göller ve akarsulara), sulara yaşayan canlılara, ormanlara, otomobil kaplamalarına, binalara, heykellere, tarihi eserlere zarar verebiliyor (Özler ve Akdağ, 2011).

Asit yağmuru, balıkların zarar görmesine ve ölmesine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, su kaynaklarına akarken toprakta bulunan ağır metallerin göllere ve akarsulara karışmasına sebep olmaktadır (Özler ve Akdağ, 2011).

Asit yağmurunun en zararlı etkilerinden biri göller üzerinde görülür (Özler ve Akdağ, 2011). Asit yağışları tatlı su göllerinde asitliği artırarak bu göllerde asitliğe duyarlı balık ve yumuşakçaların tür ve miktarının azalmasına etkili olmaktadır. ABD'de bulunan 100 bin gölün yaklaşık 20 bininde hiç balık kalmamıştır. Halen birçok göle aşırı asitliliği gidermek üzere kalsiyum hidroksit püskürtülmektedir (Toros, 2000).

Asit yağmurları otomobil boyalarına da ciddi şekilde zarar verebiliyor. Yapılan araştırmalarda otomobillerin bu şekilde hasar gören bölgelerinde asit yağmurundan kaynaklı yüksek miktarda sülfata rastlanmıştır (Özler ve Akdağ, 2011).

Asit yağmurlarının dolaylı etkileri toprakta da görülür. Asit yağmurları, toprağın kimyasal yapısı ve biyolojik koşulları üzerinde etkide bulunarak, bu topraklar üzerinde yetişen bitkilere zararlı olmaktadır (Toros, 2000). Asit yağışları toprak içine girdiklerinde, Ca, K ve Mg gibi bitkilerin büyümeleri için gerekli olan maddeleri kimyasal reaksiyonlarla yağmalar ve gelecekteki orman üretkenliği için potansiyel bir tehlike oluştururlar. Dahası, organik materyallerin çürüyerek besin haline gelmesinde önemli rolleri olan pek çok mikroorganizma da azalır (Özdemir, 2005). Asit yağmurları, toprakta besin olarak kullanılan bazı minerallerin çözünmesine de neden olur (demineralizasyon). Demineralizasyon sonucunda asitliği yüksek olan sular toprakta bulunan yararlı mineralleri ve besinleri çözerek bitki örtüsünden uzaklaştırır ve yüzey akışı ile derelere, akarsulara ve göllere taşır. Aynı zamanda asit yağmuru toprak içinde bulunan zehirli maddelerin (ağır metaller, örneğin alüminyum) serbest hale geçmesine neden olur (Özler ve Akdağ, 2011).

Asit yağmurları insanlara doğrudan büyük zararlar vermez. Yine de normalin üstünde bir asitliğin zararlı etkilerinin olması kaçınılmaz bir durumdur. Örneğin yapılan deneylerde pH'sı 4'ün altındaki

göl sularına giren insanların ve tavşan deneklerin gözlerinde tahriş ve kızarıklık saptanmıştır (Özler ve Akdağ, 2011). Asit yağışı atmosfer ya da toprak aracılığıyla besinleri etkileyerek de insan sağlığına zarar verir (Özdemir, 2005). Asit yağmurlarındaki kükürt ve azot bileşikleri astım, kuru öksürük, baş ağrısı, göz, burun ve boğaz tahrişi yapmaktadır (Toros, 2000). Ayrıca asit yağmuru sebep olan kükürt dioksit ve azot oksit gazları da insanlara zarar verir. Bu gazlar atmosferde sülfat ve nitrat parçacıklarına dönüşerek rüzgârlar sayesinde uzun mesafeler kat edebilir ve solunum yoluyla akciğerlere nüfuz eder (Yıldız, 2018).

Asit yağışları, sadece doğal ekosistemlere değil, aynı zamanda insan yapımı materyal ve yapılara da zarar verir. Asit yağışları nedeniyle; yer altındaki kurşun ve bakır boruları, kabloları ve asit su içindeki temellerde yapısal hasar oluşabilir, yüzeydeki bina, köprü ve arabalarda hasar oluşabilir, heykel ve taşlardaki oymalar, anıtlar özelliklerini kaybedebilir (Özdemir, 2005). Ayrıca mermer veya kireç taşından yapılmış binalar ve heykeller, özellikle asit yağmuru nedeniyle oluşan erozyona ve bozulmaya karşı savunmasızdır. Mermer yüzeyleri koruyabilen ticari dolgu macunları ve yöntemleri mevcut olmasına rağmen, heykeller gibi ince işlerin yüzeylerinde kullanılmaya uygun değildir.

#### **1.4. Mermer veya Kireç Taşından Yapılmış Yapılar Asit Yağmurlarına Karşı Nasıl Korunabilir?**

Mermer veya kireç taşından yapılmış bina, heykel, tarihi eser vb yapılar, asit yağmurlarından dolayı aşınarak zarar görmektedir. Özellikle de tarihi eserlerimiz yavaş yavaş kaybolmakta ve yüzlerce yıllık bu eserler elimizden kayıp gitmektedir.

Mermer ve kireç taşı, asidik suda kolaylıkla çözünen kalsit minerali içerir (Öcal ve Dal, 2012). Zayıf bir asit olan oksalik asit ise, mermer yüzeyinde kalsiyum oksalat oluşturmak üzere mermerde bulunan, kalsit mineralinin içerdiği kalsiyum karbonat ile reaksiyona girer (Öcal ve Dal, 2012). Bu reaksiyon sonucu oluşan asidik macun, mermer yüzeyine püskürtülerek veya sürtünerek uygulandığında, mermer yüzeyine parlaklık kazandıracak ve asit yağmurlarının zararlı etkilerinden koruyacaktır. Yüzey üzerinde oluşan kalsiyum oksalat filmi, asit yağmuru karşı çok dayanıklıdır ve bu nedenle duvar resimlerini ve heykelleri korumak için kullanılabilir. Ayrıca ticari mermer macunu heykel ve tarihi eser gibi ince işlemeli yapılarda kullanılamazken kalsiyum oksalat filmi mermer veya kireç taşından yapılmış yapılarda asit yağmurlarının verdiği zararı azaltacak ve bu alanda bulunan diğer yöntemlerden daha etkili bir çözüm yolu olacaktır.

#### **1.5. Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, mermer veya kireç taşından yapılmış bina ve heykelleri asit yağmurlarına karşı korumak ve alınan hasarı en az değere indirmek için yeni bir yöntem geliştirmektir.

## **2. YÖNTEM**

Araştırmada mermerlerden birinin üzerinde kalsiyum oksalat filmi oluşturulmuş, oksalat kaplamanın olmadığı mermer ve ticari dolgu macununun kullanıldığı mermerin deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

#### **1.6. Deneyin Yapılışı**

##### Deney için gerekli malzemeler:

Her biri 100 g ağırlığında olan 3 adet mermer (deney, mermer yerine kireç taşı kullanılarak da yapılabilir.), 1 şişe oksalik asit, 1 şişe ticari mermer macunu, 3 bardak, 1200 mL sirke, 1 ölçüm silindiri, 1 parça bez, 1 zımpara kâğıdı, 1 dijital tartı skalası kullanılmıştır.

##### Süreçler:

1. 3 mermer temizlenir. Dijital tartı skalası kullanılarak, her birinin 100 g ağırlığında olduklarından emin olunur. Bir mermer 100 g 'dan daha ağırsa zımpara kâğıdı ile zımparalanır. Örnek mermerlerin başlangıç ağırlığı tabloya kaydedilir.

2. Mermerler hazırlandıktan sonra, ilk mermer, 'koruma yok' etiketli bir beherin içerisine yerleştirilir. Ambalaj üzerindeki talimatlara uygun olarak, ikinci mermer, ticari mermer macunu ile silinir ve 'dolgu macunu' etiketli bir behere yerleştirilir. Üçüncü mermer oksalik asit ile kaplanır ve 'kalsiyum oksalat' etiketli bir behere koyulur.

3. Ertesi gün, ölçme silindiri ile 1200 mL sirke ölçülür ve her 3 bardak içine 400 mL dökülür. (Sirke çözeltisi, asit yağmurunu taklit etmek için kullanılacaktır.)
4. Günün sonunda, mermerler hafifçe silinir ve ağırlıkları, tabloda "1. günün altına kaydedilir.
5. Sonraki 4 gün boyunca her gün 4. adım tekrarlanır ve mermerlerin ağırlıkları tabloya kaydedilir.

#### Araştırmanın Değişkenleri:

Bu çalışmada; bağımsız değişken, mermer üzerindeki kaplamanın türüdür. Mermerlerden biri herhangi bir kaplama içermez, diğeri ticari mermer macunu ile kaplanır ve sonuncusu ise kalsiyum oksalat ile kaplanır. Bağımlı değişken, asit çözeltisindeki mermer parçasının zaman içindeki ağırlığı ve dijital bir tartım ölçeği kullanılarak ölçülecektir. Sabitler (kontrol değişkenleri), sirke çözeltisinin asitliği, kullanılan sirke miktarı, mermer kiremidinin başlangıç ağırlığı ve bilim fuarı projesinin yürütülme süresidir.

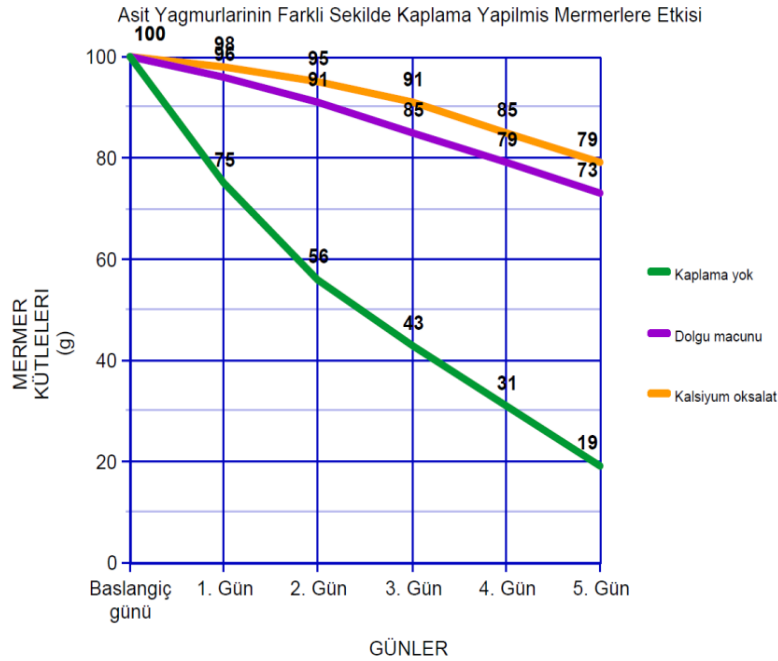
### 3. BULGULAR

5. günün sonunda, deneyde elde ettiğimiz değerlere baktığımızda kalsiyum oksalat filmi ile kaplanmış mermerin diğerlerine göre daha az aşındığı Tablo 1' de görülmüştür.

**Tablo 1.** Asidik Çözeltide Mermerlerin Çözünme Sonucu Oluşan Kütlelerinin Günlük Ölçümleri

Kaplama Türü	Deney süresi boyunca mermerlerin günlük kütle ölçümleri (g)					
	Başlama	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün
Kaplama yok	100	75	56	43	31	19
Dolgu macunu	100	96	91	85	79	73
Kalsiyum oksalat	100	98	95	91	85	79

Tablo 1'deki sonuçlar grafik üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Asidik Çözeltide Mermerlerin Çözünme Sonucu Oluşan Kütlelerinin Günlük Ölçümleri

### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Deney sonuçlarına bakılacak olunursa, 3 farklı yöntem uygulanarak 5 gün boyunca sirke dolu beherlerin içerisinde tutulan mermerlerin kütlelerinin asidik ortamda birbirinden farklı hızda azaldıkları görülebilmektedir. 1. günün sonunda, başlangıçta her birinin kütlesinin 100 g olduğu mermerlerden, kaplama olmayan mermerin kütlesi 75 g'a, ticari dolgu macunu kullanılan mermerin kütlesi 96 g'a, kalsiyum oksalat filmiyle kaplı mermerin kütlesi ise 98 g'a düşmüştür. Sonraki 4 gün boyunca da bu değerlerin, 1. gün kaydedilen değerlerle paralel olarak ilerlediği görülmektedir. Bu da gösteriyor ki; mermerlerin asidik ortamda aşınma hızları büyükten küçüğe "kaplamanın olmadığı mermer", "ticari mermer macunu ile kaplanan mermer" ve "kalsiyum oksalat filmi kullanılan mermer" olarak sıralanabilir. Bu da, kalsiyum oksalat filminin, mermer veya kireç taşıdan yapılmış yapıları

asit yağmurlarından korunurken, diğer yöntemlerden daha dayanıklı ve daha etkili olduğunu kanıtlamaktadır.

Kalsiyum oksalat filminin asit yağmurlarının mermer veya kireç taşından yapılmış bina, heykel, tarihi eser vb yapılara verdiği hasarı diğer yöntemlere göre daha fazla azaltacağı hipotezinin doğru olduğu kanıtlanmıştır. Kalsiyum oksalatın mermer veya kireç taşından yapılmış yüzeyleri asit yağmurlarına karşı korumak için diğer yöntemlerle karşılaştırıldığı bu çalışma, belirtilen alanda önemli bir çalışma olma niteliğindedir.

## 5. ÖNERİLER

Mermere kalsiyum oksalat uygulandığı bu yöntem; camilerde, binalarda, açık hava müzelerinde, antik kentlerde ve benzeri yerlerde kullanılabilir. Oksalik asit kaplamasının farklı yöntemler kullanılarak (ör. Püskürtme, daldırma ve parlatma) deney sonuçlarının karşılaştırılması etkililiğini ölçmek için önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Özler, S. & Akdağ, E. (2011). Asit Yağmurları. *Bilim ve Teknik*, (Ocak) 64-67.
- Yıldız, S. (2018). Yok Oluştan Doğan Turizm: Kıyamet Turizmi (Doom Tourism). *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(5), 224-241.
- Öcal, A.D. & Dal, M. (2012). *Doğal Taşlardaki Bozunmalar*. İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Özdemir, O. (2005). Görünmeyen tehlike: Asit yağışları. *Sağlık ve Toplum Dergisi*, 15(1), 1-10.
- Orhan, G. (2012). Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri Karşısında Türkiye'nin Konumu. *Marmara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 123-150.
- Toros, H. (2000). *İstanbul'da asit yağışları, kaynakları ve etkileri*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.