



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARİ KORUMA-RESTORASYON PROGRAMI**

**DOĞAL TAŞ KORUMA UYGULAMALARINDA SU
İTİCİLERİN ETKİLERİ: ORGANİK KİREÇTAŞI
(KÜFEKİ) ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA SARIÇAMLIK

İSTANBUL, 2021



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARİ KORUMA-RESTORASYON PROGRAMI**

**DOĞAL TAŞ KORUMA UYGULAMALARINDA SU
İTİCİLERİN ETKİLERİ: ORGANİK KİREÇTAŞI
(KÜFEKİ) ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÜBRA SARIÇAMLIK
(180211020)**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI**

İSTANBUL, 2021

27/07/2021

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı'nda 180211020 numaralı Kübra SARIÇAMLIK'ın hazırladığı "Doğal Taş Koruma Uygulamalarında Su İtıcıların Etkileri" konulu Mimari Koruma-Restorasyon Tezli Yüksek lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 27/07/2021 Salı günü saat 10:00'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** karar verilmiştir.

Düzeltilme verilmesi halinde:

Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı .../.../20... tarihinde, saat ...:.. da yapılacaktır.

Tez Adı Değişikliği Yapılması Halinde: Tez adının "Doğal Taş Koruma Uygulamalarında Su İtıcıların Etkileri: Organik Kireçtaşı (Küfeki) Örneği" şeklinde değiştirilmesi uygundur.

| Jüri Üyesi | Tarih | İmza |
|---|----------------|--------------|
| (Danışman) Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI | 27/07/2021 | KABUL |
| Prof. Dr. Nabi YÜZER | 27/07/2021 | KABUL |
| Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZCAN | 27/07/2021 | KABUL |
| (İkinci Danışman) * | .../ .../20... | |
| *..... | .../ .../20... | |

*2. Danışman varsa doldurulacak

BEYAN/ ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağılı olduğum üniversite veya bir başka üniversitede başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Kübra Sarıçamlık

TEŐEKKÜR

Tez çalışmam kapsamında bilgisi, deneyimi ve önerileriyle her aşamada beni yönlendiren saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI'ya,

Deney çalışmalarım sırasında ekip olarak katkıda bulunan Kuram laboratuvar koordinatörü Mesut İş ve tüm laboratuvar çalışanlarına,

Su itici numunelerinin teminini sağlayan üretici firmalara,

Özgün doğal taş teminini sağlayan restorasyon uygulama firması ve çalışanlarına,

Tüm tez sürecim boyunca yardımlarını, bilgilerini ve sabırlarını esirgemeyen iş arkadaşlarıma ve şefime,

Yaşamım boyunca maddi manevi desteklerini hissettiren babam Fazlı SARIÇAMLIK, annem Hatice SARIÇAMLIK, kardeşim Esra SARIÇAMLIK başta olmak üzere tüm aile üyelerime,

Teşekkürlerimi sunarım...

Kübra Sarıçamlık

DOĞAL TAŞ KORUMA UYGULAMALARINDA SU İTİCİLERİN ETKİLERİ: ORGANİK KİREÇTAŞI (KÜFEKİ) ÖRNEĞİ

Kübra Sarıçamlık

ÖZET

Bu çalışmanın konusu, tarihi yapılarda kullanılan doğal taşların korunması için kullanılan su itici malzemelerin doğal taşlar üzerindeki etki ve etkinliğinin irdelenmesidir. Doğal taşlara uygulanan koruyucuların taşlar üzerindeki etkilerini araştırmak önemli bir gerekliliktir. Bu noktadan hareketle hazırlanan tez çalışmasında, doğal taş yüzeylere uygulanabilecek su iticilerin etkileri gözlemlenerek koruma sürecindeki rolleri araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında konuyla ilgili literatür taraması ve uygulamayla ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneyler, İstanbul'daki Anemas zindanlarında yapı malzemesi olarak kullanılmış küfeki taşı numuneleri üzerinde uygulanmıştır.

Deneysel çalışmaların ilk adımı taşın karakterinin belirlenmesidir. Özgün malzemenin durumunu belirlemek amacıyla fiziksel, kimyasal, mekanik özellikler ve petrografik analizler yapılarak taşın mikro ve makro özellikleri incelenmiştir. İkinci adım su iticilerin içeriklerinin irdelenmesidir. Çalışmada kullanılan su itici malzemelerin SEM ve FT-IR deneyleriyle içerikleri belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Üçüncü adımda uygulanan su iticilerin küfeki taşı üzerindeki etkinliğinin değerlendirilmesidir. Bu bölümde su itici uygulaması yapılmış ve uygulama yapılmamış örneklerin kılcal su emme, ağırlıkça su emme ve su buharı geçirgenliği gibi özellikleri incelenmiştir. Sonraki bölümde, küfeki örnekleri üzerinde nemli ortamda asit yıpratması ve tuz kristallenmesi gibi eskitme deneyleri yapılarak su iticilerin bu deneyler sonrası etkinliği incelenmiştir. Uygulanan eskitme deneyleri sonrasında doğal taş örneklerinin kılcal su emme, ağırlıkça su emme gibi fiziki davranışı ile renk özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçlar verilmiştir.

Anahtar kelimeler; **Doğal Taş, Kireçtaşı, Küfeki, Koruma, Konservasyon, Restorasyon, Su itici, Geleneksel Yapı Malzemesi**

EFFECTS of WATER REPELLENT on NATURAL STONE CONSERVATION APPLICATIONS: THE CASE of ORGANIC LIMESTONE (KÜFEKİ)

Kübra Sarıçamlık

ABSTRACT

The subject of this study is to examine the effect and effectiveness of water-repellent materials used for the protection of natural stones used in historical buildings. It is an important requirement to investigate the effects of protective applied to natural stones. In the this study prepared from this point of view, the effects of water repellents that can be applied to natural stone surfaces were observed and their roles in the protection process were investigated.

Within the scope of the study, literature review and experimental studies related to the application were made. The experiments were carried out on samples of limestone used as building material in the Anemas ungeons in Istanbul.

The first step of experimental studies is to determine the character of the stone. In order to determine the condition of the original material, physical, chemical, mechanical properties and petrographic analyzes were made and micro and macro properties of the stone were examined. The second step is to examine the contents of water repellents. The contents of the water-repellent materials used in the study were determined by SEM and FT-IR experiments and comparisons were made. The third step is to evaluate the effectiveness of applied water repellents on limestone. In this section, the properties such as capillary water absorption, water absorption by weight and water vapor permeability of the water-repellent and untreated samples were investigated. In the next section, aging tests such as acid weathering and salt crystallization were performed on the samples, and the effectiveness of water repellents after these experiments were investigated. After the applied aging tests, the physical behavior of natural stone samples such as capillary water absorption, water

absorption by weight, and color properties were examined comparatively and the results were given.

Keywords; Conservation, Kufeki Stone, Limestone, Natural Stone, Restoration, Traditional Building Material, Water-repellent

ÖNSÖZ

Tarihi eserlerimiz, geçmişle gelecek arasındaki en güçlü bağlardır. Ülkemizde bulunan her bir eser, döneminin tanıkları ve tanıtıcıları olarak mimarlık, sanat ve insanlık tarihinin gelişimiyle ilgili bilgileri günümüze taşıyan ve aydınlatan belgelerdir. Tarihi mirasımız olan bu eserler bu bağlamda korunmalı ve bu amaçla çalışmalar yapılmalıdır. Tarihi eserlerimizde kullanılan doğal taşlar zaman içerisinde yıpranmakta ve çevresel faktörlerin etkisiyle taşlarda bozulmalar oluşmaktadır. Taşlarda oluşan bozulmalar, mimari öğelere ve yapı bütününe sirayet ederek estetik ya da taşıyıcı olumsuzluklara yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların önlenmesi, taşların kendi özellikleri ve bozulma sebeplerinin tespitiyle mümkündür. Çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilen koruma ve restorasyon çalışmalarında kullanılan malzemelerin arasında su iticilerde bulunmaktadır. Ancak etkinlikleri konusunda yeterli veri bulunmaması, su iticilerin doğal taşlar üzerindeki etkilerini araştırmayı zorunlu kılmaktadır.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET..... | V |
| ABSTRACT | vii |
| ÖNSÖZ..... | ix |
| SEMBOL LİSTESİ | xiii |
| ÇİZELGE LİSTESİ..... | xiv |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | xvi |
| KISALTMALAR | xix |
| GİRİŞ | 1 |
| AMAÇ VE KAPSAM | 1 |
| YÖNTEM | 2 |
| BİRİNCİ BÖLÜM..... | 3 |
| 1. DOĞAL TAŞLAR VE BOZULMA SEBEPLERİ | 3 |
| 1.1 DOĞAL TAŞLARIN OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI | 4 |
| 1.1.1 Tortul (Sedimanter) Taşlar | 5 |
| 1.1.2 Magmatik Taşlar | 6 |
| 1.1.3 Başkalaşım (Metamorfik) Taşlar | 7 |
| 1.2 DOĞAL TAŞLARDA BOZULMA SEBEPLERİ | 8 |
| 1.2.1 Kimyasal ve Fiziksel Etkiler..... | 8 |
| 1.2.2 Biyolojik Etkiler | 9 |
| 1.2.3 Diğer Sebepler | 11 |
| İKİNCİ BÖLÜM | 12 |
| 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... | 12 |
| 2.1 İNCELENEN DOĞAL TAŞIN SEÇİMİ VE ÖZELLİKLERİ | 12 |
| 2.2 İNCELENEN DOĞAL TAŞIN KARAKTERİZASYON DENEYLERİ | 13 |
| 2.2.1 Kimyasal Özellikler..... | 13 |
| 2.2.1.1 Asit Kaybı | 13 |
| 2.2.1.2 Suda Çözünen Tuzların Analizi | 14 |
| 2.2.2 Minerolojik ve Petrografik Özellikler | 15 |
| 2.2.2.1 Petrografi Analizi | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.2.2 FT-IR..... | 17 |
| 2.2.2.3 Mohs Sertliği..... | 18 |
| 3.2.2.4 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)..... | 18 |
| 2.2.3 Fiziki- Mekanik Özellikler | 20 |
| 2.2.3.1 Birim Hacim Ağırlık ve Boşlukluluk..... | 20 |
| 2.2.3.2 Özgöl Kütle | 21 |
| 2.2.3.3 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme | 22 |
| 2.2.3.4 Kılcal Su Emme | 24 |
| 3.2.3.5 Nokta Yük Dayanımı | 25 |
| 2.3 SU İTİCİLERİN KARAKTERİZASYON DENEYLERİ | 26 |
| 2.3.1 DOĞAL TAŞ KORUMADA SU İTİCİLER | 26 |
| 2.3.2 Su İtici Malzemeler | 27 |
| 2.3.3 Doğal Taşlarda Su itici ve Sağlamlaştırıcı Uygulamaları..... | 28 |
| 2.3.4 Kullanım Amaçları ve Kullanıldığı Yerler | 29 |
| 2.3.5 Uygulama Yöntemleri ve Koşulları | 29 |
| 2.3.6 Su İticiilerin Karakterizasyon Deneyleri | 30 |
| 2.3.6.1 FT-IR İncelemeleri..... | 30 |
| 2.3.6.1.1 Kuru Numunelerin Analizi | 31 |
| 2.3.6.1.2 Sıvı Numunelerin FT-IR Analizi..... | 34 |
| 2.3.6.2 SEM İncelemeleri | 38 |
| 2.4 SU İTİCİLERİN ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ | 40 |
| 2.4.1 Uygulama Yöntemi ve Gözlemler | 41 |
| 2.4.2 Fiziki Özelliklere Etkileri | 42 |
| 2.4.2.1 Kılcal Su Emme | 42 |
| 2.4.2.2 Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme..... | 46 |
| 2.4.2.3 Su Buharı Geçirgenliği..... | 51 |
| 2.4.2.4 Renk Özellikleri | 54 |
| 2.5 SU İTİCİLERİN ESKİTME DENEYİ SONRASI ETKİNLİĞİ..... | 57 |
| 2.5.1 Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık | 57 |
| 2.5.2 Nemli Ortamda SO₂ Yıpratmasına Dayanıklılık | 65 |
| 2.5.3 Renk Özellikleri..... | 74 |
| ÜÇÜNCÜ BÖLÜM | 76 |

| | |
|---|-----------|
| 3. DEĞERLENDİRME | 76 |
| 3.1 UYGULAMA ÖNCESİ SONUÇLAR..... | 77 |
| 3.2 UYGULAMA SONRASI FİZİKİ ÖZELLİKLERİN DEĞİŞİMLERİ..... | 77 |
| DÖRDÜNCÜ BÖLÜM | 85 |
| 4. SONUÇLAR | 85 |
| KAYNAKÇA | 86 |
| EK..... | 92 |

SEMBOL LİSTESİ

- dh:** Birim hacim kütlesi, (g/cm^3)
- b:** Genişlik, (mm)
- h:** Yükseklik, (mm)
- l:** Uzunluk, mesnet açıklığı, (mm)
- L:** Numunenin boyu, (mm)
- V:** Deney numunesinin hacmi, (mm^3 , cm^3)
- G_o:** Laboratuvar koşullarında bekleyen malzeme kütlesi, (gr)
- G_k:** Değişmez kütleye kadar kurutulmuş kütle, (gr)
- Sk:** Ağırlıkça Su Emme Oranı, (%)
- Gd:** Suya doymuş kütle, (gr)
- Sh:** Hacimce Su Emme Oranı, (%)
- T:** Kılcallık deneyi için geçen süre, (dak)
- E:** Kılcallık deneyi için farkın taban alanına oranı, (cm^3 / m^2)
- N:** Kılcallık katsayısı (Kapilarite katsayısı, ($\text{gr} / \text{m}^2 \cdot \text{t}^{0.5}$))
- ξH :** Havanın su buharı iletkenliği
- A:** Örneğin alanı (m^2)
- P:** Su buharı basınç değerleri (Pascal)
- G:** Geçen su buharı miktarı (kg/h)
- μ:** Su buharı difüzyon direnç faktörü
- Ph:** Ortalama hava basıncı
- Pk:** Kırılma yükü (N)

ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 1.1: Doğal Taşların Oluşumuna Göre Sınıflandırması..... | 5 |
| Çizelge 1.2: Tortul Taşlar | 5 |
| Çizelge 1.3: Magmatik Taşlar..... | 6 |
| Çizelge 1.4: Metamorfik Taşlar | 7 |
| Çizelge 1.5: Biyolojik Oluşumların Doğal Taşlar Üzerindeki Tahripleri | 10 |
| Çizelge 2.1: Küfeki Örneklerinin Asitle Muameleme Sonuçları..... | 14 |
| Çizelge 2.2: Suda Çözünebilir Tuzlar ve Organik Madde Analizi | 15 |
| Çizelge 2.3: Küfeki Örneğinin SEM-EDX Sonuçları..... | 19 |
| Çizelge 2.4: Küfekin Birim Hacim Ağırlık ve Boşlukluluk Sonuçları..... | 21 |
| Çizelge 2.5: Numunelerin Özgül Kütle Değerleri | 22 |
| Çizelge 2.6: Küfeki Örneklerinin Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 23 |
| Çizelge 2.7: Kılcal Su Emme Katsayıları | 25 |
| Çizelge 2.8: Küfeki Örneklerinin Nokta Yük Dayanım Değerleri | 26 |
| Çizelge 2.9: Kullanılan Malzemelerin Üretici Tarafından Beyan Edilen Özellikleri | 30 |
| Çizelge 2.10: EM, TK ve KS Numunelerinin Kuru FT-IR Değerleri | 32 |
| Çizelge 2.11: ST MR ve WK Numunelerinin Kuru FT-IR Değerleri | 33 |
| Çizelge 2.12: ST, TK ve MR Numunelerinin Sıvı FT-IR Görüntüleri..... | 35 |
| Çizelge 2.13: EM, KS ve WK Numunelerinin Sıvı FT-IR Görüntüleri | 36 |
| Çizelge 2.14: EM, TK ve KS Numunelerinin Karşılaştırmalı FT-IR Görüntüleri | 37 |
| Çizelge 2.15: ST, MR ve WK Numunelerinin Karşılaştırmalı FT-IR Görüntüleri ... | 38 |
| Çizelge 2.16: MR ve ST Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları | 39 |
| Çizelge 2.17: EM ve TK Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları | 39 |
| Çizelge 2.18: KS ve WK Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları | 40 |
| Çizelge 2.19: Su İticilerin SEM-EDX Sonuçları | 40 |
| Çizelge 2.20: Su İtici Üreticileri Tarafından Tavsiye Edilen Uygulama Yöntemleri | 41 |
| Çizelge 2.21: Su itici Uygulaması Uygulama Sonrası Kılcal Su Emme Değerleri ... | 42 |
| Çizelge 2.22: Su İtici Uygulama Sonrası Ağırlıkça Su Emme Oranı..... | 47 |
| Çizelge 2.23: Su Buharı Geçirgenlik Değerleri | 53 |
| Çizelge 2.24 : Su Buharı Direnç Faktörü..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.25: Eskitme Öncesi Renk Ölçümü Sonuçları | 54 |
| Çizelge 2.26: Su İtici Uygulanmış ve Uygulanmamış Örneklerin Renk Değişimi ... | 56 |
| Çizelge 2.27: Tuz Kristallenmesi Deney Sonuçları..... | 58 |
| Çizelge 2.28: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Kılcal Su Emme Katsayıları..... | 58 |
| Çizelge 2.29: Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 62 |
| Çizelge 2.29: Nemli Ortamda SO ₂ Yıpratmasına Dayanıklılık Deneyi Sonuçları | 66 |
| Çizelge 2.30 : SO ₂ Yıpratması Sonrası Kılcal Su Emme Katsayıları..... | 67 |
| Çizelge 2.31: SO ₂ Yıpratması Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 70 |
| Çizelge 2.32: SO ₂ Yıpratması Sonrası Numunelerin Renk Özellikleri | 74 |
| Çizelge 2.33: Deney Sonrası Numunelerin Renk Değişimleri | 75 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1: Türkiye Doğal Taşları Göreceli ve Rezerv Alanları | 3 |
| Şekil 1.2: Kayaç döngüsü | 4 |
| Şekil 1.3: Magmatik Taşların Başlıca Örnekleri | 7 |
| Şekil 1.4: Şeb Sefa Hatun Cami Doğu Cephesi..... | 9 |
| Şekil 1.5: Dülgerzade Cami Dış Cephesi | 11 |
| Şekil 2.1: Tartımı Alınan Örnekler HCl İlave Edilmesi | 14 |
| Şekil 2.2: Örneğin Havanda Dövülmesi ve Tartımın Ardından Kaplara Ayrılması.. | 15 |
| Şekil 2.3: Örneğin Zımparalanması ve İnce Kesit Hazırlanması | 15 |
| Şekil 2.4: Stereo Mikroskop ve Polarizan Mikroskop Görüntüleri | 16 |
| Şekil 2.5: Jasco FT-IR 6800 Cihazı..... | 17 |
| Şekil 2.6: Küfeki Taşına Ait FT-IR Spektrumu | 17 |
| Şekil 2.7: Mohs Sertlik Cetveli ve Uygulama | 18 |
| Şekil 2.9: Küfeki Taşının Sem Görüntüleri ve Spektrumu..... | 19 |
| Şekil 2.10: Örneklerin Deney Sırasındaki ve Sonrasındaki Durumu | 21 |
| Şekil 2.11: Kurutulan Örneğin 90µ Elekten Geçirilmiş Durumu ve Piknometre | 22 |
| Şekil 2.12: Örneklerin Deney Sırasında ve Sonrasındaki Durumu | 23 |
| Şekil 2.13: Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 23 |
| Şekil 2.14: Saf Su İçerisindeki Örneklerin Kılcallık Deneyi Sırasındaki Durumu ... | 24 |
| Şekil 2.15: Kılcal Su Emme Değerleri | 25 |
| Şekil 2.16: Nokta Yük Deneyi Uygulanan Örnekler | 25 |
| Şekil 2.17: Yüzeyde Uygulama Türleri: a) empenye b) kaplama c) çimentolu kaplama yüzey..... | 28 |
| Şekil 2.18: Temas açısı (a) <90°, (b) > 90° | 28 |
| Şekil 2.19: Kurutulan Su İtici Numuneler | 31 |
| Şekil 2.20: FT-IR Cihazı ve Örneklerin Diske Yerleştirilmesi | 31 |
| Şekil 2.21: Kuru Numunelerin FT-IR Karşılaştırması | 34 |
| Şekil 2.22: Sıvı Numune Analizi | 34 |
| Şekil 2.23: Sıvı Numunelerin Karşılaştırılması | 37 |
| Şekil 2.24: Su itici Uygulaması Sonrası Kılcal Su Emme Deneyi | 42 |

| | |
|--|----|
| Şekil 2.25: WK Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri | 43 |
| Şekil 2.26: ST Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri | 43 |
| Şekil 2.27: MR Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri | 44 |
| Şekil 2.28: TK Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri | 44 |
| Şekil 2.29: EM Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri..... | 45 |
| Şekil 2.30: KS Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri..... | 45 |
| Şekil 2.31: Referans Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri | 46 |
| Şekil 2.32: Su itici Uygulaması Sonrası Su Emme Deneyi..... | 47 |
| Şekil 2.33: WK Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 48 |
| Şekil 2.34: ST Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 48 |
| Şekil 2.35: MR Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 49 |
| Şekil 2.36: TK Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 49 |
| Şekil 2.37: EM Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 50 |
| Şekil 2.38: KS Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 50 |
| Şekil 2.39: Referans Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 51 |
| Şekil 2.40: Deney Sırasında Örneklerin Kabin Görüntüleri | 52 |
| Şekil 2.41: Su Buharı Renk Özellikleri | 56 |
| Şekil 2.42: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sırasında Numuneler | 57 |
| Şekil 2.43: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrasında Numuneler | 58 |
| Şekil 2.43: WK Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları . | 59 |
| Şekil 2.44: ST Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları.... | 59 |
| Şekil 2.45: MR Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları.. | 60 |
| Şekil 2.46: TK Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları... 60 | |
| Şekil 3.47: EM Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları .. | 61 |
| Şekil 2.48: KS Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları... 61 | |
| Şekil 2.49: WK Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 62 |
| Şekil 2.50: ST Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 63 |
| Şekil 2.51: MR Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 63 |
| Şekil 2.52: TK Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 64 |
| Şekil 2.53: EM Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 64 |
| Şekil 2.54: KS Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 65 |
| Şekil 2.55: SO ₂ Yıpratma Deneyi Sırasında ve Sonrasındaki Numuneler | 66 |

| | |
|---|----|
| Şekil 2.56: WK Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları..... | 67 |
| Şekil 2.57: ST Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları..... | 68 |
| Şekil 2.58: MR Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları | 68 |
| Şekil 2.59: TK Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları | 69 |
| Şekil 2.60: EM Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları | 69 |
| Şekil 3.61: KS Uygulanmış Numunelerin SO ₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları | 70 |
| Şekil 2.62: WK SO ₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 71 |
| Şekil 2.63: ST SO ₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 71 |
| Şekil 2.64: MR SO ₂ Yıpratma Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 72 |
| Şekil 2.65: TK SO ₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 72 |
| Şekil 2.66: EM SO ₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 73 |
| Şekil 2.67: KS SO ₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 73 |
| Şekil 2.68: SO ₂ Yıpratma Sonrası Numunelerin Renk Değerleri..... | 75 |
| Şekil 2.69: Tuz Kristallenmesi Sonrası Renk Değerleri..... | 76 |
| Şekil 3.1: Su İtici Uygulama Öncesi ve Sonrası Kılcallık Davranışı | 77 |
| Şekil 3.2: WK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri..... | 78 |
| Şekil 3.3: ST Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri..... | 78 |
| Şekil 3.4: MR Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri | 79 |
| Şekil 3.5: TK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri | 79 |
| Şekil 3.5: EM Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri..... | 80 |
| Şekil 3.6: KS Uygulama Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri | 80 |
| Şekil 3.7: Su İtici Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 81 |
| Şekil 3.8: WK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 81 |
| Şekil 3.9: ST Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 82 |
| Şekil 3.10: MR Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 82 |
| Şekil 3.11: TK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 83 |
| Şekil 3.12: EM Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri..... | 83 |
| Şekil 3.13: KS Uygulama Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri | 84 |
| Şekil 3.14: Su Buharı Geçirgenlik Grafiği..... | 84 |

KISALTMALAR

| | |
|----------------|--|
| ALUTEAM | : Alüminyum Test Eğitim ve Araştırma Merkezi |
| ASTM | : American Society for Testing and Materials |
| FT-IR | : Fourier Transform Infrared Spectrometers |
| HCl | : Hidroklorik Asit |
| KURAM | : Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi |
| PU | : Poliürethan |
| SEM-EDS | : Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılım Spektrometresi |
| TS | : Türk Standartları |
| TSE | : Türk Standartları Enstitüsü |
| TEMS | : Trimetoksisilan |
| WS | : White Spirite |

GİRİŞ

Koruma, soyut ve somut kültürel değerlerin özgün karakterlerine zarar vermeden mevcut hali ile gelecek kuşaklara aktarmayı amaçlamaktadır. Kültür varlıklarında, “neyin” ve “nasıl” korunacağı uygulamalarda yönlendiricidir (Aladağ, 2010). Tarihi yapılarda görülen en büyük sorunlardan biri doğal taşların bozulmasıdır. Bozulma süreçleri, taşın yapısı ve çevresel etkilere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Gerekli önlemler alınmadığında sadece estetik olarak değil yapısal sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bu durum bozulma süreçlerini durdurmaya yönelik tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Geçmişten günümüze gelen yapıların yaşam hızı ile çağımızın hızı örtüşmemektedir. Bu farkın oluşturduğu olumsuz etkileri aşabilmek için onarım ve koruma çalışmalarında günümüz teknolojilerini avantaja çevirerek azaltmak ve restorasyon çalışmalarını desteklemek mümkündür. Onarım malzemelerini yapı malzemesinin fiziki, mekanik ve kimyevi özelliklerine uygun nitelikte olup olmadığını laboratuvar ortamındaki deneylerin sonuçlarıyla desteklemek gereklidir. Zira uygun olmayan malzemeleri kullanmak esere daha fazla zarar vermektedir. Bu malzemelerin uzun vadede etkisini yapıda takip ederek öğrenmek hem zaman hem de alınan risk açısından uygun olmayan bir yöntemdir. Bu süreci kısaltan laboratuvar deneylerinde elde edilen sonuçlar hem üretilen ürünlerin niteliğini belirlemek hem de yapı elemanına olan etkisini öğrenebilmek açısından önemli bir göstergedir (Özgünler, 2007).

Amaç ve Kapsam

Bu çalışma İstanbul'daki Anemas zindanlarında yapı taşı olarak kullanılan, bununla beraber birçok tarihi yapıda da bulunan bir tür kireçtaşı olan küfeki taşıyı ele almaktadır.

Çalışmanın amacı; piyasada ticari olarak temin edilebilen su iticilerin küfeki üzerindeki etkinliğinin irdelenmesidir.

Bu kapsamda 6 su itici ürün piyasadan temin edilmiş ve küfeki numunelerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Koruma uygulamasında seçilen ürünlerin gerçekten hedeflenen korumayı temin edip etmediği önemli bir konudur. Hedeflenen koruma düzeyini elde etmek için söz konusu malzemelerin yapılacak deneylerle etkinliğinin ve muhtemel etkilerinin bilimsel olarak ortaya konması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında piyasada sıkça kullanılan su iticilerin, seçilen doğal taş üzerindeki etkileri incelenecek ve etkinliği deneylerle irdelenmiştir.

Yöntem

Çalışma ilk olarak konuyla ilgili mevcut çalışmalar taranmış, kaynaklar incelenerek elde edilen veriler bir araya getirilmiştir. İkinci bölümde doğal taşların tanımı, çeşitleri, sınıflandırılması, incelenen doğal taşın doğal taş sınıfındaki yeri ve bozulma sebepleri irdelenmiştir. Daha sonra üçüncü bölümde deneylerde kullanılacak olan su itici malzemeler ve belirlenen küfeki taşı üzerinde yapılan deneysel çalışmalar ele alınmıştır. Bu çerçevede su iticinin taşa nasıl uygulandığı, nerelerde kullanıldığı, uygulama koşulları ve uygulanan taşa hangi sürede etki ettiği incelenmiştir. Belirlenmiş doğal taşın ve kullanılan su itici ürünlerin karakterizasyon ve eskitme deneyleri yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan deneyler; özgül ağırlık deneyi, birim hacim ağırlık deneyi, Mohs sertlik, kılcal su emme deneyi, atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme deneyi, su buharı geçirgenliği deneyi, petrografik ve mineralojik özellikler, sem-eds, ince kesit ve kalın kesitler, mekanik deney (nokta yük dayanımı), kimyasal deneyler; asit kaybı suda çözünen tuzların analiz, laboratuvar ortamında eskitme deneyleri; SO₂ buharına dayanıklılık, tuz kristalleşmesi etkilerine dayanıklılık deneyleridir. Dördüncü bölümde tüm bu çalışmaların değerlendirmeleri yapılmıştır.

Beşinci bölümde yapılan deneylerin sonuçları verilmiş ve karşılaştırmalı değerlendirme yapılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen doğal taşlar Anemas Zindanları'ndaki 2018-2019 yılları arasında gerçekleştirilen restorasyon uygulaması sırasında kopmuş veya düşmüş olan taş parçalardan alınmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. DOĞAL TAŞLAR VE BOZULMA SEBEPLERİ

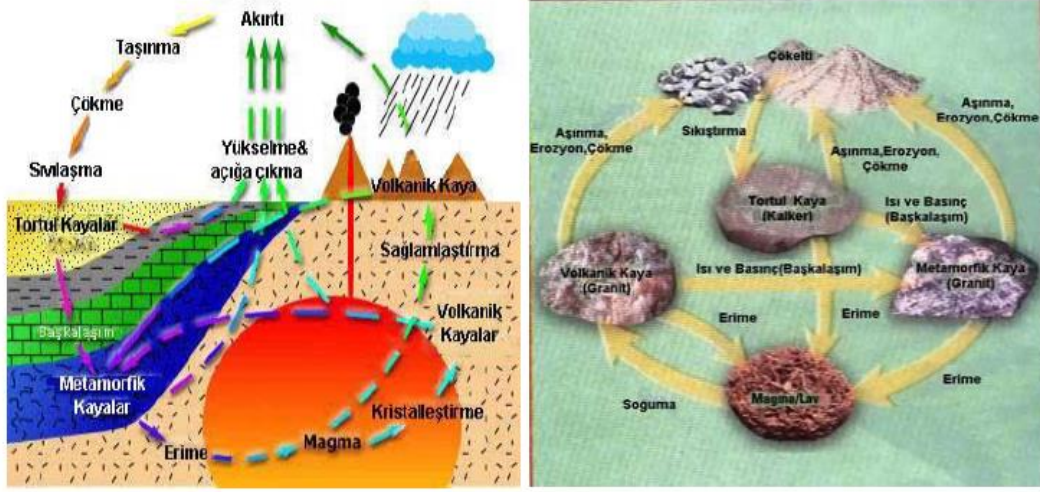
Türkiye jeolojik yapısı itibariyle çok zengin doğal taş kaynaklarına sahiptir (Şekil 1.1). Doğal taşların tarihte en eski yapı malzemelerinden biri olmasının en önemli sebeplerinin başında dayanıklılık gelmektedir. Ayrıca estetik oluşu sebebiyle de birden farklı alanda kullanılmış, birçok görkemli ve kalıcı yapılar inşa edilmiştir. Günümüzde de yeni malzemeler ortaya çıkmış olmasına rağmen doğal taşların kullanımını sürmektedir. Geleneksel mimaride, her yörenin doğal kaynakları ve taşı kullanılmıştır. Bununla birlikte, doğal kaynaklar ve yapı taşı rezervleri sonsuz olmayıp tükenebilir, hatta çevre şartlarından etkilenip bozulabilmektedir (Kazancı ve Gürbüz, 2014).



Şekil 1.1: Türkiye Doğal Taşları Göreceli ve Rezerv Alanları ¹(Kazancı ve Gürbüz, 2014)

Doğal taşlar, yeryüzünde çeşitli etkenlerle oluşan bir veya birden fazla mineralin birleşiminden oluşan malzemelerdir. Doğal taşlar kendini oluşturan minerallerin rengi, dokusu, yapısı, sertliği, dayanıklılığı gibi özelliklerini taşımaktadır. Taşı oluşturan mineral sert ve dayanıklı ise doğal taş da sert ve dayanıklı olur, tam tersi yumuşak ve kolay parçalanabilen bir mineral ise doğal taş da aynı özellikleri taşımaktadır.

¹ 1. Ahlat Taşı, 2. Ankara Taşı, 3. Lületaşı, 4. Midyat Taşı, 5. Nevşehir Taşı, 6. Oltu Taşı, 7. Pileki Taşı, 8. Sille Taşı, 9. Önemli traverten ve mermer yatakları.



Şekil 1.2: Kayaç döngüsü (Çetin, 2015)

1.1 Doğal Taşların Oluşumu ve Sınıflandırılması

Taş eski çağlardan bu yana insan yaşamında birçok alanda var olmuştur. Eski Mısırlılar Aswan granitlerini, Urartular volkanik tüfleri, Hititliler bazalt taşlarını ve Helenistik dönem uygarlıkları mermerleri yoğun olarak kullanmışlardır. Bu uygulamalarda taşın kaynağının yapının inşa edileceği yere uzaklığı, ekonomik ve kolay taşınabilir olması, çeşitliliği, estetik olarak uygun olması taş seçiminde başlıca etkenlerdir (Karahana, 2018). Ülkemizde Bazalt, Andezit, Mermer, Kireçtaşı, Traverten, Volkanik Tüfler, Serpantin ve Granitler çokça kullanılan taşlardır. Ayasofya ve Süleymaniye gibi, Bizans ve Osmanlı dönemi eserlerinde farklı yörelere ait küfeki, mermer, granit, porfir, puding, breş ve tüf gibi çok çeşitli doğal taşlar kullanılmıştır.

Doğal taşlar bir veya birden fazla mineralin bir araya gelmesiyle oluşan organik olmayan kristal yapıya sahip malzemelerdir. Doğal taş tanımı doğada bulunan her türlü kayacı kapsamaktadır. Endüstriyel anlamdaki doğal taş ise üzerine işlem uygulanarak veya uygulanmadan özel olarak üretilen taşlardır. Taş rengini, dayanıklılığını, yoğunluğunu, yapısını içinde bulundurduğu minerallerden alır. Doğal taşlar mineraller topluluğudur. Bu minerallerin kendisine özgü kimyasal yapısı ve kristal şekli bulunmakta. Rengi, dokusu, sertliği vb. özellikleri oluşturduğu doğal taşın özelliklerini belirlemektedir.

Doğal taşlar yerkürenin en dışında katı maddelerdir. Yapı ve sanayide kullanılan taşlar oluşum şekline ve kökenine göre üç grupta incelenmektedir. Bunlar; Magmatik (Püskürük) taşlar, Sedimenter (tortul) taşlar ve Metamorfik taşlardır (Şekil 1.1). Bu taşlar basınç ve farklı etkenlerle başkalaşarak bir diğerine dönüşebilir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1: Doğal Taşların Oluşumuna Göre Sınıflandırması

| DOĞAL TAŞLAR | | | |
|--------------|---------------------------------------|-------------------|------------|
| MAGMATİK | TORTUL (SEDİMANTER) | | METAMORFİK |
| | KIRINTILI | KİMYASAL | |
| Granit | Konglomera Puding, Breş Kumtaşı | Kireçtaşı | Mermer |
| Bazalt | | Dolomit | Serpantin |
| Siyenit | | Traverten | Gnays |
| Gabro | | Oniks | Kuvarsit |
| Diyabaz | | Fosilli Kireçtaşı | Arduvaz |
| Tüf | | | Şist |
| Trakit | | | |
| Andezit | | | |

1.1.1 Tortul (Sedimenter) Taşlar

Yeryüzündeki kayaçlar güneş, yağmur, rüzgâr, buzul gibi dış etkenlerle karşılaşır aşınır ve taşındığı bölgelerde çökerek tortulaşır katmanlaşarak tortul taşları oluşturmaktadır. Tortul taşlar çok sertleşmiş ya da gevşek halde olabilirler. Bu taşlar, tabakalardan meydana gelmektedir ve bulunduğu yatağa özgü özellikler taşımaktadır. Yatak boyunca sahip oldukları özellikleri zamanla değişebilir. Tortul taşlar kendi içerisinde üç gruba ayrılmaktadır (Çizelge 1.2). Fiziksel (ayrık) taneli, Kimyasal tortul ve Organik tortul taşlardır (Yıldırım, 2007).

Çizelge 1.2: Tortul Taşlar (Ziyaettin, 2010, s. 10)

| TAŞ TİPİ | ÖZELLİKLERİ | AYRIK | YAPIŞIK |
|--------------------|-----------------------------------|---|--|
| FİZİKSEL TORTUL | Taneli parçalar 2 mm'den büyük | İri çakıl Çakıl | Konglomera Puding (yuvarlak) Breş (köşeli) |
| | 0.2-2 mm | Kaba kum İnce kum | Kumtaşı (Gre) |
| | 0.002 mm ve daha ince | Kil | Marn (Kil+ Kireçtaşı) |
| ORGANİK TORTUL | Kalkerli | Kavkı Mercan | Kavklı kalkerler (kireçtaşları) Mercanlı kalkerler Küfeki taşı |
| KİMYASAL TORTUL | Kalkerli | Eriyiklerden çökelmiş CaCO ₃ çökeltme veya başkasının yerini alma | Kalkerli Yoğun Kalkerler Tüf ve traverten Albatr Magnezyumlu Dolomit |

Fiziksel tortul taşlar, mekanik ayrışmalar sonucunda minerallerin çökmesi ile oluşmaktadır ve taneli taşlardır. Kimyasal tortul taşlar, kimyasal ayrışmalar sonucunda suda çözünen maddelerin ayrışması ile oluşur. Travertenler, dikit ve sarkıtlar, göl kenarlarındaki tuz birikintileri örnek verilebilir. Organik tortul taşlar ise organik atıklardan ve büyük küçük taneli parçalardan oluşmaktadır. Tortul taşlar kristal taneli yapıya sahip değildir, katmanlı yapıya ve fosillere sahip olabilir.

1.1.2 Magmatik Taşlar

Magmatik taşlar, magmanın farklı derinliklerde soğuması ve katılmasıyla meydana gelmektedir. Magma yer küredeki zayıf noktalarından ilerleyerek litosferin içine doğru hareket eder ve zaman zaman yeryüzüne doğru çıkar ve yayılır. Magmatik kayaçlar; magmanın litosfer içinde veya yüzeyinde içindeki su buharını ve gazları kaybederek soğuması ile içeriğindeki minerallerin kristalleşerek katılması sonucunda oluşur, bu yüzden kayaçların özellikleri içindeki mineraller, bu minerallerin katıldıkları derinlik ve ortama bağlıdır (Özgünler, 2007). Bu taşlar soğumanın gerçekleştiği yer ve soğuma hızına göre volkanik, damar ve derinlik taşları olarak üç gruba ayrılmaktadır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3: Magmatik Taşlar

| MAGMATİK TAŞLAR | | |
|-----------------|---------------|------------------|
| Yüzey Taşları | Damar Taşları | Derinlik Taşları |
| Bazalt | Diyabaz | Granit |
| Andezit | Aplit | Gabro |
| Trakit | Pegmatit | Siyenit |
| Riyolit | Porfir | Diyorit |

Volkanik taşlar hızlı soğuma ile oluşmakta, aynı zamanda yüzey taşı olarak da bilinmektedir. Bu sebeple camsı ve ince kristalli yapıya sahiptir (Şekil 1.3). Damar taşları, orta hızda soğuma ile oluşmaktadır, bu yüzden ince kristalli ve karma bir yapıya sahiptir. Magmatik taşlar yapılarının sertliği ve işleme güçlüğü sebebiyle az

kullanılırlar. Yapıları kristallidir ve tabakalanma yoktur. Bu taşların yapılarında fosil bulunmaz, kütleler halinde bulunur ve asitten etkilenmezler.



Şekil 1.3: Magmatik Taşların Başlıca Örnekleri (URL-1)

1.1.3 Başkalaşım (Metamorfik) Taşlar

Metamorfizma, kayaçların çok yüksek ısı ve basınç altında yapı, doku ve bileşim değişikliğine uğramasıdır. Metamorfik kayaçlar bu tür değişimle oluşmuş kayaçlardır (Çizelge 1.4). Kristalsiz yapıya sahip bu kayaçlar yüksek ısı ve basınç etkisiyle kristalli bir yapıya dönüşürler (Özgünler, 2007).

Çizelge 1.4: Metamorfik Taşlar

| Metamorfik Taşlar |
|-------------------|
| Mermer |
| Serpantin |
| Gnays |
| Kuarsit |
| Arduvaz |
| Şist |

1.2 Doğal Taşlarda Bozulma Sebepleri

Doğal taş bozulmaları farklı şekilde kendisini gösterebilmektedir. Yüzey kayıpları pullanma, kavlanma, kırıntılanma yapraklanma gibi durumlar ile oluştuğunda tespit ve teşhis edilmesi daha kolaydır. Ancak içsel bozulmaların tespiti farklı metotlarla anlaşılmaktadır. Bozulmaların sebepleri ve süreçleri teşhis ve tedavinin yönlendiricisi olmaktadır. Ancak bunlar için uzun süreli gözlem, deney, ölçme ve tarifleme gerekmektedir. Bozulma derecesi ve oranını değerlendirmek, onarım yöntemini, kullanılacak malzemeyi, müdahalenin aciliyetini belirlemek için gerekli doneleri vermelidir. Müdahale sonrasında taşın durumunu izlemek iyileştirici müdahalenin etkisini ölçmek açısından önemlidir (Ersen, 1991).

Yapılarda kullanılan doğal taşlarda oluşan bozulmaların en büyük sebebi iklimsel şartlardır. Fiziki, kimyevi ve biyolojik sebepler genelde birlikte taşın bozulmasındaki süreci hazırlamaktadır (Doehne & Price, 2010).

Ocaktan çıkan taşların atmosferik şartlara gösterdikleri direnç barındırdıkları minerallerin gösterdikleri tepkiye göre değişmektedir. Kimi bileşimler çok sağlam ve dayanıklı olabildiği gibi kimilerinde çok çabuk dirençleri azalmaktadır. Taşın porozitesi bozulma süreçlerinde önemli rol oynar. Bozulmaları kimyasal, fiziksel, biyolojik sebepler ile insan kaynaklı sebeplere bağlı olarak gelişmektedir (Doehne & Price, 2010).

1.2.1 Kimyasal ve Fiziksel Etkiler

Taşın içeriğindeki minerallerin su oksijen karbondioksit ve canlı mikroorganizmaların etkileri ile değişim geçirip başka minerallere dönüşmesi kimyasal çözünmedir. Nem artışı ve sıcaklık artışı kükürt azot oksit gibi maddelerin reaksiyona girerek asidik ortam oluşturmasını sağlamaktadır. Bu durum taşın kimyasını bozmaktadır. Taşın mineral yapılarında herhangi bir hasar oluşmadan mekanik ayrışmalar ile parçalanarak ufalanması fiziksel bozulmadır. Özellikle yüksek sıcaklık farkları taşın içerdiği nem üzerinde etkili olarak tuz, buz veya bitki köklerinin çatlamları bozulmalara yol açabilmektedir. Donma ve çözünme taşların büzüşüp genişmesine yol açarak parçalanmaya yol açmaktadır (Öcal ve Dal, 2012, s. 29-31).

Doğal taş tahribatlarının önemli sebeplerinden biri suyun taş yüzeyine veya taş bünyesine nüfuz ederek ısı değişimleri ve iklimsel farklılıklar dolayısıyla yaşadığı hacimsel ve kinetik hareketliliğidir (Doehne & Price, 2010, s.14). Suyun taşıdığı suda çözünebilen bazı tuzlar taşın bozulmasına yol açmaktadır. Kılcal boşluklar boyunca tuzların kristalleşmesi bozulmaya yeterli olacak ölçüde sıkışma ve gerilmelere yol açmaktadır (Wheeler, 2005, s. 74-75).

Hava kirliliğinin taşıdığı zararlı partiküller taş yüzeylere tutunur. Siyah kabuk oluşumu hava kirliliği etkilerinin en önemli sonuçlarından birisi olarak görülmektedir. Şekil 1.4'te atmosfer etkilerine ve çevresel faktörlere bağlı olarak yüzeyde oluşan kararmalar görülmektedir.



Şekil 1.4: Şeb Sefa Hatun Cami Doğu Cephesi (K. Sarıçamlık, 2019)

1.2.2 Biyolojik Etkiler

Taşların bozulmalarına sebep olan bir sebep de biyolojik oluşumlardır. Taşların neme açık karanlık bölgelerinde mantar, küf, liken, yosun oluşumları bozulmaya yol açan biyolojik etkilerdir. Bitkilerin nemli taşlardan beslenmeleri mümkün olduğu için köklenme dolayısıyla taşların fiziksel olarak aşınma ve çatlamaları hızlanmaktadır. Odunsu bitkiler kökleri vasıtasıyla ve ağırlığıyla da bozulmaya sebep olabilmektedir. Topraklaşma, mekanik, kimyasal ve biyolojik etkilerin bir arada etki etmesine yol açan bir ortam oluşturur (Wheeler, 2005, s. 72-73).

Yüzeylerde oluşan likenler bakteriler yosunlar otsu bitkiler gibi biyolojik oluşumları, çeşitli bozulmaları meydana getirmektedir (Çizelge 1.5). Büyüyen kökler işgal ettiği yapı malzemesinin boşluklarına iyice dolarak malzemeyi sıkıştırmaya başlar ve çatlatır. Oluşan çatlaklar ile yapı malzemesi su almaya başlar, su almasıyla birlikte diğer sorunları da beraberinde getirmektedir (Dolar ve Yılmaz, 2014, s. 2-3). Doğal taşta var olan boşlukların, çatlakların içerisinde biyolojik büyüme sonucu meydana gelen renk değişimi, yosunlaşma görülmektedir (Şekil 1.5).

Çizelge 1.5: Biyolojik Oluşumların Doğal Taşlar Üzerindeki Tahripleri (Dolar ve Yılmaz, 2014)

| Biyolojik Organizma türü | Doğal Tasa Etkisi |
|------------------------------------|---|
| Ototrof bakteriler | Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, pul pul dökülme, |
| Heterotrof bakteriler | Siyah kabuklar, kahverengi siyah patinalar, pul pul dökülme, renk değişimi. |
| Actinomycetesler | Beyaz-gri kabartı, patinalar, pul pul dökülme, beyaz lekeler. |
| Mantarlar | Renklenmiş tabakalar, pul pul dökülme, çukurlar. |
| Yeşil yosunlar | Değişik renkli ince film tabakası oluşumu ve patinalar. |
| Likenler | Kabuklar, parça kabuklaşmalar, çukurlar. |
| Kara yosunları | Yeşil-gri renkte geniş yüzeyleri kaplayan tabakalar. |
| Yüksek bitkiler | Çimen, funda ve yarıklarda yetişen ağaçsı türler, malzemede kopma ve deformasyona neden olma. |
| Hayvanlar, böcekler, kuşlar | Tipik şekilli delikler, paslanmaya neden olabilecek maddelerin birikmesi, çatlaklar. |



Şekil 1.5: Dülgerzade Cami Dış Cephesi (K. Sarıçamlık, 2019)

1.2.3 Diğer Sebepler

Tarihi yapıların yıpranması, hasar alması ve en kötüsü yok olmasına sebep olan iki temel grup bulunmaktadır; dış etkenler doğal afet boyutundaki doğa olayları ve insanların yol açtığı büyük felaketlerdir. Doğal afetler Jeolojik yani yeryüzü ve yeraltı kaynaklı kütleli hareketlerdir. Bunlar deprem, yanardağı püskürmeleri, heyelan ve erozyondur. Güçlü akıntılara sebep olan taşkınlar, nehirlerin ya da derelerin etrafındaki yerleşimlerde yapıların hem temellerine hem de toprak üstündeki kısımlarına büyük hasar verebilirler. Yanardağ patlamaları en hafifinden yaydığı gazlar dolayısıyla yapılara hasar verebilirken bazı durumlarda can ve mal kaybına yol açarak tarihi yerleşimlerin tamamen ortadan kalkmasına sebep olabilmektedir (Öcal ve Dal 2012, s. 40-41).

İnsanların sebep olduğu olaylar da yıkıcı olabilmektedir. Bu durumları şöyle sıralayabiliriz; her türlü zehirli zehirsiz atığın yol açtığı çevre kirliliği, yangın, patlama, kimyasal sızıntı, demir ve kara ulaşım araçlarının kazaları, siyasi ve sosyal anlaşmazlıklardan doğan savaş, çatışma, terör olaylarıdır (Tulunay, 2019, s. 61). Yapı yangına dayanıklı malzemelerden yapılmadığında ve yangın riski göz ardı edildiğinde oluşan yangınlar yapının hasar görmesine hatta tümüyle yok olmasına yol açabilmektedir. Yangına karşı dayanıklı olduğu düşünülen doğal taşlar dahi yüksek ısı ile karşılaştıklarında molekül düzeydeki hacim genleşmeleri dolayısıyla gerilmelere

maruz kalarak dağılma, kopma ya da dökülmelere karşı koyamayarak hasar oluşturmaktadır (Akıncıtürk ve Eriç, 2002; Küçükkaya, 2004).

İKİNCİ BÖLÜM

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 İncelenen Doğal Taşın Seçimi ve Özellikleri

İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan Fatih ilçesine bağlı Ayvansaray mahallesinde Devişzade sokağında bulunan Anemas zindanları, Bizans döneminden bugüne gelmiş döneminin en büyük saray komplekslerindedir. 2006 yılında yeniden işlev kazandırabilmek için restorasyon çalışmaları başlamış, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından restorasyonu tamamlanmıştır.

Çok eski devirlerden bu yana kullanılan ve eski eserlerin günümüze ulaşmasına vesile olan küfeki taşı, Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde üretilen tarihi yapıların başlıca inşaat malzemesidir (Çapar, 2019, s. 33). İstanbul başta olmak üzere Trakya dahil Marmara bölgesinde, hatta balkanlara kadar uzanan yakın coğrafyanın küfeki taşı gereksinimi İstanbul çevresindeki ocaklardan karşılanmıştır (Çapar, 2019). Bir kalker türü olan bu taş Bakırköy taşı olarak da bilinmektedir. Bölgesel şehirleşmenin etkisiyle eski ocaklar ve buralardan çıkarılması olası taş katmanları yerleşim bölgelerinde kalmıştır. Bu yüzden restorasyonlarda orijinal taşlar yerine yakın ocaklardan çıkarılan benzer taşlar kullanılmaktadır (Umaroğulları, 2015, s.11).

Küfeki İstanbul'daki tarihi yapıların iç ve dış mekanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pratikte küfekin tercih edilmesini sağlayan en önemli sebeplerden birisi kolay işlenebilirliğidir. Cami, saray, kilise, kamu ve sivil mimari yapıları, kemer, sur gibi sembol olmuş yapıların zamana karşı direnmesi ve günümüze ulaşması bu taşın sağlamlığını göstermektedir. Bu nedenle küfeki Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinin ortak yapı malzemesi olmuştur. Mimar Sinan'ın görkemli eserlerinin yapı malzemesi taşıyıcı sisteminden bezemelerine kadar küfekidir. Taşın işlenebilirlik ve sağlamlığının yanı sıra boşluklu yapısı sayesinde yoğunluğunun düşük olması hafiflik kazandırdığı için uygulama kolaylığı getirmektedir.

Taş ocaklarının konumu mesafe ve ulaşılabilirlik açısından önemlidir. Özellikle deniz ulaşımına sahip ocaklar ön plana çıkmıştır, ancak tek ölçüt bu değildir, ocakların sahip olduğu taşın özellikleri de taşları ve ocakları değerli kılmıştır (Angı, 2019). İzmit körfezi etrafındaki Hereke, Gebze, Kefken ve Karamürsel taş ocakları barındırdıkları taşların özellikleri ve buldukları konum itibariyle İstanbul'a taş tedariki yapılan başlıca merkezler olmuşlardır. Bölgeden çıkarılan taşlar, dini yapılardan, ticari yapılara, eğitim kurumlarından askeri yapılara kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmuştur. İstanbul'un daha yakın çevresinden hem kara hem deniz yoluyla getirilen küfeki taşı aslı İstanbul taşıdır ki Davutpaşa'dan Kırklareli'ne uzanan hat üzerindeki birçok ocaktan çıkarılmıştır. İstanbul'da bulunan farklı uygarlıklara ait anıtsal öneme sahip tarihi yapılardaki özgün malzeme olan küfekin temini, tarihi yapıların ocakların şehirleşme ile yok olması sebebiyle daha uzak mesafedeki ocaklara kaymıştır (Kumral ve diğ., 2019).

2.2 İncelenen Doğal Taşın Karakterizasyon Deneyleri

2.2.1 Kimyasal Özellikler

Kimyasal analizler, taşın kimyevi özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerdir. Bu kapsamda yapılan deneyler Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi bünyesindeki Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi Prof. Dr. Ahmet Refik Ersen Koruma laboratuvarında (KURAM) yürütülmüştür.

2.2.1.1 Asit Kaybı

Asit kaybı deneyi, doğal taş, harç, sıva ve tuğla gibi malzemelerin ve karbonatla içeriğinin saptanması amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Teutonico, 1986). Örnekte bulunabilecek karbonat (CaCO_3) oranını belirlemek amacıyla toz haline getirilmiş olan örnek %10'luk HCl (hidroklorik asit) ile reaksiyona girer ve bu işlemin ardından geriye kalsiyum karbonat (CaCO_3) içermeyen silikatlı malzemeler kalmaktadır (Şekil 2.1). Deney sonunda kayıp ve kalan malzeme oranı hesaplanmıştır (Çizelge 2.1). Üç farklı örneğe uygulanan asitle muamele sonrasında kayıp oranının %98 den fazla olduğu tespit edilmiştir.



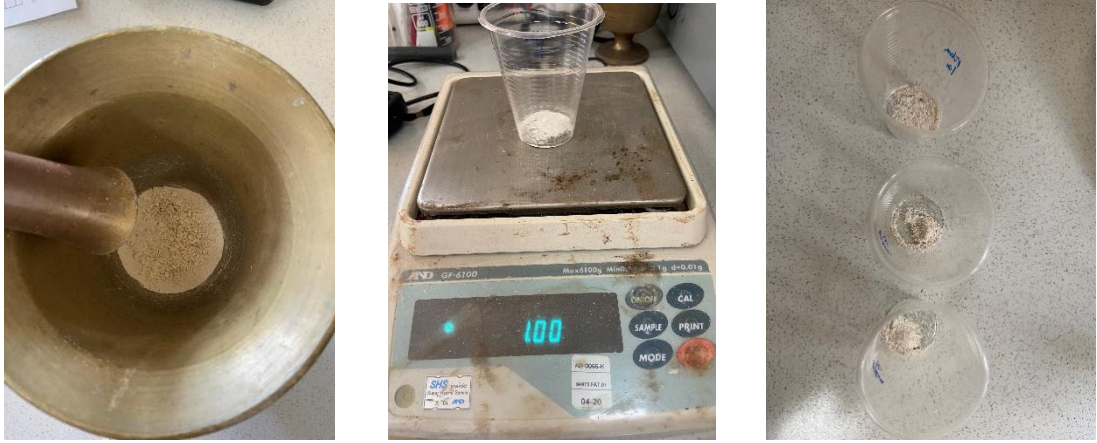
Şekil 2.1: Tartımı Alınan Örneklere HCl İlave Edilmesi

Çizelge 2.1: Kükfeği Örneklerinin Asitle Muameleme Sonuçları

| Numune | Kayıp (%) | Kalan |
|--------|-----------|-------|
| 1 | 98,25 | 1,75 |
| 2 | 98,41 | 1,59 |
| 3 | 98,25 | 1,75 |

2.2.1.2 Suda Çözünen Tuzların Analizi

Suda çözünebilir tuz analizi, harç, sıva, taş ve tuğla örneklerinin içeriğinde bulunan suda çözünebilir Cl^- (klorür), SO_4^{2-} (sülfat), CO_3^{2-} (karbonat) ve NO_3^- (nitrat) tuzlarının nitelikleri ve miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan spot bir testtir. Tuz analizinde iletkenlik sınır değeri önemli olduğundan, örneklerde çözünen tuzların miktarı iletkenlik ölçümü ile bulunmaktadır (Güleç, 1992). Laboratuvar ortamında malzeme pirinç havanda öğütülerek toz haline getirilmiş ve 1 gr örnek ve 100 ml de-iyonize (saf su) su ile cam beher içerisinde 48 saat bekletilmiştir. Bu test sonucunda tuzların çeşidi ve oranı tespit edilmiştir (Şekil 2.2). Suda çözünebilir tuzlarla birlikte numunelerde protein ve yağ varlığı da spot testlerle analiz edilmiştir (Çizelge 2.2).



Şekil 2.2: Örneğin Havanda Dövülmesi ve Tartımın Ardından Kaplara Ayrılması

Test sonucuna göre küfeki örneklerinde örnek Cl^- (klorür), SO_4^{2-} (sülfat), CO_3^{2-} (karbonat) ve NO_3^- (nitrat) tuzlarının bulunmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2.2: Suda Çözünebilir Tuzlar ve Organik Madde Analizi

| Numune | SUDA ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR | | | | | ORGANİK MADDE | |
|--------|-------------------------|-------------|-------------|----------|------------------------|---------------|-----|
| | Cl^- | SO_4^{2-} | CO_3^{2-} | NO_3^- | İLETKENLİK (μS) | PROTEİN | YAĞ |
| 1a | - | - | - | - | 81 | - | - |
| 1b | - | - | - | - | 83 | - | - |
| 1c | - | - | - | - | 79 | - | - |
| 2a | - | - | - | - | 79 | - | - |
| 2b | - | - | - | - | 79 | - | - |
| 2c | - | - | - | - | 82 | - | - |

2.2.2 Minerolojik ve Petrografik Özellikler

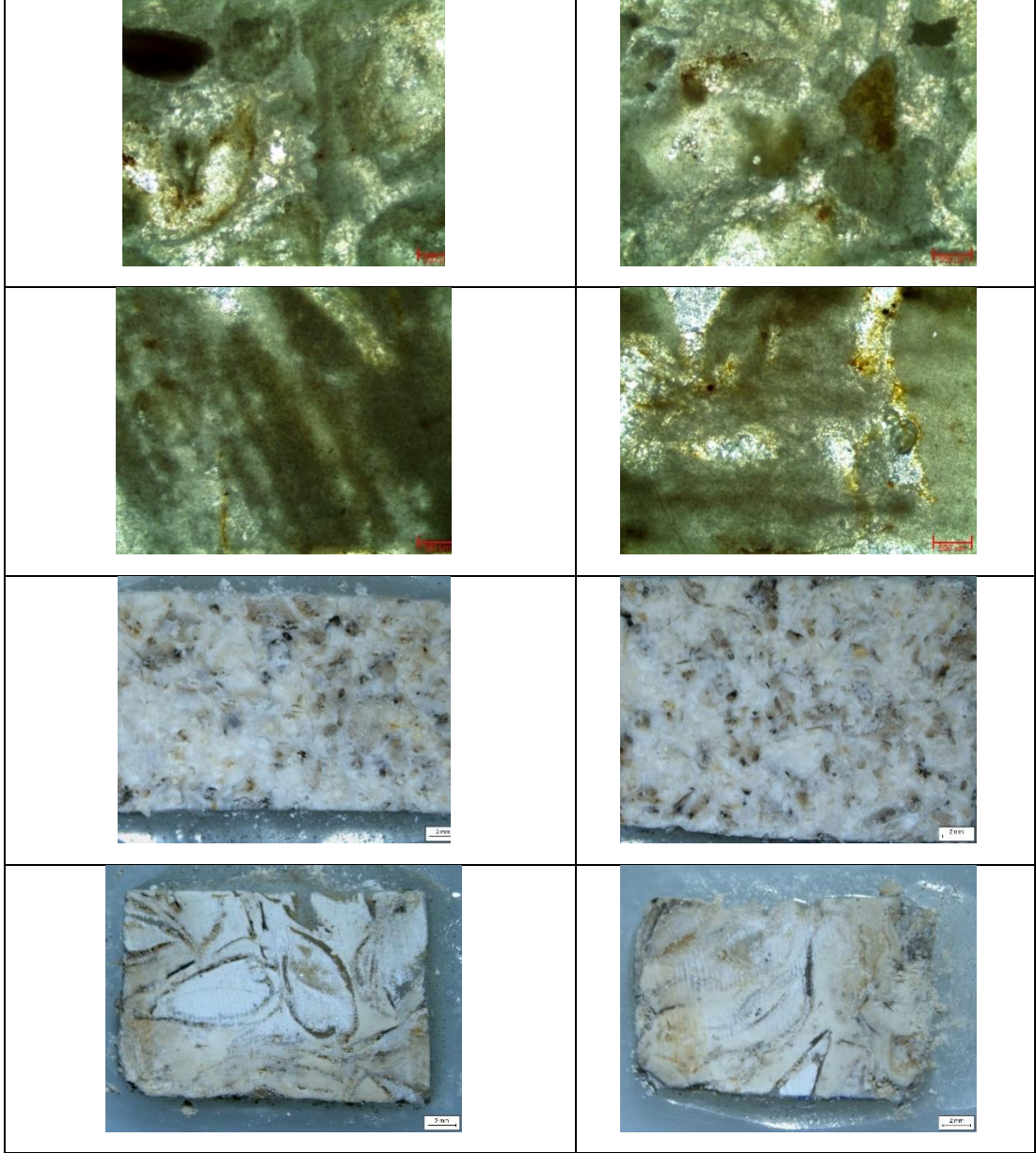
Doğal taşların kristal yapıları, dokusu ve mineral içeriği gibi jeolojik incelemeler ve tespitleri mineraloji ve petrografi analiziyle yapılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Örneğin Zımparalanması ve İnce Kesit Hazırlanması

2.2.2.1 Petrografi Analizi

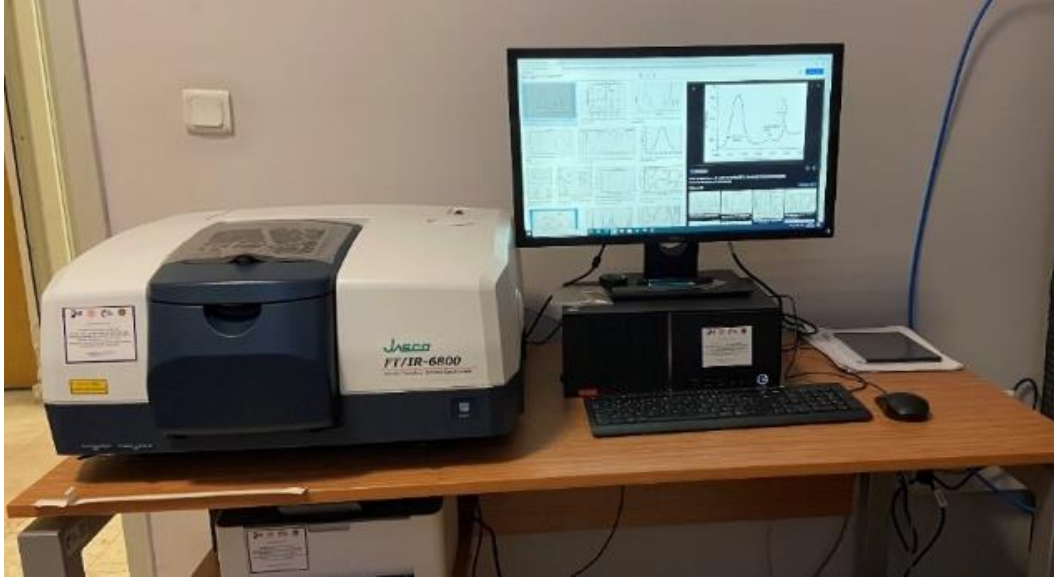
Küfeki taşı üzerinde stereo ve polarizan mikroskop ile petrografi analizinde gerçekleştirilen analizinde beyaz renkli, bol miktarda orta ve büyük boyutlu maktra fosili içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 2.4).



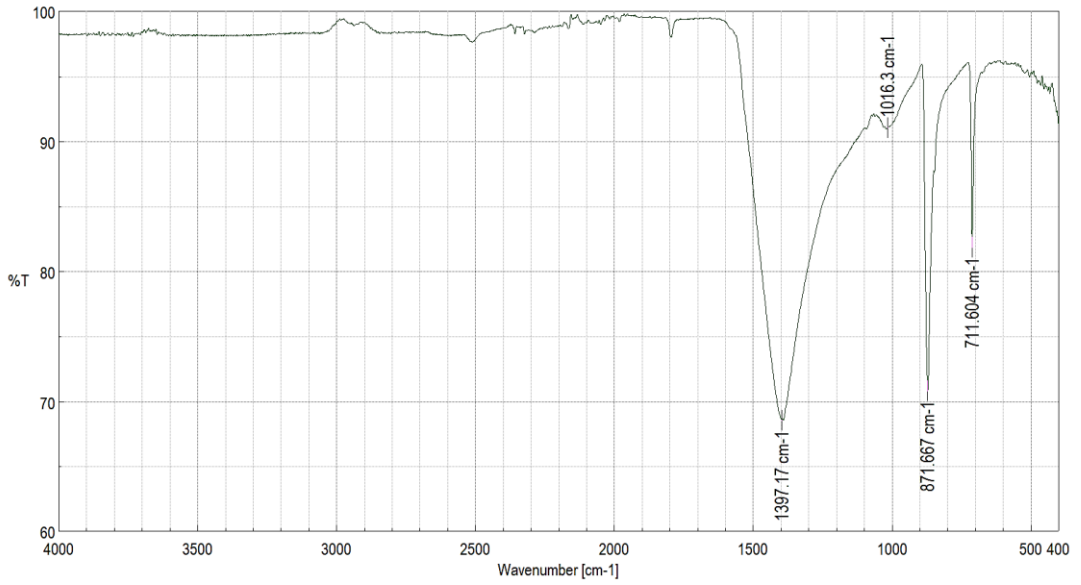
Şekil 2.4: Stereo Mikroskop ve Polarizan Mikroskop Görüntüleri

2.2.2.2 FT-IR

FT-IR organik ve inorganik moleküllerin tanımlanması için kullanılan analitik bir yöntemdir. Küfeki taşından bir miktar alınıp ardından kurutulularak hazırlanan örnek Jasco FT-IR 6800 cihazın diskine yerleştirilmiştir (Şekil 2.5). Analiz sonucunda, 1397.17, 871.667 ve 711.604 dalga sayılarının kireçtaşına ait olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.5: Jasco FT-IR 6800 Cihazı



Şekil 2.6: Küfeki Taşına Ait FT-IR Spektrumu

2.2.2.3 Mohs Sertliği

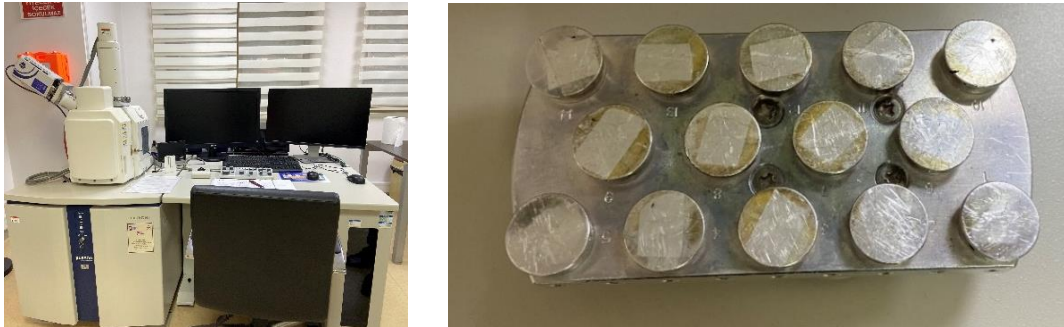
Mohs sertliği, minerallerin çizilmeye ve aşınmaya karşı gösterdikleri mukavemet ile ilişkili bir skaladır. Laboratuvarda yapılan ölçümler sonucunda küfeki taşının mohs sertlik değerinin 2-3 arasında olduğu tespit edilmiştir (şekil 2.7).



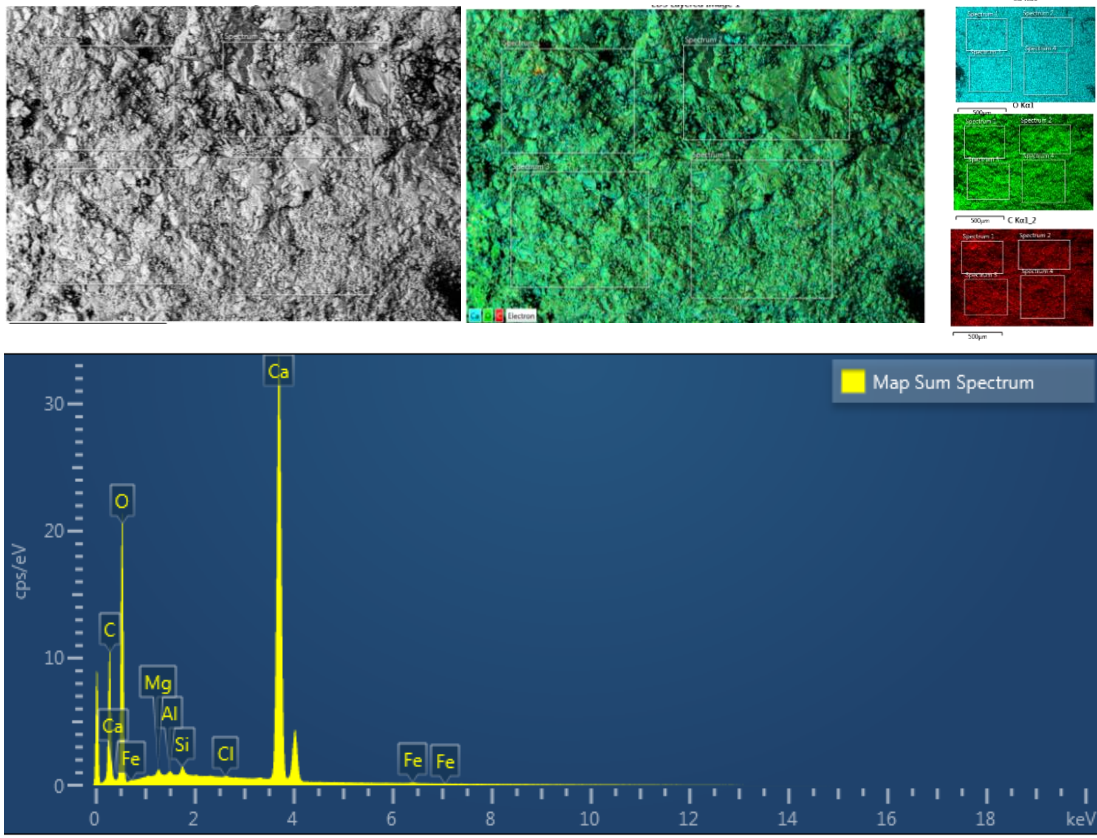
şekil 2.7: Mohs Sertlik Cetveli ve Uygulama

3.2.2.4 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

Taramalı elektron mikroskobu aracılığı ile incelenecek örnek üzerine elektron demetleri gönderilmekte (şekil 2.8) ve örneğin yüzey şekli, dokusu ve içeriğiyle ilgili bilgi toplanmaktadır (şekil 2.9 ve izelge 2.3). Numune ebatları en fazla 200 mm çap, 80 mm yükseklikte olmaktadır. Analiz sonucunda, %96,60 oranında CaO tespit edilmiş, az miktarda %1,29 SiO₂, %0,81 MgO, %0,54 Al₂O₃, %0,63 FeO grlmştir.



şekil 2.8: Hitachi SU 3500 SEM Cihazı ve rnekler



Şekil 2.9: Küfeki Taşının Sem Görüntüleri ve Spektrumu

Çizelge 2.3: Küfeki Örneğinin SEM-EDX Sonuçları

| Element | Line Type | Weight% | Weight% Sigma | Atomic% | Oxide | Oxide% | Oxide% Sigma |
|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| O | K series | 28.96 | 0.08 | 50.32 | | | |
| Ca | K series | 69.04 | 0.09 | 47.88 | CaO | 96.60 | 0.13 |
| Si | K series | 0.60 | 0.02 | 0.60 | SiO ₂ | 1.29 | 0.05 |
| Mg | K series | 0.49 | 0.02 | 0.56 | MgO | 0.81 | 0.04 |
| Al | K series | 0.29 | 0.02 | 0.30 | Al ₂ O ₃ | 0.54 | 0.04 |
| Fe | K series | 0.49 | 0.06 | 0.24 | FeO | 0.63 | 0.08 |
| Cl | K series | 0.13 | 0.02 | 0.10 | | 0.00 | 0.02 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | 99.87 | |

2.2.3 Fiziki- Mekanik Özellikler

Çalışma kapsamında fiziki özelliklerin tayini için; yapıdan alınmış numunelere kılcal su emme, atmosfer basıncı altında su emme, birim hacim ağırlık, özgül kütle ve boşluluk deneyleri laboratuvar ortamında yapılmıştır.

2.2.3.1 Birim Hacim Ağırlık ve Boşluluk

Birim hacim ağırlık ve boşluluk deneyinde TS 699 (Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri) ve TS EN 1936 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardı esas alınmıştır. Yapılan deneyde numuneler 105 °C'ye kadar etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra doymuş hale gelene kadar suda bekletilmiştir (Şekil 2.10). Deney sonucunda numunenin suya doymuş ve kuru birim hacim ağırlıkları ve Boşluluk değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 2.4).

$$dh = Gk / V \text{ (g/cm}^3 \text{)}$$

$$N = (M_s - M_d) / v$$

Formülde;

Gk: Numunenin kuru kütlesi (g)

V: Numunenin hacmi (cm³)

dh: Birim hacim kütle (gr/cm³)

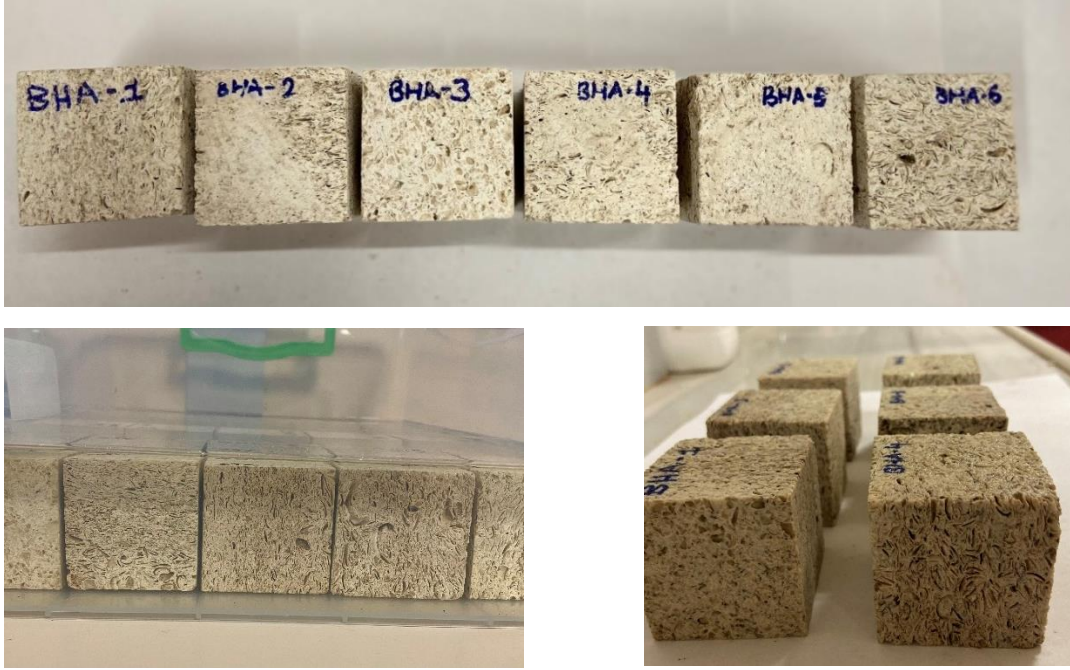
Boşluluk oranı:

M_d: Kuru örnek ağırlığı (g)

M_s: Doymuş örnek ağırlığı (g)

V: Örneğin hacmi (cm³)

N: Açık Boşluluk (%)



Şekil 2.10: Örneklerin Deney Sırasındaki ve Sonrasındaki Durumu

Çizelge 2.4: Küfekiinin Birim Hacim Ağırlık ve Boşlukluluk Sonuçları

| Numune | Kuru Birim Ağırlık (g/cm ³) | Doygun Birim Ağırlık (g/cm ³) | Açık Boşlukluluk (%) |
|-----------------|--|--|----------------------|
| 1 | 1,79 | 1,90 | 11,08 |
| 2 | 1,81 | 1,92 | 10,79 |
| 3 | 1,79 | 1,90 | 11,05 |
| 4 | 1,69 | 1,82 | 13,30 |
| 5 | 1,82 | 1,93 | 11,07 |
| 6 | 1,72 | 1,82 | 10,75 |
| Ortalama | 1,77 | 1,88 | 11,34 |

2.2.3.2 Özgül Kütle

Özgül kütle tayini TS 1936 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardına uygun olarak deney yapılmıştır. Örnekler 0.063 mm elekten geçirilinceye kadar öğütülmüş ve numuneler sabit kütleye gelinceye dek kurutulmuştur (Şekil 2.11). Yapılan deney sonucunda örneklerin özgül ağırlıkları belirlenmiştir (Çizelge 2.5).

$p_r = m_e / (m_2 + m_e - m_1) \cdot p_{rh}$ Formülde;

m_e : Öğütülmüş ve kurutulmuş numune kütlesi (piknometre deneyleri için) (g)

m_1 : Su ve öğütülmüş numune ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g)

m_2 : Suyla doldurulmuş piknometrenin kütlesi, (gr)

ρ_r : Numunenin gerçek yoğunluğu (gr/cm^3)

ρ_{rh} : Suyun yoğunluğu (gr/cm^3)



Şekil 2.11: Kurutulan Örneğin 90µ Elekten Geçirilmiş Durumu ve Piknometre

Çizelge 2.5: Numunelerin Özgül Kütle Değerleri

| Numune | Gerçek Yoğunluk (g/cm^3) |
|----------|--|
| 1 | 2,65 |
| 2 | 2,68 |
| Ortalama | 2,67 |

2.2.3.3 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme

Atmosfer basıncı altında su emme deneyi yapılırken TS 699 (Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri) ve TS EN 1936 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardı esas alınmıştır. Numuneler suda doymuş hale gelinceye kadar bekletildikten sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılmıştır (Şekil 2.12). Aşağıdaki formüle göre kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmıştır (Çizelge 2.6 ve Şekil 2.13).

Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme Oranı:

$$S_k = (G_d - G_k) / (G_k) \times 100 (\%)$$

Formülde;

G_d : Suya doymuş kütle (g)

G_k : Kuru kütle (g)

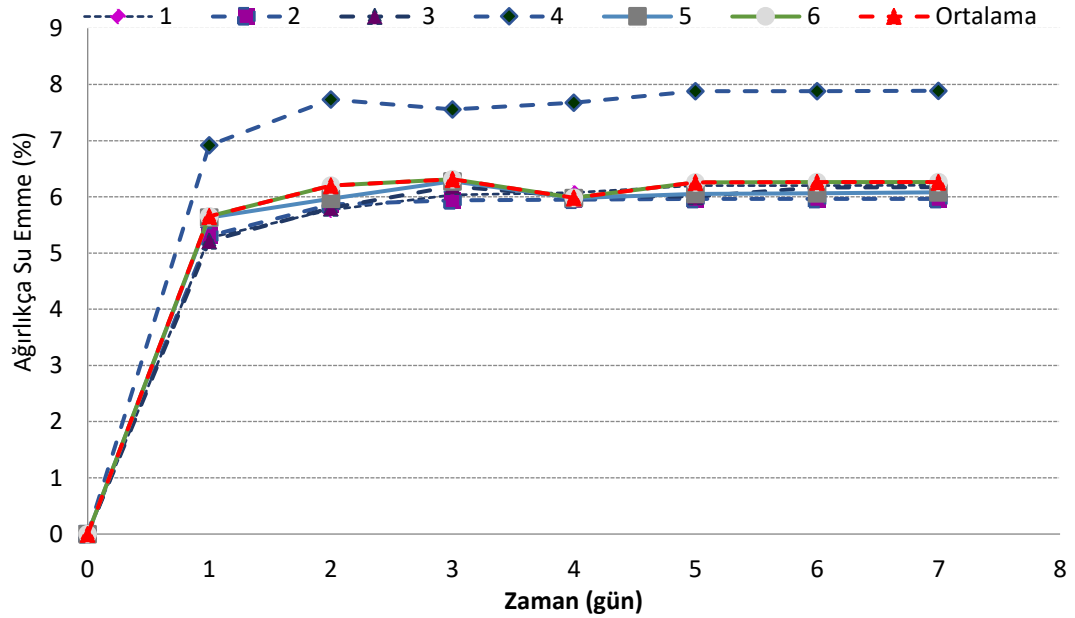
S_k : Ağırlıkça su emme oranı (%)



Şekil 2.12: Örneklerin Deney Sırasında ve Sonrasındaki Durumu

Çizelge 2.6: Küfeki Örneklerinin Ağırlıkça Su Emme Değerleri

| Numune | Ağırlıkça Su Emme (%) |
|----------|-----------------------|
| 1 | 6,21 |
| 2 | 5,96 |
| 3 | 6,17 |
| 4 | 7,89 |
| 5 | 6,08 |
| 6 | 6,27 |
| Ortalama | 6,43 |



Şekil 2.13: Ağırlıkça Su Emme Değerleri

2.2.3.4 Kılcal Su Emme

Kılcal yolla su emme tayini için, TS EN 1925 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini) standardı esas alınmıştır. Bunun için tas numuneleri, 105 °C sabit değişmez kütleye gelene kadar kurutulmuştur. Kılcallık deneyinde, yalnızca taban alanlarından kılcallık yoluyla emdirilen suya bağlı ağırlık artışları 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 ve 1440 dakikalarda tartılmış kılcallık katsayısı bulunmuştur (Şekil 2.14-15 ve Çizelge 2.7). Kılcallık katsayı formülü:

$$C_1 \text{ veya } C_2 = \frac{m_i - m_d}{A \sqrt{t_i}}, \text{ g/m}^2 \text{ s}^{0,5}$$

m_d : Kuru deney numunesinin kütlesi, (gr)

m_i : Deney numunesinin deneydeki su emmiş kütlesi, (gr)

A: Suyu batırılmış yüzeyin alanı, m^2

t_i : Deney başlangıcından ardışık m_i kütlelerinin ölçüldüğü süreler, (s.)

c_2 : Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, ($\text{gr}/\text{cm}^2 \cdot \text{t}^{0,5}$)

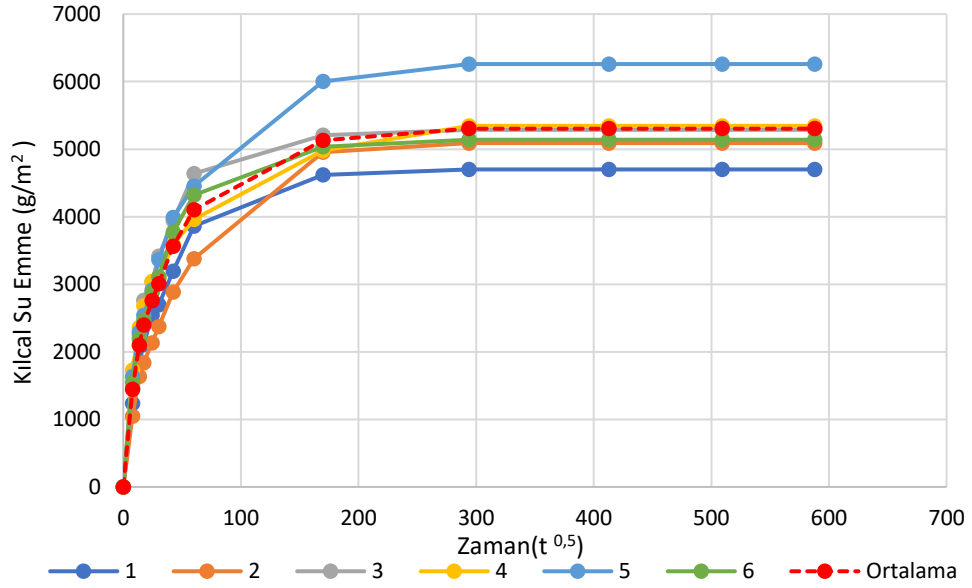
c_1 : Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, ($\text{gr}/\text{cm}^2 \cdot \text{t}^{0,5}$)



Şekil 2.14: Saf Su İçerisindeki Örneklerin Kılcallık Deneyi Sırasındaki Durumu

Çizelge 2.7: Kılcal Su Emme Katsayıları

| Numune | Kılcallık Katsayıları (gr/ (m ² t ^{0,5})) |
|-----------------|--|
| 1 | 88,353013 |
| 2 | 77,726912 |
| 3 | 108,140593 |
| 4 | 108,880083 |
| 5 | 109,367573 |
| 6 | 102,991910 |
| Ortalama | 99,243348 |



Şekil 2.15: Kılcal Su Emme Değerleri

3.2.3.5 Nokta Yük Dayanımı

Örneklerin mekanik özelliklerinin tayini için; nokta yük dayanımı deneyi yapılmıştır (Şekil 2.16). Bu deneylerde TS 699 (Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri) standardından yararlanılmış ve sonuçları hesaplanmıştır (Çizelge 2.8).



Şekil 2.16: Nokta Yük Deneyi Uygulanan Örnekler

Çizelge 2.8: Kufeki Örneklerinin Nokta Yük Dayanım Değerleri

| Numune | Genişlik (W) (mm) | Yükseklik (D) (mm) | Uzunluk (L) (mm) | D/W | P(Kn) | Is (50) (MPa) | Katsayı (K) | σ_c (MPa) |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------|-------------|------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 35 | 16 | 49 | 0,46 | 0,20 | 0,21 | 18 | 3,81 |
| 2 | 40 | 18 | 50 | 0,45 | 1,88 | 1,64 | 18 | 29,45 |
| 3 | 34 | 17 | 51 | 0,50 | 1,41 | 1,46 | 18 | 26,19 |
| 4 | 34 | 16 | 50 | 0,47 | 0,83 | 0,90 | 18 | 16,16 |
| 5 | 34 | 18 | 51 | 0,53 | 0,15 | 0,15 | 18 | 2,67 |
| 6 | 41 | 12 | 43 | 0,29 | 1,29 | 1,51 | 18 | 27,15 |
| 7 | 42 | 14 | 43 | 0,33 | 1,63 | 1,66 | 18 | 29,88 |
| 8 | 34 | 18 | 51 | 0,53 | 0,65 | 0,64 | 18 | 11,55 |
| 9 | 31 | 17 | 51 | 0,55 | 1,18 | 1,31 | 18 | 23,55 |
| 10 | 34 | 19 | 50 | 0,56 | 1,55 | 1,47 | 18 | 26,41 |
| Ortalama | | | | | | 1,09 | 18 | 19,68 |

2.3 SU İTİCİLERİN KARAKTERİZASYON DENEYLERİ

2.3.1 DOĞAL TAŞ KORUMADA SU İTİCİLER

Koruma kavramında en önemli husus özgün malzemeyi koruyabilmek ve bu doğrultuda hareket edebilmektir. Tarihi kimliği olan yapılar tarihi belge niteliği taşımakla birlikte dönemi hakkında bizlere bilgi vermektedir. Bu sebeple korumaya dair kararlar verilirken detaylı araştırıp daha sonrasında uygulamaya geçilmelidir (Ersen, 2011). Taş koruma kavramı yapısal ve estetik çalışmaların bütünü olarak nitelendirilmektedir. Taşların korunmasının ilk aşaması taşın yüzeysel ve bütünsel yıpranmışlığını yerinde ya da numunelerin laboratuvar ortamında incelenmesiyle tespit etmektedir. Ardından mekanik, kimyasal temizlik ya da yapıştırıcı vasıtasıyla eksik kısımlarının tamamlanması, sağlamlaştırıcı ve su itici kullanılarak iyileştirme ile devam etmektedir (Özgünler, 2007, s. 9). Taş koruma bozulan doğal taşlarda yüzey kayıplarının engellenmesi veya durdurulmasını amaçlayan önlemler almak ve gerekli işlemleri yapmaktır. Sanayi ve hızlı şehirleşmenin yol açtığı hava kirliliği, asit yağmurları ve donma-çürüme olayları gibi etkiler yüzlerce yıl ayakta durmayı başarmış tarihi yapıların tahribini hızlandırmaktadır.

Kültür varlıklarını koruma kaygısı 19 yy. ortalarında başlamış, 1930 yılına kadar yapılan çalışmalar kontrol edilmemiş ve bu süreçte kullanılan

sağlamlaştırıcıların taşın bozulma hızını arttırdığı gözlemlenmiş, Schaffer'in *The Weathering of Natural Building Stones* eserinde (1932) doğal taşların bozulmasına yol açan sebepler ve yapılan erken müdahale uygulamalarının sakıncalarından bahsedilmiştir (Ersen, 2011). Doğru müdahaleyi yapabilmek için öncelikle teşhis, temizlik, sağlamlaştırma ve duruma göre yüzey koruyucu önlemlerinin alınması gerekmektedir. Tüm bu maddeler ayrı ayrı incelenerek bilimsel metotlarına bakılmalıdır. 1970 ve 1990 yılları arasında önceki yıllara nazaran daha derin araştırmalar yapılmış, bozulma sürecinde olan taşlarda, sağlamlaştırıcı ve su itici kimyasallarının görevlerinin anlaşıldığı bir dönem olmuştur. 1990 ve 2010 yıllarında ise konuya dair deneysel çalışmaların yapıldığı, temizleme tekniklerinin, sağlamlaştırıcıların etkileri ve bozulmanın oluşturduğu ortamlar gibi durumlar daha net anlaşılmıştır (Ersen, 2011). Fakat sağlamlaştırıcılarla ilgili pratikteki olan uygulamalar ve buna bağlı bilgiler tam olarak netleşmemiştir.

2.3.2 Su İtici Malzemeler

Su iticiler tarihi yapılarda kullanılan hasar görmüş veya bozulmaya açık malzemelerin yüzeylerine emdirilerek uygulanan, su ile ve suyun taşıyabileceği kir, tuz gibi zarar taşıya zarar verebilecek oluşumları azaltmak ya da yok etmek amacıyla yüzeyin emiciliğinin azaltılması veya engellenmesini sağlayan kimyasal ürünlerdir (Zakar, 2013, s. 111). Su itici malzemelerin temel işlevi suyun içeri nüfuz etmesini engellemektedir. Bu işlem sayesinde mikrobiyolojik organizma birikimleri azalır fakat büyümesini engellemez sadece organik oluşumları geciktirir (Claire Moreau, 2008).

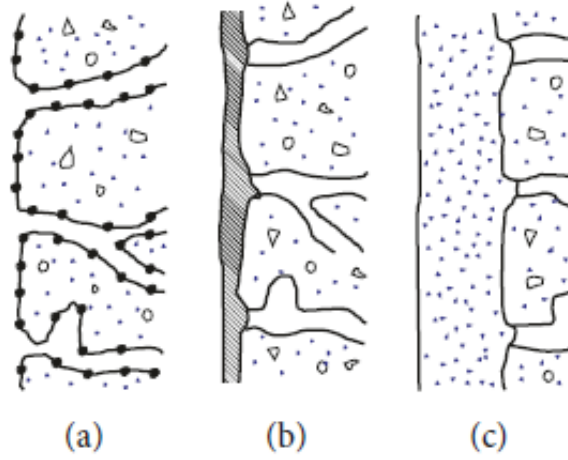
Su iticiler taşın bünyesine suyun girmesini engellemekle birlikte buhar geçişini engellememelidir. Bu tür uygulamalarda kalıcı bir işlem derinliği gerekmektedir (Torraca, 1982; Ginell ve diğ., 2001).

Su iticiler ve sağlamlaştırıcı maddeler doğal yapı malzemelerinin özellikle taşların bozulma sürecini yavaşlatarak ömürlerini uzatmaktadır. Sağlamlaştırma işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan birisi porozimetri yani boşluk boyutundaki dağılımdır (Ersen, 2011). Bu dağılıma dikkat edilmediği durumlarda suyun sıvı ve buhar dağılım oranlarında farklılıklar oluşmaktadır. Sağlamlaştırıcı ve su itici uygulaması için önemli faktörlerden birisi de teşhis ve tespit

aşamasıdır. Doğru teşhis yapılmadığı ve bozulmaların sebebi yanlış yorumlandığında uygulama amacı dışına çıkarak yapı malzemelerine zarar verebilmektedir.

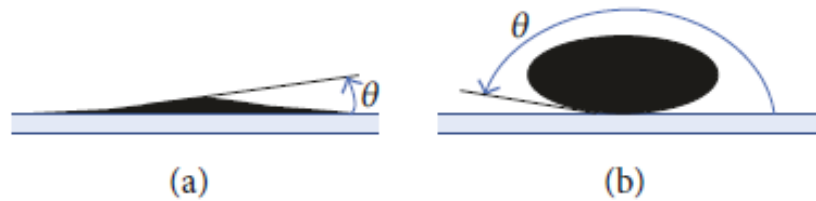
2.3.3 Doğal Taşlarda Su itici ve Sağlamlaştırıcı Uygulamaları

Sağlamlaştırma, koruma evresinin önemli bir aşamasıdır. Bunu takip eden diğer adımlar ise yüzey koruyucu uygulamalarıdır. Kullanılan su itici uygulaması doğal taş yüzeyinde bir film veya tabaka oluşturmamalıdır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Yüzeyde Uygulama Türleri: a) empenye b) kaplama c) çimentolu kaplama yüzey (Zhang ve diğ., 2017).

Su itici şeffaf bir malzemedir. Tarihi yapılarda ve doğal taş yüzeylerinde değişiklik yapılmaması gereken durumlarda yüzeysel olarak uygulanmaktadır. Suyun malzeme yüzeyiyle temas ettiği noktadaki temas açısı ne kadar yüksekse, yüzey o kadar fazla su itici hale gelir (Şekil 2.18). Su iticilerin hidrofobikliği iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak, boncuklanma etkisi, su damlasının hızla yüzeyden uzaklaşmasına neden olur. İkinci aşamada, su yüzey üzerinde yayılma ve su filmi oluşturma eğilimi gösterdiğinde, yalıtılmış kılcal boşluklar aracılığıyla su emilimi azaltılır (Zhang ve diğ., 2017).



Şekil 2.18: Temas açısı (a) $<90^\circ$, (b) $>90^\circ$ (Zhang ve diğ., 2017, s.1-9).

2.3.4 Kullanım Amaçları ve Kullanıldığı Yerler

Yapıda kullanılan doğal taş malzemede yıpranmaya sebep olacak etmenlerin önüne geçilmesi için bu etmenleri saptamak ve ortadan kaldıracak veya en aza indirgeyecek çalışmalar yapmak gerekmektedir.

Tarihi eserlerde kullanılan doğal taşlar dış hava şartlarına açıksa taşa ulaşan su, taşıdığı tuzlar vb. maddelerle birlikte taşın içerisine nüfuz etmektedir. Kıyı şehirlerinde ada veya yarımada yerleşimlerinde, deniz iklimine maruz kalan taşlar bünyelerine giren tuzların kristalleşmeleri yüzünden zarar görmektedir. Suyun ve su ile birlikte taşınan bu gibi maddelerin zararını önlemek için su itici malzemeler kullanılmaktadır (Çelik ve Tıgılı, 2019). Sağlamlaştırıcılardan farklı olarak su itici, niteliğine ve çevresel etkilerin şiddetine bağlı olarak değişen sürelerde bozulmayı erteleyen ve geciktiren kimyasal ürünlerdir. Su iticiler farklı taş yüzeylerinde, farklı hava şartlarında ve farklı sürelerde etkinliklerini yitirmekte, yenilemeye ihtiyaç duyup 5-10 sene gibi belirli periyotlarla yenilenmelidir (Ersen, 2011). Laboratuvar ortamında hızlandırılmış, yaşlandırma deneylerinde sonuçların gözlem ve raporlanması yapılmakta ise de bu uygulamanın gerçek koşullarda vereceği sonuçları takip etmek çok daha doğru ve yönlendirici olmaktadır (Ulupınar, 2000, s. 51). Su itici uygulaması doğal ya da sentetik ürünlerin yapı elemanlarına emdirilmesi işlemidir. Bozulma türlerinin birbirinden farklı olduğu düşünülecek olursa bozulma mekanizmasını doğru tespit etmek ve buna uygun koruma yöntemi belirlemek önemlidir. Bu ürünler suyun taşın içine nüfuz etmesini önlemek veya yavaşlatmak yoluyla taşın bozulmasını engellemektedirler (Ersen, 2011).

2.3.5 Uygulama Yöntemleri ve Koşulları

Bozulmaya karşı kullanılan su iticiler malzemeye nüfuz ederek bozulmalara engel olmakta, uygulamanın kalıcılığı ve etkisi nüfuz derinliğinin sağlanabildiği oranda artmaktadır. Bu yüzden kullanılan yöntem önemlidir. Uygulamalar sahada veya laboratuvar ortamında yapılmaktadır. Bunlar; fırçalama, kılcal yolla emdirme, daldırma ve püskürtme yöntemi şeklindedir (Özgünler, 2007, s. 86). Laboratuvar ortamındaki çalışmaların doğru sonuç verebilmesi için doğal ortamındaki koşulların

laboratuvarda gerçeğe yakın olarak sağlanması gerekmektedir. Yüzey emilimi malzemenin yüzey geçirgenliği ile doğru orantılıdır (Ersen, 2011). Taşın uygulama esnasındaki bozulma durumu da sonucu etkileyen bir faktördür. Aynı zamanda kullanılan kimyasalların cinsi de belirleyici bir unsurdur. Malzemenin bünyesine nüfuz eden ürünün hızlıca yoğunlaşmış katılaşması derin etkiyi azaltacağından daha uzun süre akıcılığın sağlanması gerekmektedir. Yüzey temizliği ve yüzeyin temizlik için kullanılan malzemelerden arındırılmış olması uygulamanın etkinliğini arttırmaktadır (Özgünler, 2007, s. 86).

2.3.6 Su İticiilerin Karakterizasyon Deneyleri

Çalışmada kullanılacak su iticilerin kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla SEM-EDX ve FT-IR analizleri yapılmıştır. Çalışmada, silan-siloksan içerikli ticari kimyasal ürünler kullanılmıştır (Çizelge 2.9). Verilen bilgiler üretici firmalar tarafından hazırlanan teknik foyde beyan edilen bilgilerdir.

Çizelge 2.9: Kullanılan Malzemelerin Üretici Tarafından Beyan Edilen Özellikleri

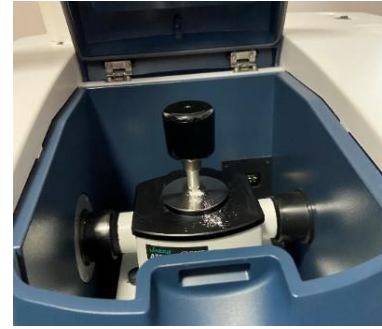
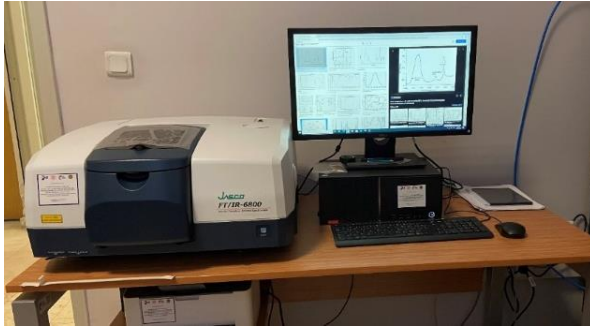
| Numune Kodu | Özgül Ağırlık(gr/cm ³) | İçerik | Uygulama Isısı | Raf Ömrü | Kuruma Süresi (dk.) |
|-------------|------------------------------------|---------------|----------------|----------|---------------------|
| ST | - | Silan-Siloxan | +4°C +40 °C | 12 Ay | 45- 60 |
| EM | 0.79. | Silan-Siloxan | +5°C +35°C | 12 Ay | 180 |
| TK | 1.0 ± 0.1 | Silan-Siloxan | +25°C +80°C | 12 Ay | 45- 60 |
| MR | - | Silan-Siloxan | +5°C / +35°C | 12 Ay | - |
| KS | - | Silan-Siloxan | +5°C +30°C | 12 Ay | - |
| WK | 1.041- 1.06 | Silan-Siloxan | +10 °C +20 °C | 12 Ay | - |

2.3.6.1 FT-IR İncelemeleri

Su itici malzemelerin için FT-IR incelemeleri yapılmıştır. Su iticilerden sıvı olarak alınan numuneler bir hafta oda sıcaklığında bekletilerek kullanılmıştır (Şekil 2.19). Daha sonra hazırlanan örnekler FT-IR cihazına yerleştirilmiştir (Şekil 2.20). Bu şekilde kuru ve sıvı numunelerin içerikleri tespit edilmiş ve aşağıdaki bölümlerde görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.19: Kurutulan Su İtici Numuneler



Şekil 2.20: FT-IR Cihazı ve Örneklerin Diske Yerleştirilmesi

2.3.6.1.1 Kuru Numunelerin Analizi

Kurutularak hazırlanan örnekler FT-IR cihazında (MID bölge $4000-400\text{ cm}^{-1}$ dalga aralığında) ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre malzeme içeriklerinde Silisyum dioksit, WS^2 (White Spirite), TEMS^3 (Trimetoksisilan) ve PU^4 (Poliürethan) tespit edilmiştir.

- Su itici malzemelerin kurutulmuş FT-IR analiz sonuçları iki ayrı grup olarak gösterilmiştir (Çizelge 2.10 ve Çizelge 2.11).
- EM, TK ve KS benzer içeriği gösterirken, ST, MR ve WK yakın değerleri göstermektedir. Ayrıca FT-IR sonuçlarının karşılaştırılmalı grafiği Şekil 2.21'de verilmiştir.

² White Spirite, organik çözücü olarak kullanılan petrol türevi bir malzemedir (URL-3).

³ Trimetoksisilan, silanın bağlanması ve birleşmesini sağlayan maddedir (URL-4).

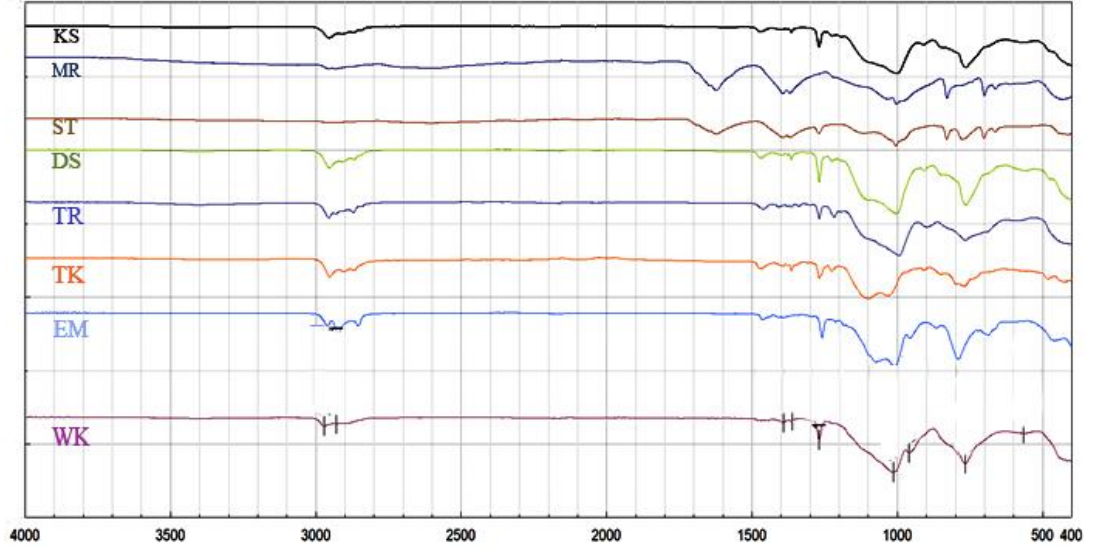
⁴ Poliürethan, organik ünite zincirinden oluşan su sızdırmazlığı çok yüksek özelliğe sahip polimerdir (URL-4).

Çizelge 2.10: EM, TK ve KS Numunelerinin Kuru FT-IR Değerleri

| Numune | Şekiller | İçerik |
|--------|---|---|
| EM | <p>FT-IR spectrum of EM sample. The x-axis represents Wavenumber [cm⁻¹] from 4000 to 400, and the y-axis represents %T from 0 to 110. The spectrum shows characteristic absorption bands for silicium dioksit, WS, TEMS, and PU. Key peaks are labeled with their wavenumbers: 2923.56, 2864.7, 2854.13, 1465.63, 1360.42, 1238.32, 1212.04, 1074.16, 1010.92, 956.52, 865.882, 790.671, 687.466, and 458.975 cm⁻¹.</p> | <p>Silisyum dioksit WS + TEMS +PU</p> |
| TK | <p>FT-IR spectrum of TK sample. The x-axis represents Wavenumber [cm⁻¹] from 4000 to 400, and the y-axis represents %T from 0 to 110. The spectrum shows characteristic absorption bands for silicium dioksit, WS, TEMS, and PU. Key peaks are labeled with their wavenumbers: 2952.48, 2916.7, 2885.59, 1467.56, 1364.39, 1268.93, 1225.54, 1034.4, 1021.12, 908.308, 846.525, 764.637, and 477.266 cm⁻¹.</p> | <p>Silisyum dioksit WS + TEMS +PU</p> |
| KS | <p>FT-IR spectrum of KS sample. The x-axis represents Wavenumber [cm⁻¹] from 4000 to 400, and the y-axis represents %T from 10 to 110. The spectrum shows characteristic absorption bands for silicium dioksit, Az PU, WS, and TEMS. Key peaks are labeled with their wavenumbers: 2953.67, 2916.7, 2885.59, 1467.56, 1364.39, 1268.93, 1223.61, 1001.84, 908.272, 765.601, and 559.255 cm⁻¹.</p> | <p>Silisyum dioksit Az PU karışmış (veya ilaveli) WS + TEMS</p> |

Çizelge 2.11: ST, MR ve WK Numunelerinin Kuru FT-IR Değerleri

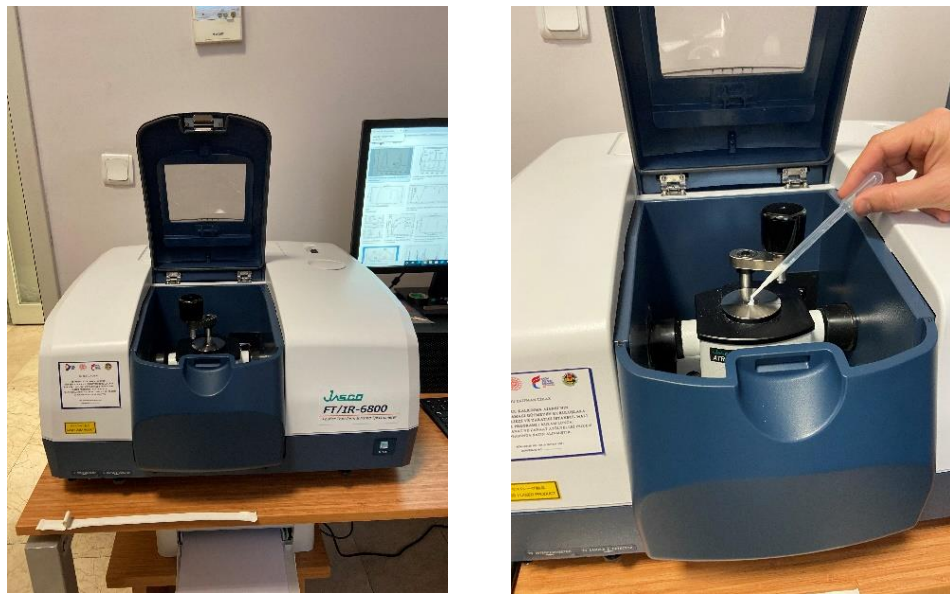
| Numune | Şekiller | İçerik |
|--------|--|---|
| ST | <p>FT-IR spectrum of sample ST. The y-axis represents %T (40 to 110) and the x-axis represents Wavenumber [cm-1] (4000 to 400). Key peaks are labeled at 2936.09, 2606.32, 1622.8, 1364.28, 1270.86, 1114.65, 1005.7, 829.24, 777.17, 701.86, and 428.48 cm-1.</p> | <p>Silisyum dioksit WS + TEMS +PU</p> |
| MR | <p>FT-IR spectrum of sample MR. The y-axis represents %T (15 to 115) and the x-axis represents Wavenumber [cm-1] (4000 to 400). Key peaks are labeled at 2985.24, 2618.86, 1856.15, 1622.8, 1374.78, 1003.79, 829.24, 700.03, 667.46, and 430.048 cm-1.</p> | <p>Silisyum dioksit WS + TEMS +PU</p> |
| WK | <p>FT-IR spectrum of sample WK. The y-axis represents %T (0 to 110) and the x-axis represents Wavenumber [cm-1] (4000 to 400). Key peaks are labeled at 2921.37, 2828.54, 1386.24, 1268.83, 1014.37, 959.17, 766.566, and 566.969 cm-1.</p> | <p>Silisyum dioksit Az PU karışmış (veya ilaveli) WS + TEMS</p> |



Şekil 2.21: Kuru Numunelerin FT-IR Karşılaştırması

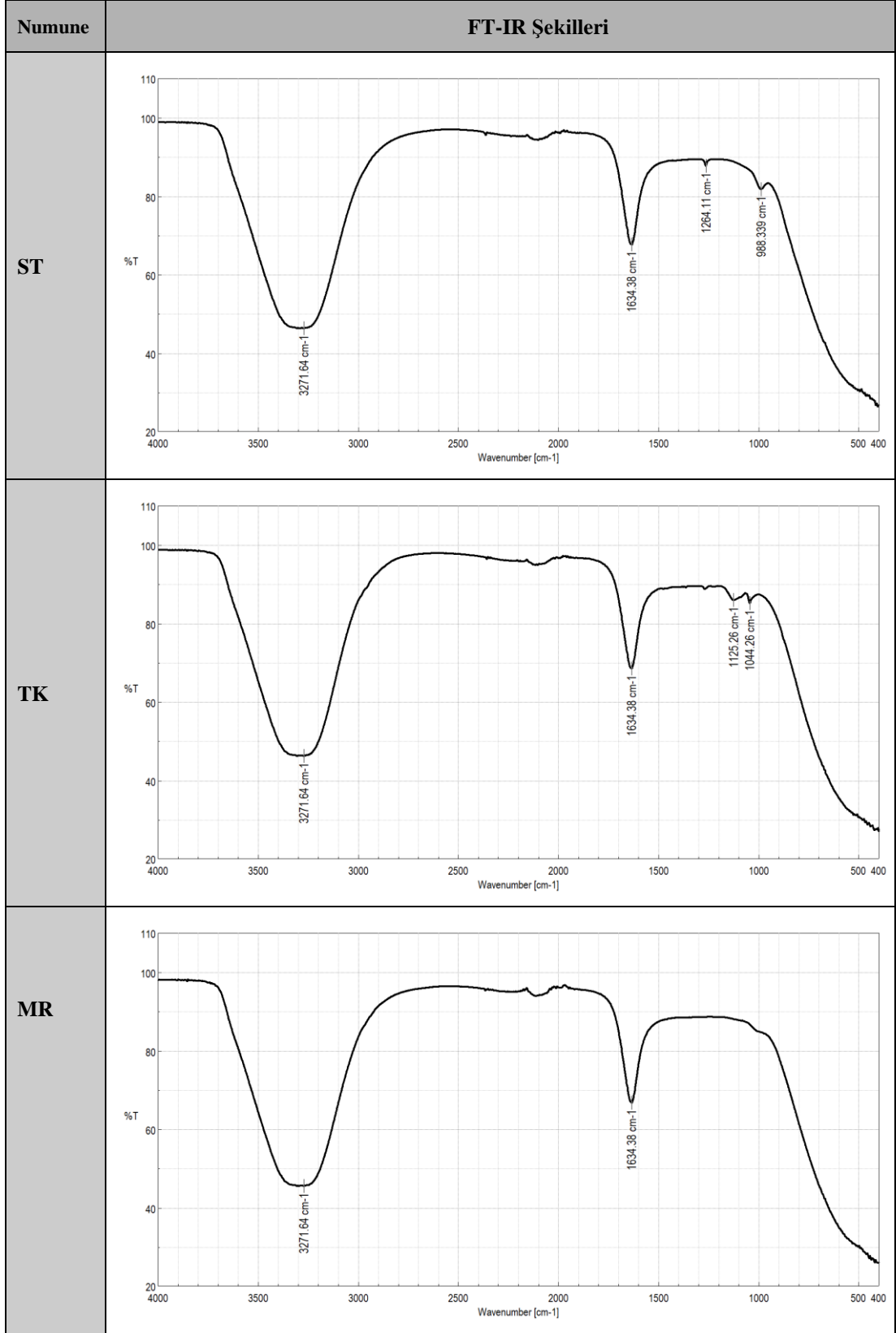
2.3.6.1.2 Sıvı Numunelerin FT-IR Analizi

Su itici malzemelerin sıvı olarak FT-IR analiz sonuçları iki ayrı grup olarak verilmiştir. ST, TK ve MR benzer değerleri gösterirken, EM, KS ve WK yakın değerleri almıştır (Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13). Tüm sonuçların karşılaştırmalı FT-IR grafiği Şekil 2.22’de, ayrıca numunelerin kuru ve sıvı olarak karşılaştırması verilmiştir (Çizelge 2.14-15).

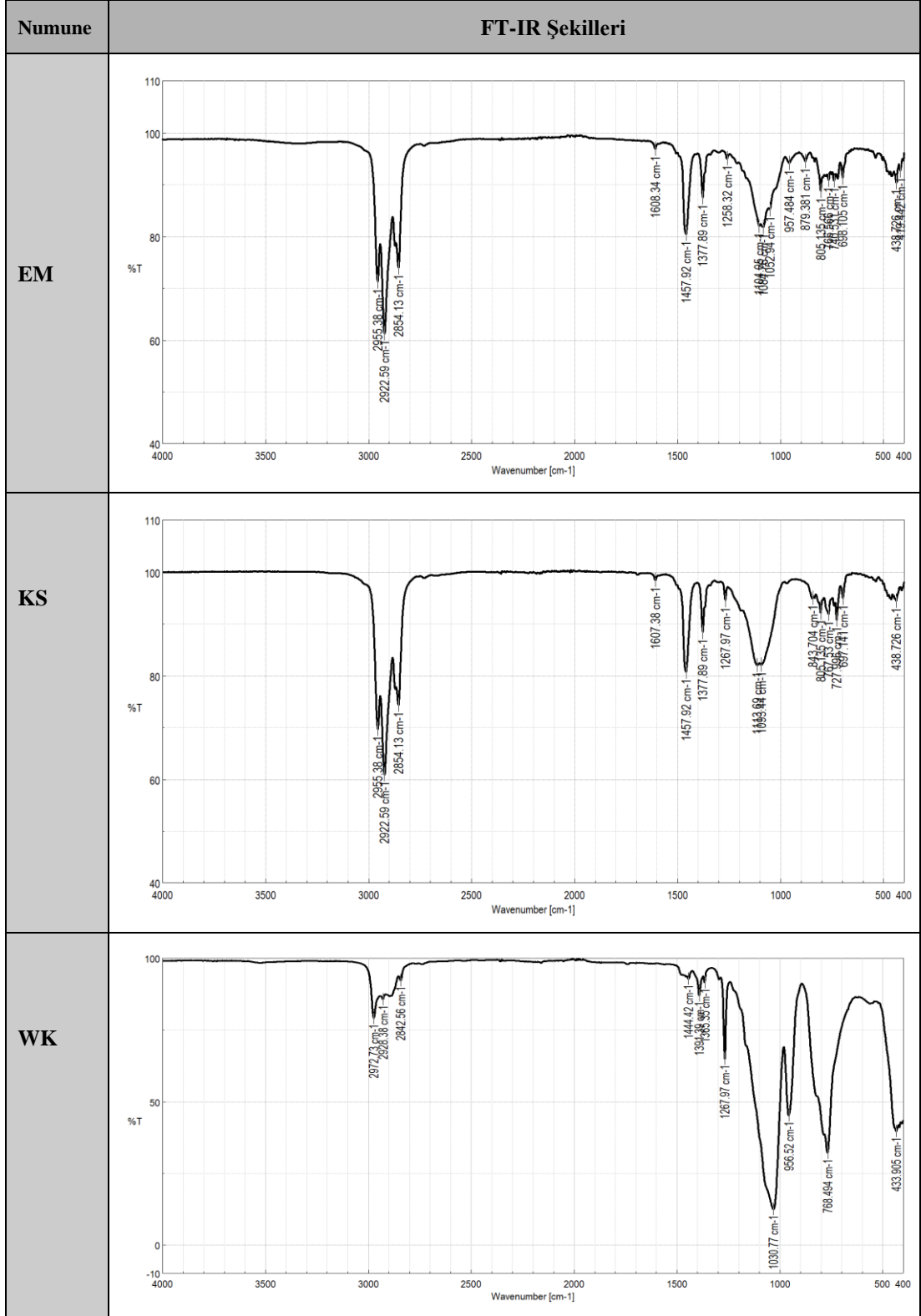


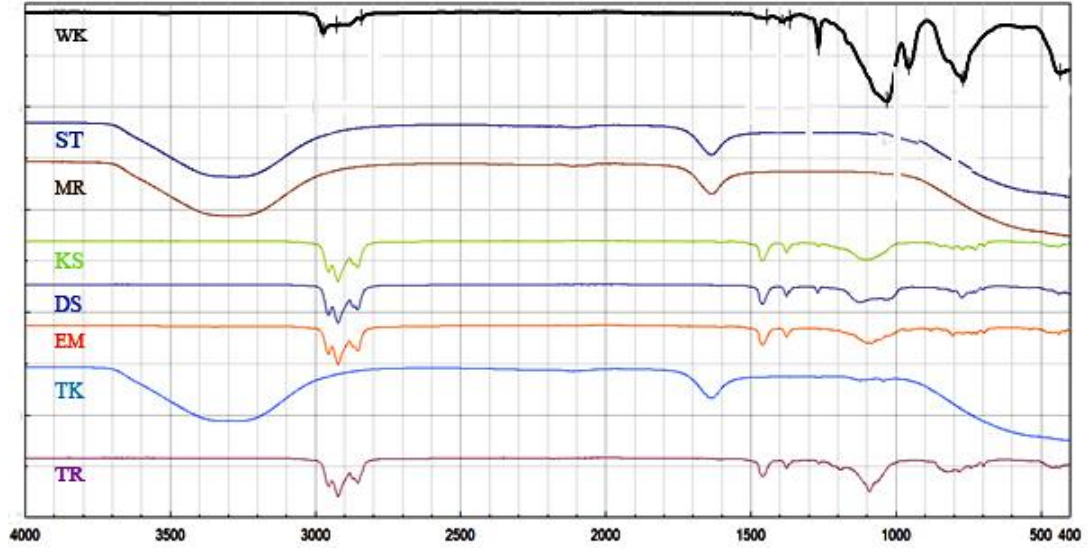
Şekil 2.22: Sıvı Numune Analizi

Çizelge 2.12: ST, TK ve MR Numunelerinin Sıvı FT-IR Görüntüleri



Çizelge 2.13: EM, KS ve WK Numunelerinin Sıvı FT-IR Görüntüleri





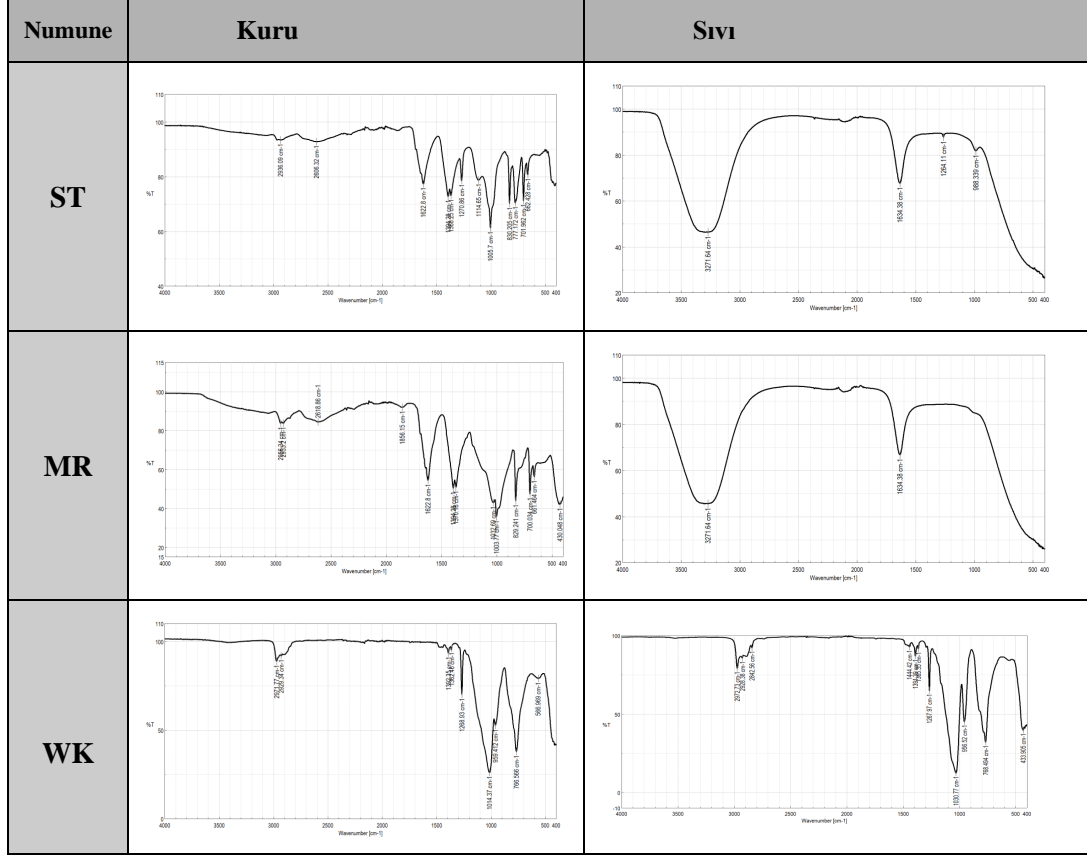
Şekil 2.23: Sıvı Numunelerin Karşılaştırılması

Sıvı ve kuru malzemelerin karşılaştırmalı sonuçları iki ayrı grup olarak gösterilmiştir (Çizelge 2.14-15).

Çizelge 2.14: EM, TK ve KS Numunelerinin Karşılaştırmalı FT-IR Görüntüleri

| Numune | Kuru | Sıvı |
|--------|------|------|
| EM | | |
| TK | | |
| KS | | |

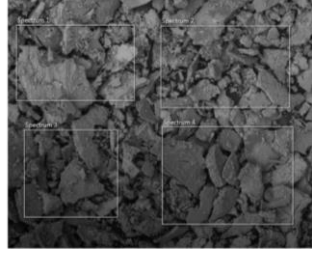
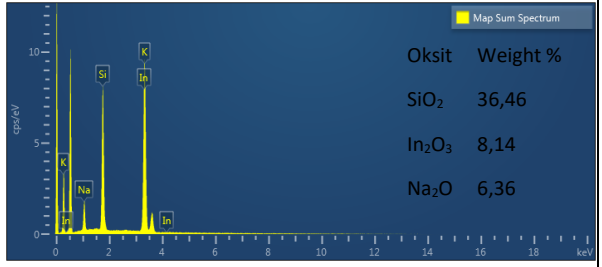
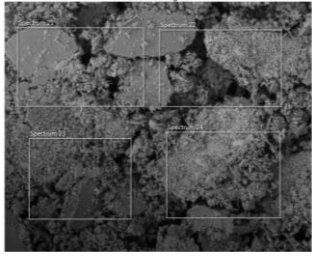
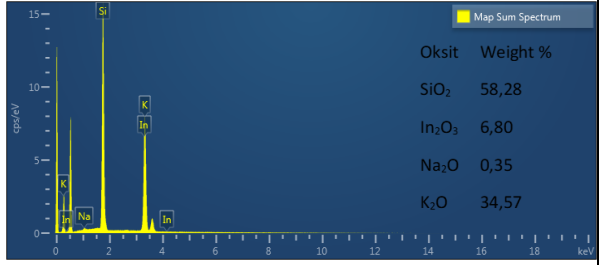
Çizelge 2.15: ST, MR ve WK Numunelerinin Karşılaştırmalı FT-IR Görüntüleri



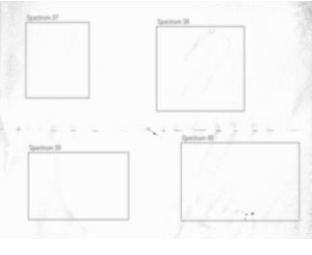
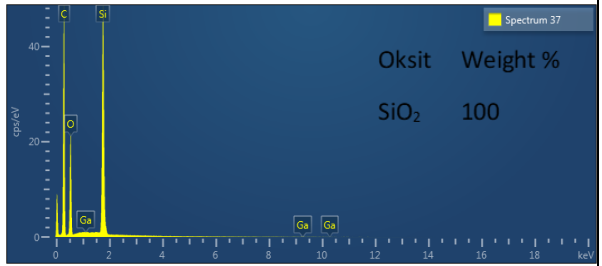
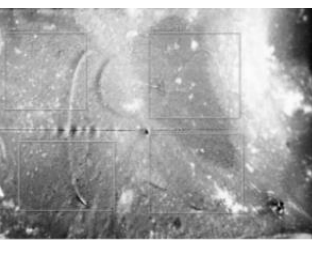
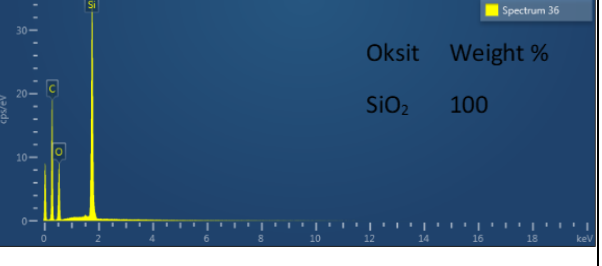
2.3.6.2 SEM İncelemeleri

Numunelerin içeriklerinin tespit edilmesi amacıyla farklı bölgelerden SEM görüntüleri alınmış ve bazı alanlar işaretlenerek EDX analizleri yapılmıştır. Kuru numunelerin SEM görüntüleri 3 ayrı grupta gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında; MR'nin SiO₂ %36,46, In₂O₃ %8.14 ve Na₂O %6.36, ST'de SiO₂ %58,28, K₂O %34,57, In₂O₃ %6,80 ve Na₂O %0.35 oksit içerdiği görülmektedir (Çizelge 2.16). Bir diğer grupta ise WK'da SiO₂ %99,13, SnO₂ %0,87 ve KS'de SiO₂ %99,25, SnO₂ %0,75 içerdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2.17). Son olarak Çizelge 2.18'de Em'de SiO₂ %100 ve Tk'da SiO₂ %100 olarak tespit edilmiştir. Her bir su itici de tespit edilen oksit ve oranları Çizelge 2.19'da verilmiştir.

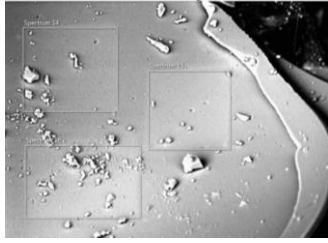
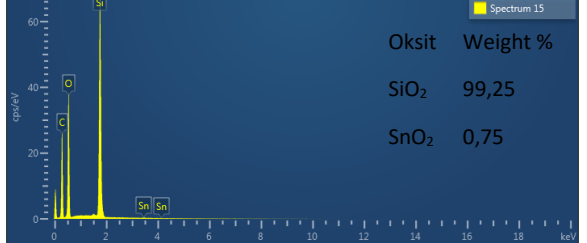
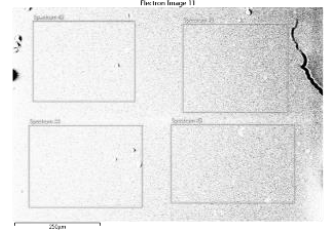
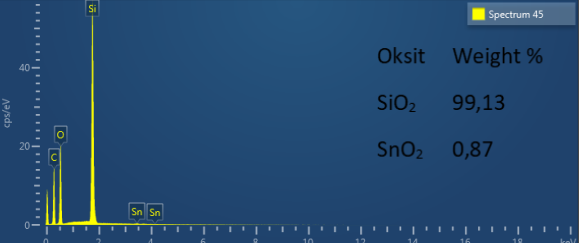
Çizelge 2.16: MR ve ST Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları

| Numune | SEM Görüntüsü | EDS Spektrumu | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|--|-------|----------|------------------|-------|--------------------------------|------|-------------------|------|------------------|-------|
| MR |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>36,46</td> </tr> <tr> <td>In₂O₃</td> <td>8,14</td> </tr> <tr> <td>Na₂O</td> <td>6,36</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 36,46 | In ₂ O ₃ | 8,14 | Na ₂ O | 6,36 | | |
| Oksit | Weight % | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 36,46 | | | | | | | | | | | |
| In ₂ O ₃ | 8,14 | | | | | | | | | | | |
| Na ₂ O | 6,36 | | | | | | | | | | | |
| ST |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>58,28</td> </tr> <tr> <td>In₂O₃</td> <td>6,80</td> </tr> <tr> <td>Na₂O</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>K₂O</td> <td>34,57</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 58,28 | In ₂ O ₃ | 6,80 | Na ₂ O | 0,35 | K ₂ O | 34,57 |
| Oksit | Weight % | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 58,28 | | | | | | | | | | | |
| In ₂ O ₃ | 6,80 | | | | | | | | | | | |
| Na ₂ O | 0,35 | | | | | | | | | | | |
| K ₂ O | 34,57 | | | | | | | | | | | |

Çizelge 2.17: EM ve TK Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları

| Numune | SEM Görüntüsü | EDS Spektrumu | | | | |
|------------------|---|---|-------|----------|------------------|-----|
| EM |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 100 |
| Oksit | Weight % | | | | | |
| SiO ₂ | 100 | | | | | |
| TK |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 100 |
| Oksit | Weight % | | | | | |
| SiO ₂ | 100 | | | | | |

Çizelge 2.18: KS ve WK Numunelerinin SEM-EDX Sonuçları

| Numune | SEM Görüntüsü | EDS Spektrumu | | | | | | |
|------------------|---|---|-------|----------|------------------|-------|------------------|------|
| KS |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>99,25</td> </tr> <tr> <td>SnO₂</td> <td>0,75</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 99,25 | SnO ₂ | 0,75 |
| Oksit | Weight % | | | | | | | |
| SiO ₂ | 99,25 | | | | | | | |
| SnO ₂ | 0,75 | | | | | | | |
| WK |  |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Oksit</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>99,13</td> </tr> <tr> <td>SnO₂</td> <td>0,87</td> </tr> </tbody> </table> | Oksit | Weight % | SiO ₂ | 99,13 | SnO ₂ | 0,87 |
| Oksit | Weight % | | | | | | | |
| SiO ₂ | 99,13 | | | | | | | |
| SnO ₂ | 0,87 | | | | | | | |

Çizelge 2.19: Su İticilerin SEM-EDX Sonuçları

| Numune | SiO ₂ | K ₂ O | Na ₂ O | In ₂ O ₃ | SnO ₂ |
|--------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|
| MR | 36,46 | - | 6,36 | 8,14 | - |
| ST | 58,28 | 34,57 | 0,35 | 6,80 | - |
| WK | 99,13 | - | - | - | 0,87 |
| EM | 100,00 | - | - | - | - |
| KS | 99,25 | - | - | - | 0,75 |
| TK | 100,00 | - | - | - | - |

2.4 Su iticilerin Etkinliğinin İncelenmesi

Su iticilerin etkilerinin araştırabilmek için uygulama yapılmadan önce yapılan tüm deneyler; su itici sürüldükten sonra da aynı şartlar altında yapılmış, ayrıca eskitme deneyleri sonuçları ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2.4.1 Uygulama Yöntemi ve Gözlemler

Su iticiler tüm taş numunelerinin yüzeylerine fırça ile uygulama yapılmıştır. Kaç kez uygulama yapılacağı ve bekleme süreleri ürünlerin teknik föyündeki bilgiler gösterilmiştir (Çizelge 2.20).

Çizelge 2.20: Su İtici Üreticileri Tarafından Tavsiye Edilen Uygulama Yöntemleri

| Numune | Uygulama Şekli | Tavsiye Edilen Uygulama Sayısı | Gerçekleştirilen Uygulama Sayısı |
|--------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|
| ST | Fırça | Tek Kat | Doygun hal (1 kat) |
| EM | Fırça | En az 2 kat | Doygun hal (4 kat) |
| TK | Fırça | İki Kat | Doygun hal (2 kat) |
| MR | Fırça | Doygun hal | Doygun hal (3 kat) |
| KS | Fırça | En az 2 kat | Doygun hal (2 kat) |
| WK | Fırça | Tek Kat | Doygun hal (1 kat) |

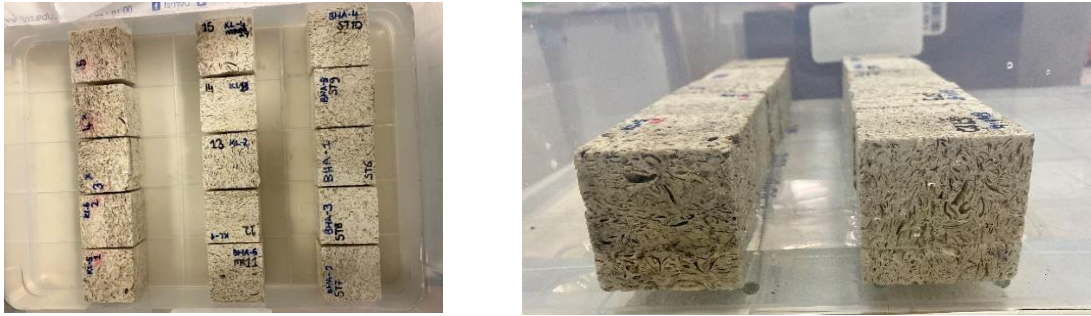
- Wk, silan siloksan esaslı suyu tutan koruyucu malzemedir. İlk uygulandığında yüzeyde renk değişimi görülmektedir fakat su itici emilimi tamamlandıkça görüntü eskiye dönmüştür. Tam kuruma sağlaması için 15 gün yağış almayan ve su değmeyen bir alanda bekletilmiştir.
- St, silan siloksan esaslı iç ve dış cephelerde kullanılan su itici malzemedir. Su bazlı yapısı itibariyle malzemenin renginde değişiklik yapmamıştır.
- Ks, solvent esaslı silan siloksan esaslı su yalıtım malzemesidir. Uygulandığında renk değişimi görülmemiştir.
- Em, silan siloksan esaslı su yalıtım malzemesidir. Şeffaf yapısı itibariyle renk değişimi görülmemiştir. Uygulama öncesinde bölgenin temizlenmesi gerekmektedir.
- Tk, silan siloksan esaslı malzemedir. Şeffaf renkli olması sebebiyle ilk sürüldüğünde cephede renk değişimi gözlemlenmiştir fakat yüzey emilimi başladığı andan itibaren eski rengine geri dönmüştür.
- Mr, silan siloksan esaslı malzemedir. Şeffaf renklidir bu yüzden sürüldüğünde renk değişimi gözlemlenmemiştir.

2.4.2 Fiziki Özelliklere Etkileri

Su itici uygulaması sonrası kılcal su emme, atmosfer basıncı altında su emme ve su buharı geçirgenliği deneyleri yapılmıştır.

2.4.2.1 Kılcal Su Emme

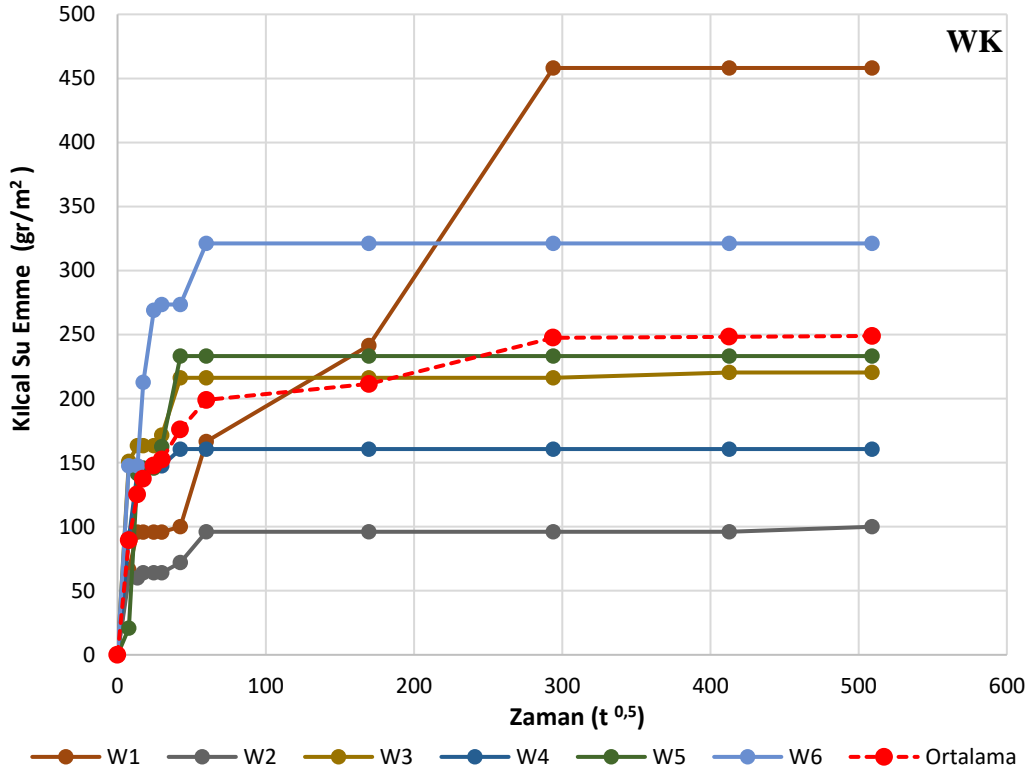
Kılcal su emme deneyi, TS EN 1925 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini) standardına uygun olarak uygulama sonrasında tekrar edilmiştir (Şekil 2.24). Uygulama öncesinde ortalama kılcallık katsayısı $99,243348 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ olarak hesaplanmıştır. Uygulama sonrası numunelerin ortalamaları; **WK.** $4,598371 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$, **ST.** $5,926139 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$, **MR.** $2,629836 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$, **TK.** $7,143830 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$, **EM.** $6,783495 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ ve **KS.** $5,057811 \text{ gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2.21).



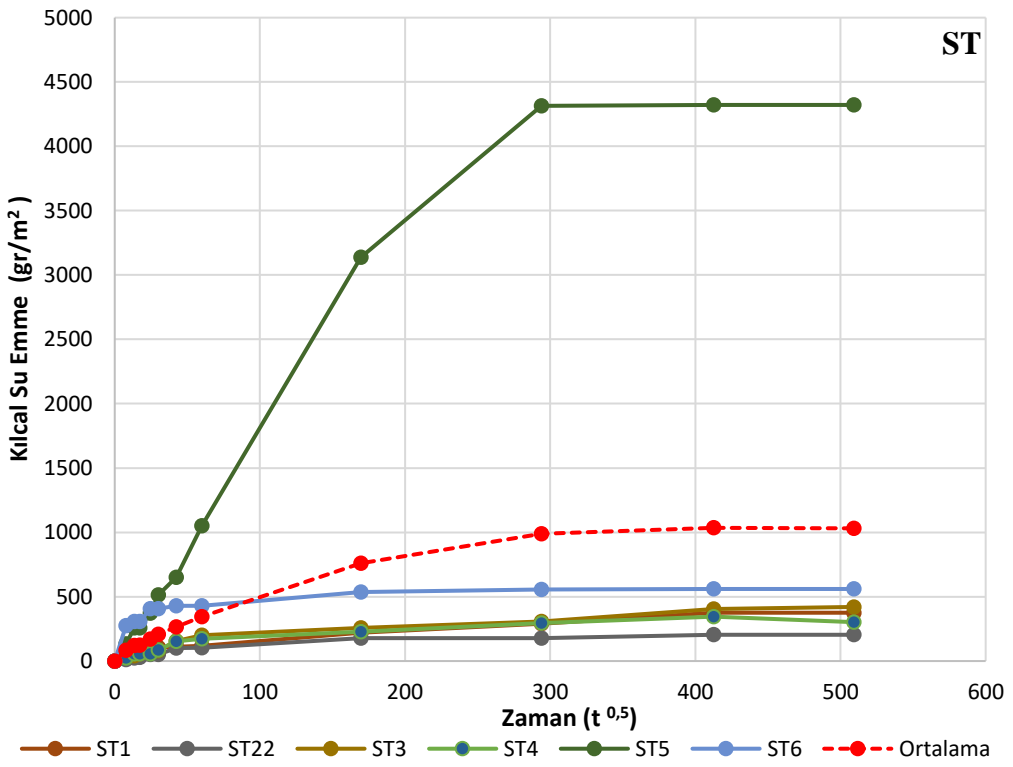
Şekil 2.24: Su itici Uygulaması Sonrası Kılcal Su Emme Deneyi

Çizelge 2.21: Su itici Uygulaması Uygulama Sonrası Kılcal Su Emme Değerleri

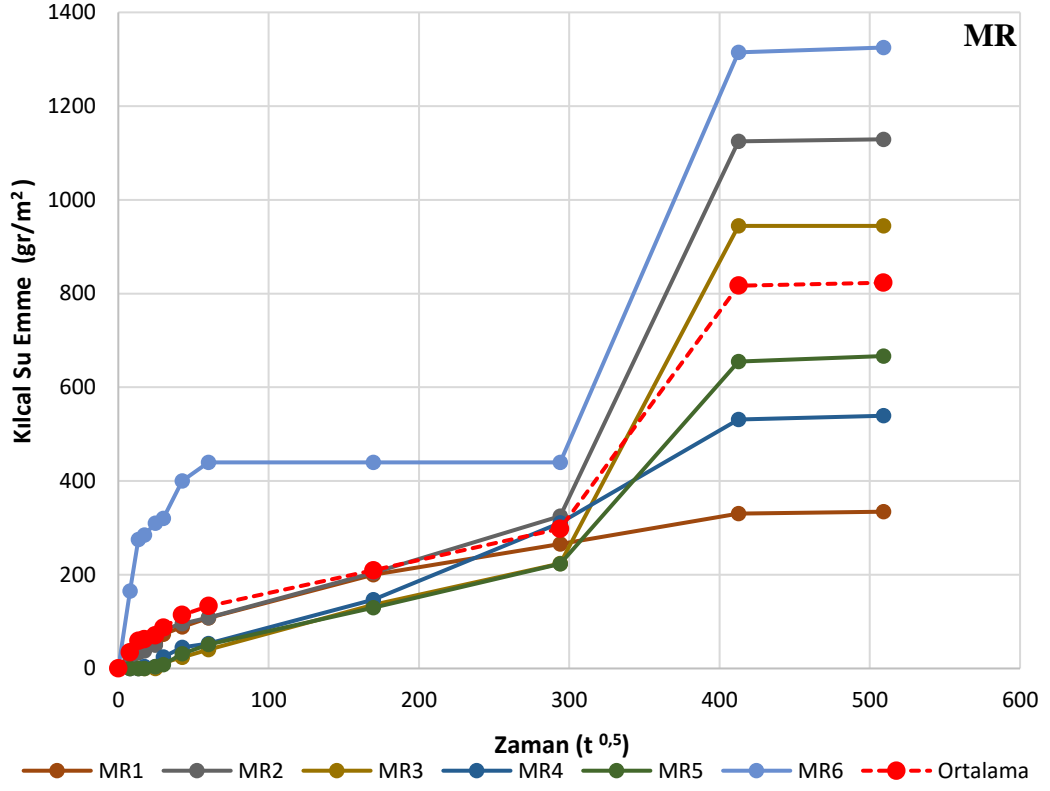
| Numune | WK $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ | ST $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ | MR $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ | TK $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ | EM $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ | KS $\text{gr}/(\text{m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,500216 | 1,890869 | 1,830675 | 5,422603 | 6,366088 | 5,111996 |
| 2 | 2,297971 | 1,411196 | 2,183011 | 4,233197 | 3,890460 | 6,970116 |
| 3 | 5,923047 | 2,637747 | 0,667305 | 10,576919 | 6,295373 | 4,257223 |
| 4 | 4,576014 | 2,333423 | 0,675678 | 6,927989 | 8,984407 | 5,379160 |
| 5 | 4,145539 | 15,342164 | 0584551 | 9,610035 | 5,460245 | 1,039519 |
| 6 | 7,147438 | 11,941435 | 9,837794 | 6,092240 | 9,704396 | 7,588854 |
| Ortalama | 4,598371 | 5,926139 | 2,629836 | 7,143830 | 6,783495 | 5,057811 |



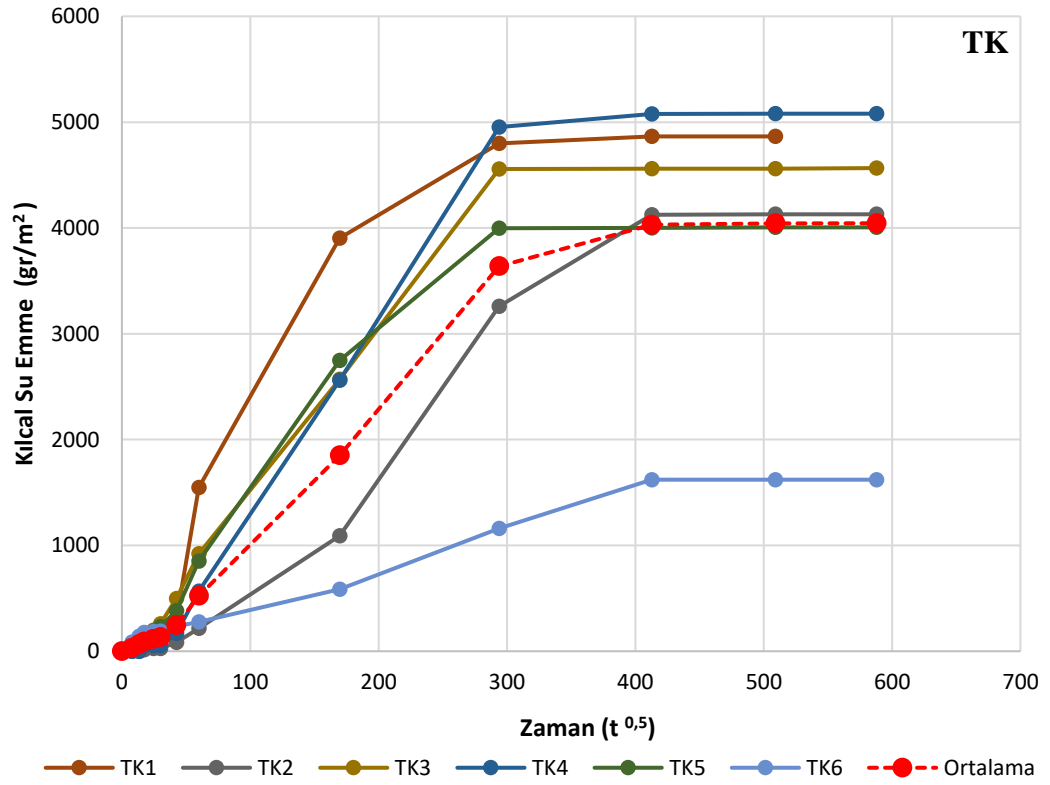
Şekil 2.25: WK Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



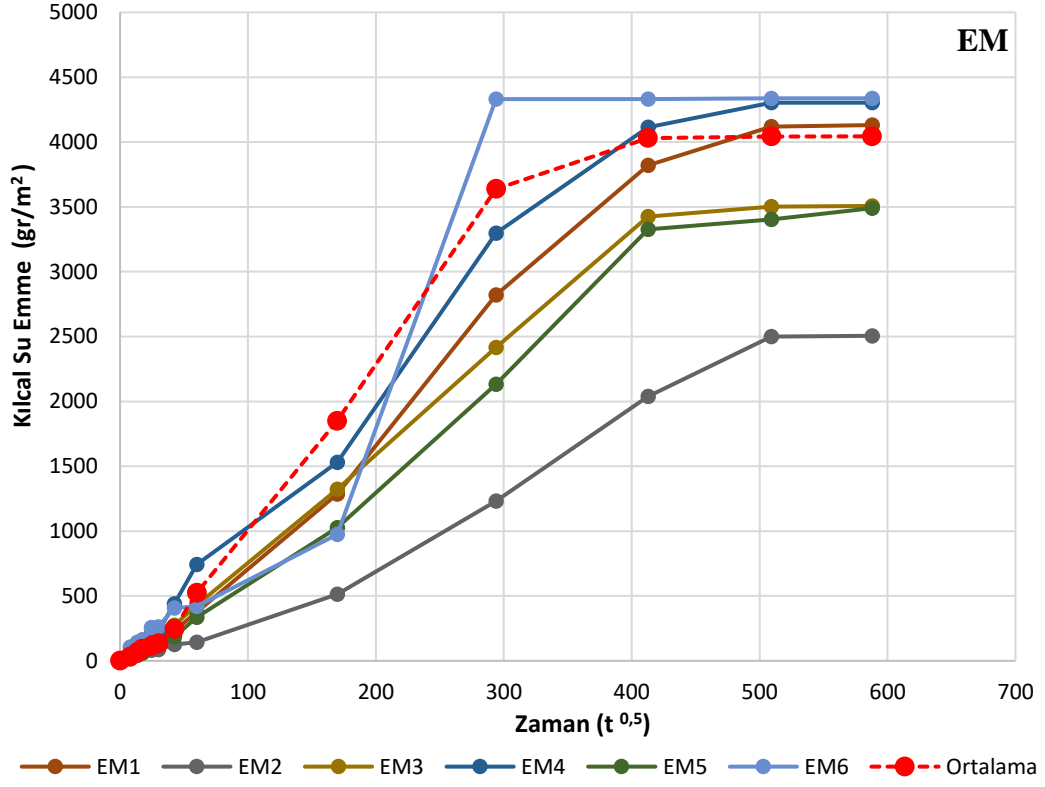
Şekil 2.26: ST Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



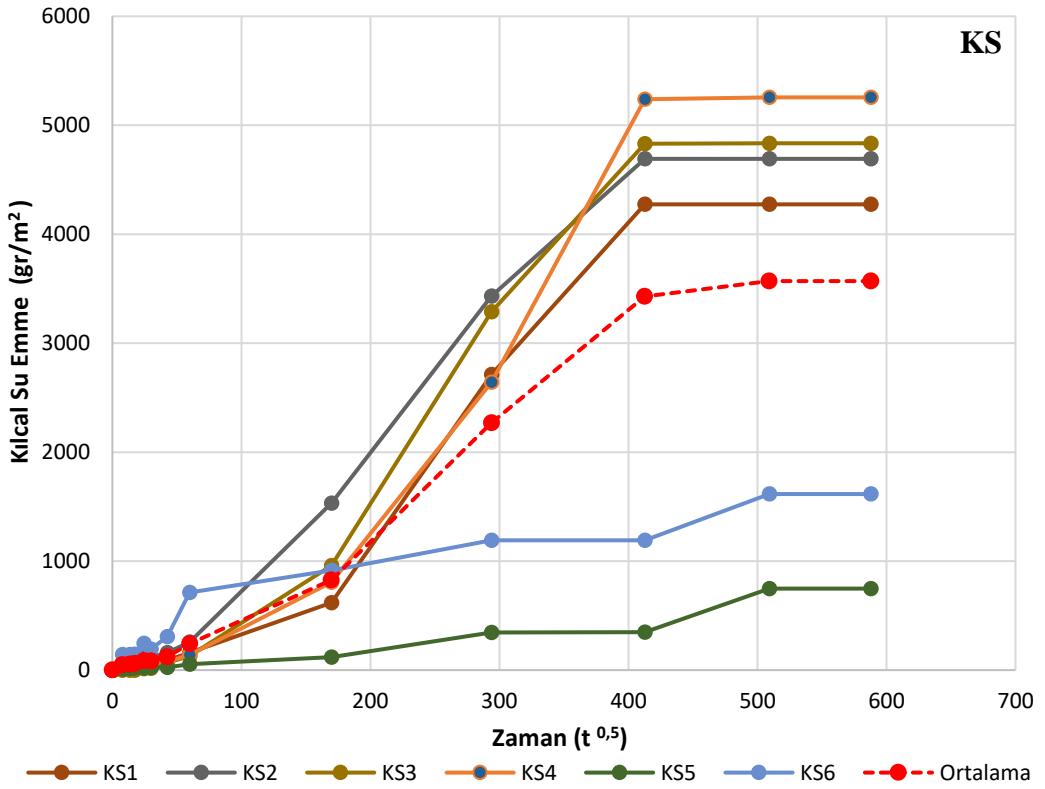
Şekil 2.27: MR Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



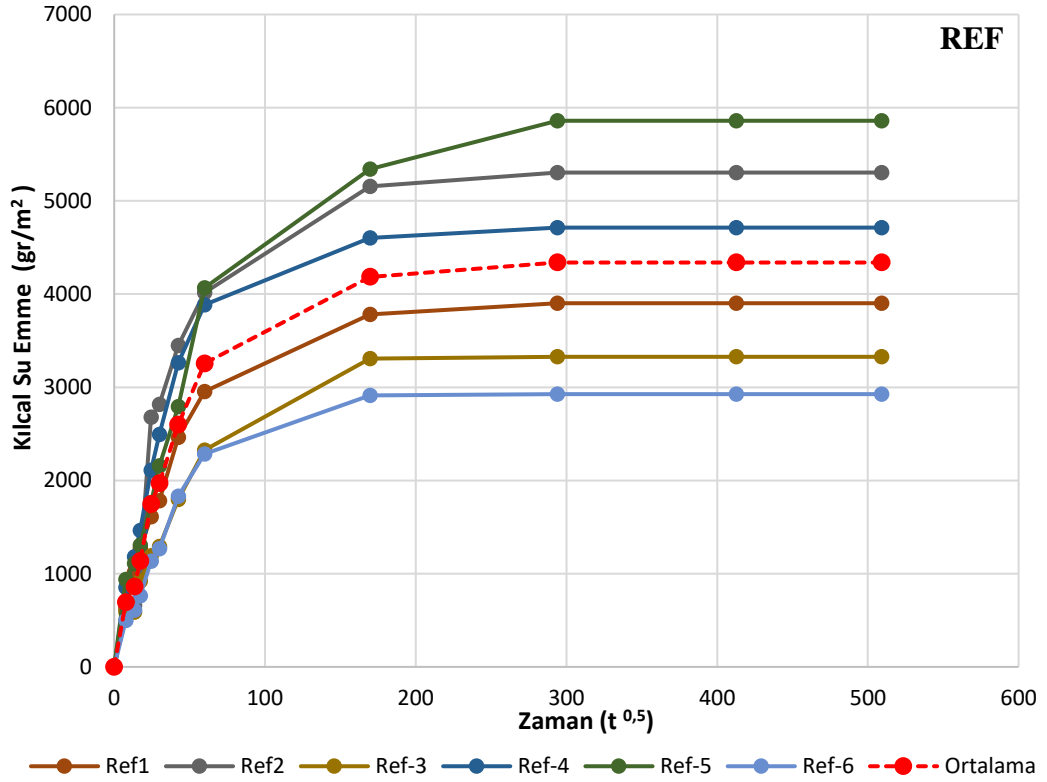
Şekil 2.28: TK Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



Şekil 2.29: EM Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



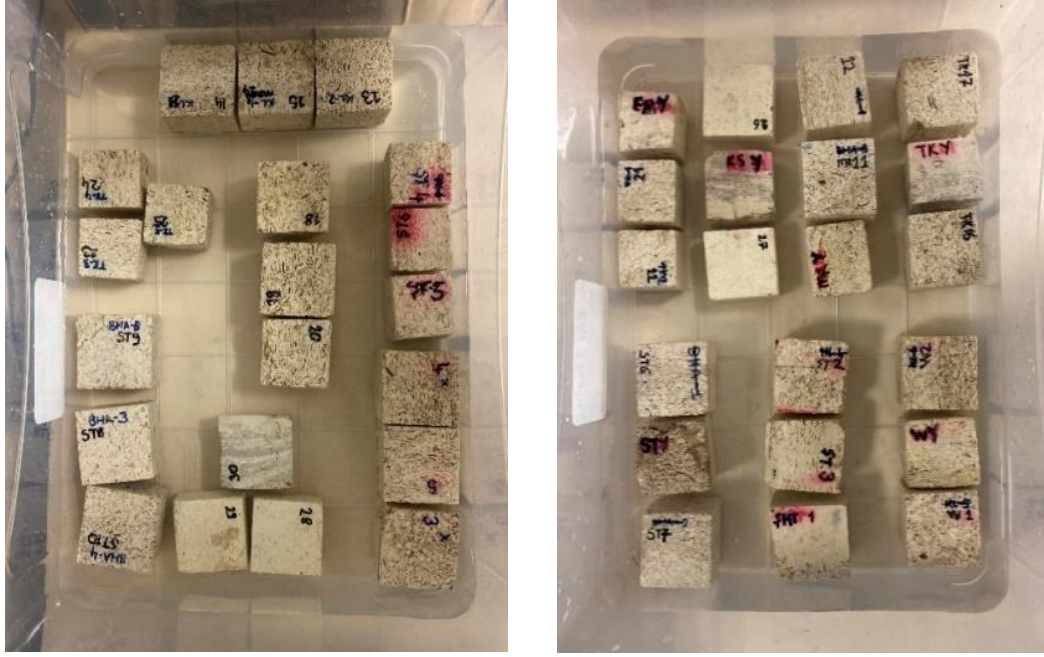
Şekil 2.30: KS Uygulanmış Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri



Şekil 2.31: Referans Numunelerin Kılcal Su Emme Değerleri

2.4.2.2 Atmosfer Basıncı Altında Ağırlıkça Su Emme

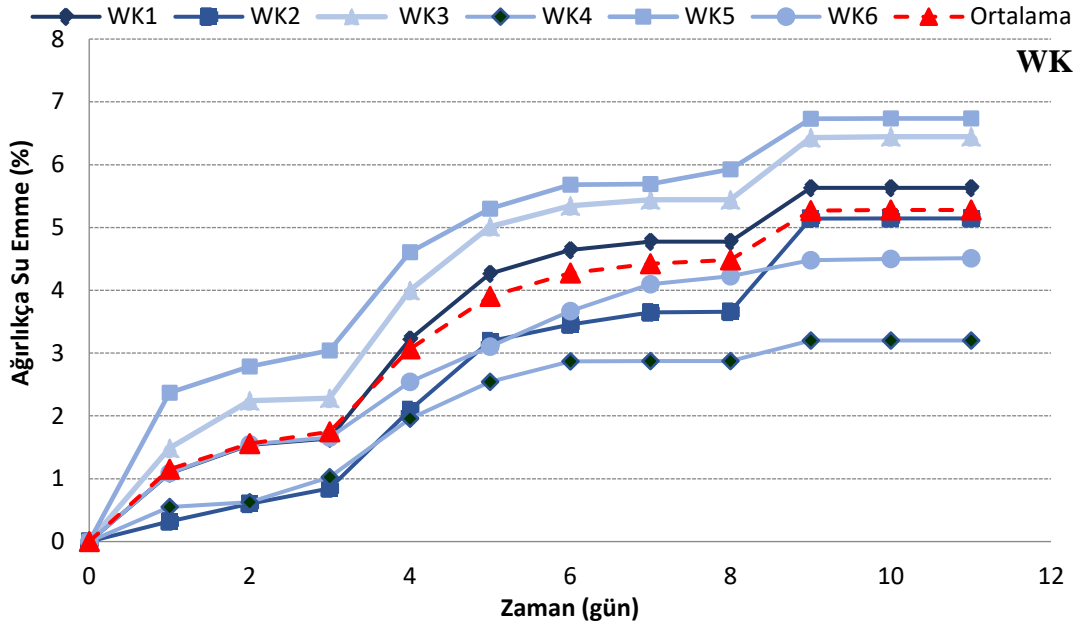
Atmosfer basıncı altında su emme deneyi, TS 699 (Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri) ve TS EN 1936 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri- Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardına uygun olarak uygulama sonrasında tekrarlanmıştır (Şekil 2.32). Su itici uygulama öncesi ortalama su emme değeri %6.43 olup, uygulama sonrası numunelerin ortalamaları; **WK.** %5.27, **ST.** %6,99, **MR.** %8,36, **TK.** %2.29, **EM.** %5,02 ve **KS.** %1,92 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2.22). Ürünlerin su emme değerleri grafiklere aktarılmış olup karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 2.32,33,34,35,36,37,38)



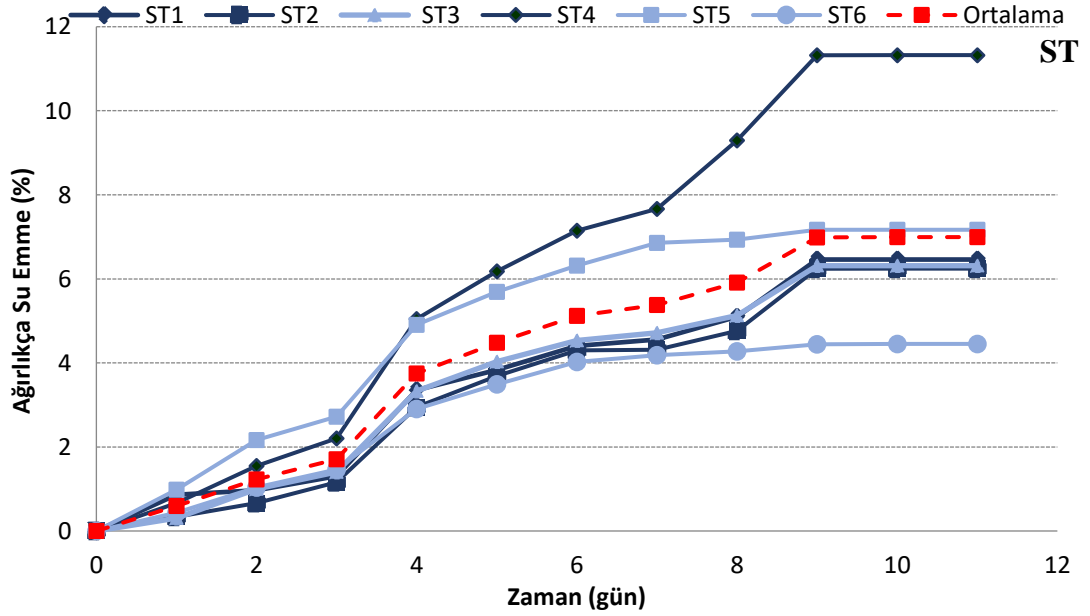
Şekil 2.32: Su itici Uygulaması Sonrası Su Emme Deneyi

Çizelge 2.22: Su İtici Uygulama Sonrası Ağırlıkça Su Emme Oranı

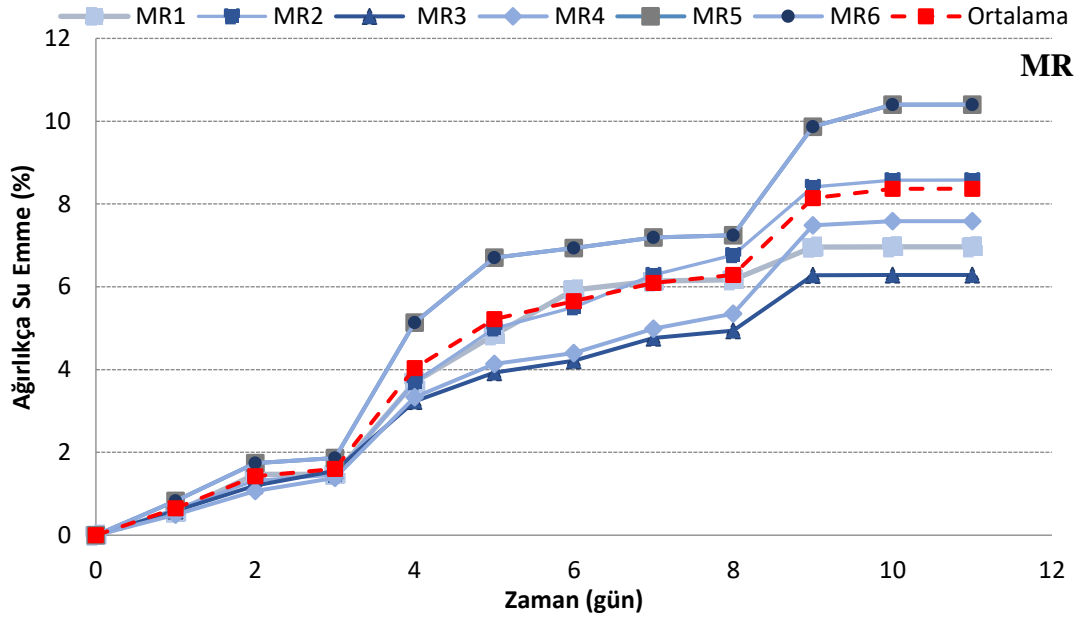
| Numune | WK (%) | ST (%) | MR (%) | TK (%) | EM (%) | KS (%) | REF (%) |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 5,63 | 6,46 | 6,96 | 2,042 | 6,44 | 2,79 | 3,98 |
| 2 | 5,14 | 6,24 | 8,57 | 2,75 | 6,85 | 1,82 | 6,63 |
| 3 | 6,44 | 6,31 | 6,28 | 2,75 | 4,20 | 2,21 | 1,47 |
| 4 | 3,20 | 11,32 | 7,58 | 2,25 | 4,59 | 1,82 | 10,64 |
| 5 | 6,73 | 7,16 | 10,4 | 2,88 | 4,61 | 0,89 | 10,33 |
| 6 | 4,51 | 4,45 | 10,4 | 1,06 | 3,39 | 1,99 | 11,45 |
| Ortalama | 5,27 | 6,99 | 8,36 | 2,29 | 5,02 | 1,92 | 7,41 |



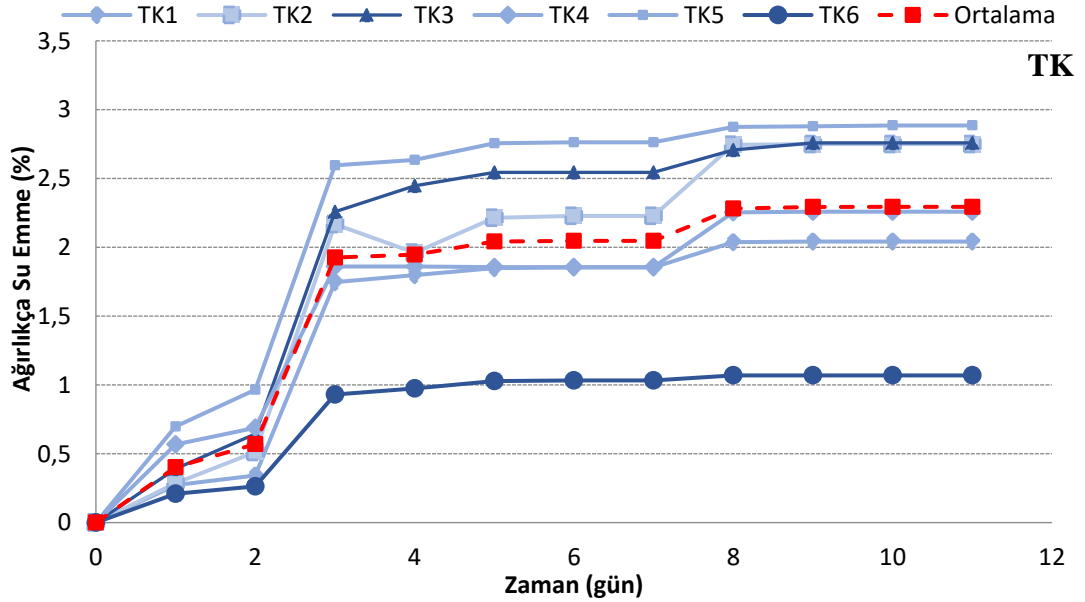
Şekil 2.33: WK Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



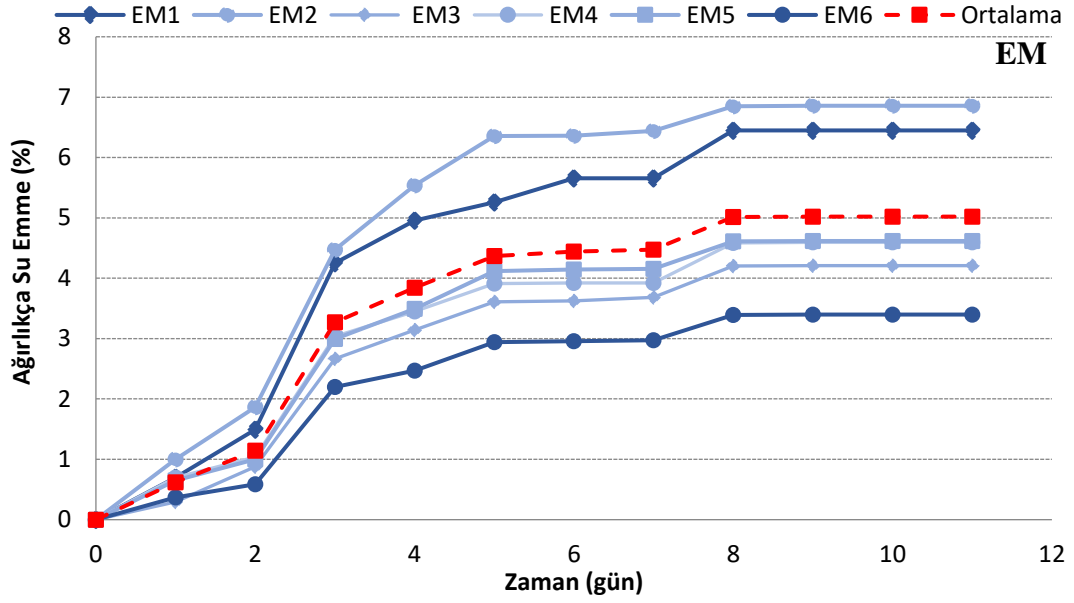
Şekil 2.34: ST Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



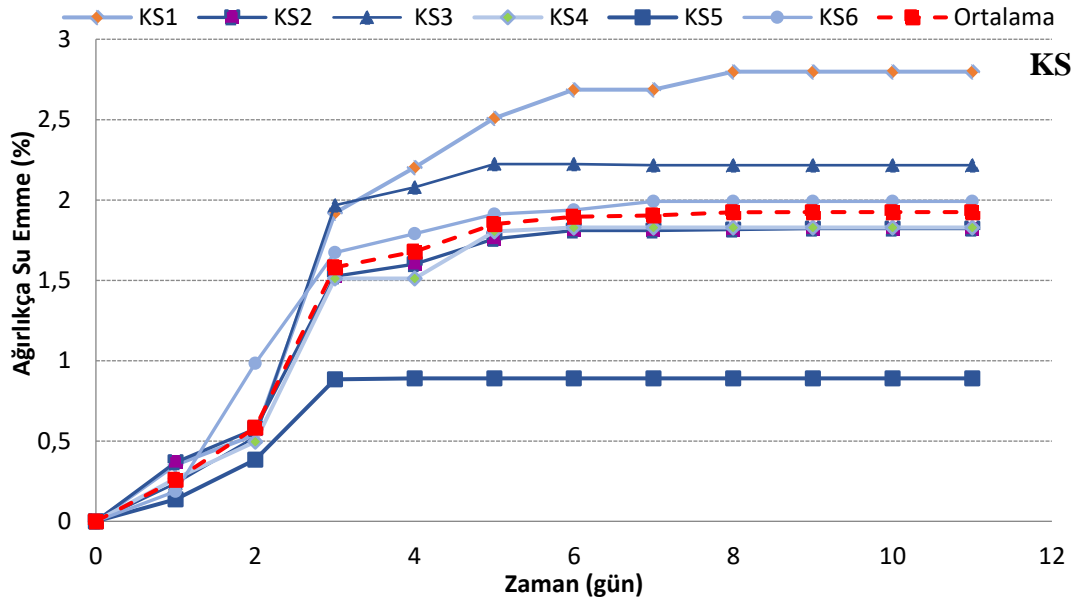
Şekil 2.35: MR Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



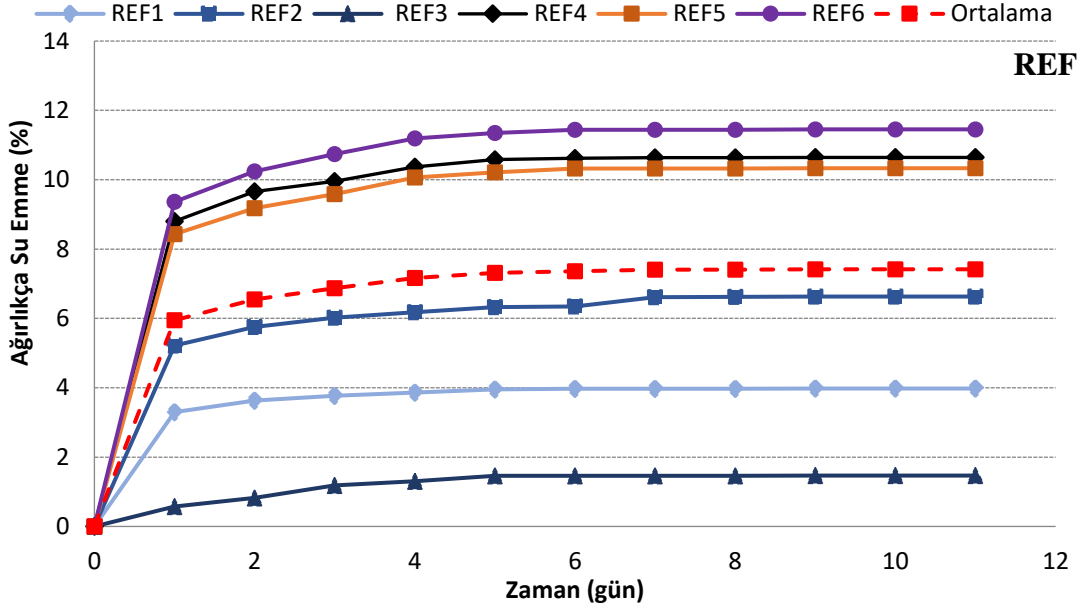
Şekil 2.36: TK Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.37: EM Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.38: KS Uygulanmış Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.39: Referans Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Değerleri

2.4.2.3 Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenlik deneyi, TS EN ISO 12572 (Binalarda kullanılan malzemelerin ve mamullerin ısı ve rutubet ilişkisine ait performansı- Su buharı iletim özelliklerinin tayini) standardında tanımlanan yöntemle yapılmıştır. Nem çekici malzeme olarak CaCl_2 (kalsiyum klorür) ve 1 cm kalınlığında ve 6 cm çapında 14 adet küfeki numunesi kullanılmıştır (Şekil 2.40). Su itici uygulanmış ve uygulanmamış numuneler, aynı deneye tabi tutulmuştur ve ağırlık farkları hesaplanmıştır. 23 ± 5 °C sıcaklıkta ve $\%50 \pm 5$ bağıl nemde sabitlenen iklimlendirme kabiniinde, numunelerin ağırlık değişimleri 4 haneli hassas tartı yardımıyla $\%0,1$ tartım farkı olana kadar sürdürülmüştür. Numunelerin su buharı geçirgenlik direnç katsayısı aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır (Çizelge 2.23-24).

$$\text{Su buharı akış yoğunluğu} = g = G / A$$

$$\text{Kütle değişim hızı} = \Delta m_{1,2} = (m_2 - m_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{Su buharı geçişi; } W = G / (A \cdot \Delta p_v)$$

$$\text{Su buharı direnç faktörü } \mu = \delta a / \delta$$

$$\text{Su buharı geçirgenliği} = \delta = W \cdot d$$

Formülde;

Δp_v değeri deney süresince ölçülen sıcaklığın ve bağıl nemin ortalaması,

$\Delta m_{1,2}$: Her bir ölçüm için birim zamandaki kütle değişimi (kg/s),

m_1 : Deney düzeneğinin t_1 anındaki kütlesi (kg),

m_2 : Deney düzeneğinin t_2 anındaki kütlesi (kg),

t_1 ve t_2 : Ardışık tartımlar arasındaki süre (s)

d : Numunenin kalınlığı (m) ,

ξH : Havanın su buharı iletkenliği

A : Numunenin alanı (m^2) ,

P : Su buharı basınç farkı değerleri (Pascal)

G : Geçen su buharı miktarı (kg/h),

dH : Numune altında kalan havanın kalınlığı (m)



Şekil 2.40: Deney Sırasında Örneklerin Kabin Görüntüleri

Çizelge 2.23: Su Buharı Geçirgenlik Değerleri

| Numune | Su Buharı Akış Hızı (gr/sa) | Ortalama Su Buharı Akış Hızı (gr/sa) | Su Akış Yoğunluğu (gr/m ² .sa) | Ortalama Su Akış Yoğunluğu (gr/m ² .sa) |
|--------|-----------------------------|--------------------------------------|---|--|
| WK | 0,003229 0,005921 | 0,004575 | 1,14266 2,09513 | 1,618896 |
| ST | 0,004237 0,003416 | 0,003826 | 1,49922 1,20868 | 1,353953 |
| MR | 0,003125 0,000956 | 0,002041 | 1,10593 0,33836 | 0,722144 |
| TK | 0,002825 0,00928 | 0,001877 | 0,99977 0,32846 | 0,664115 |
| EM | 0,001460 0,002070 | 0,001765 | 0,51649 0,73264 | 0,624562 |
| KS | 0,002305 0,002538 | 0,002421 | 0,81574 0,89797 | 0,856857 |
| REF | 0,002293 0,001722 | 0,002007 | 0,81133 0,60922 | 0,710273 |

Çizelge 2.24: Su Buharı Direnç Faktörü

| Numune | Su Buharı Geçişi (g/m ² .s.Pa) | Ortalama Su Buharı Geçişi (g/m ² .s.Pa) | Su Buharı Geçirgenliği (g/m.s.Pa) | Ortalama Su Buharı Geçirgenliği (g/m.s.Pa) | Su Buharı Direnç Faktörü | Ortalama Su Buharı Direnç Faktörü |
|--------|---|--|-----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
| WK | 0,0011277 0,0020677 | 0,0015977 | 0,000011277 0,000020677 | 0,00015977 | 14,924 14,9585 | 14,9412 |
| ST | 0,0014796 0,0011929 | 0,0013362 | 0,000014796 0,000011929 | 0,000013362 | 14,942 14,9281 | 14,9351 |
| MR | 0,0010915 0,0003339 | 0,0007127 | 0,000012006 0,000003339 | 0,000007673 | 14,9214 14,7432 | 14,8323 |
| TK | 0,0009867 0,0003242 | 0,0006554 | 0,000010854 0,000003242 | 0,000007048 | 14,9131 14,7355 | 14,8243 |
| EM | 0,0005097 0,0007231 | 0,0006164 | 0,000006117 0,000007231 | 0,000006674 | 14,8318 14,8814 | 14,8566 |
| KS | 0,0008051 0,0008862 | 0,0008457 | 0,000008051 0,000008862 | 0,000008457 | 14,8935 14,9032 | 14,8984 |
| REF | 0,0008007 0,0006012 | 0,0007010 | 0,000007206 0,000006012 | 0,000006609 | 14,8929 14,8574 | 14,8751 |

2.4.2.4 Renk Özellikleri

Su itici uygulaması sonrasında örneklerin renk ve doku ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 2.25-26). Renk ölçüm değerleri grafiğe aktarılmıştır (Şekil 2.40 ve 2.41). Çizelgede yer alan değerler;

L- (lightness); L 0 siyahı gösterilirken L 100 beyazdır.

A- (kırmızı/yeşil koordinatı); +A kırmızı koordinatı, -A yeşildir.

B- (sarı/mavi koordinatları); +B sarı koordinatı, -B mavidir.

C- kroma koordinatları, açıklık eksenine dik konumda yer alır.

H-hue açısıyla ifade edilir. 0 +a eksenini üzerinde, 90 derecede +b eksenini, 180 derecede -a 270 derecede ve -b 360 yani 0 derecededir.

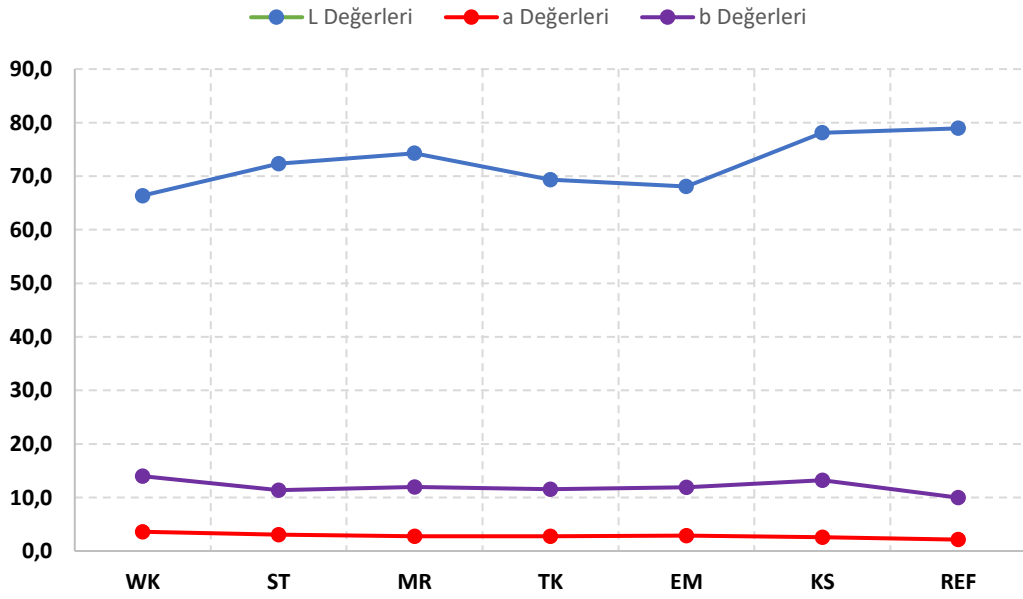
C*h değerlerinden farklı olarak üç boyutlu silindirik koordinatlar üzerinden yerleştirilir.

Çizelge 2.25: Eskitme Öncesi Renk Ölçümü Sonuçları

| Numune | L | A | B | C | H |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| W 1 | 68,33 | 4,46 | 16,33 | 16,93 | 74,72 |
| W 2 | 66,67 | 3,41 | 12,61 | 13,06 | 74,86 |
| W 3 | 66,83 | 2,54 | 10,47 | 10,78 | 76,38 |
| W 4 | 66,75 | 3,58 | 13,43 | 13,9 | 75,09 |
| W 5 | 63,45 | 3,62 | 13,11 | 13,61 | 74,57 |
| W 6 | 66,28 | 3,95 | 17,89 | 18,32 | 77,54 |
| ST 1 | 78,64 | 2,68 | 10,87 | 11,2 | 76,15 |
| ST 2 | 72,5 | 2,88 | 11,44 | 11,8 | 75,85 |
| ST 3 | 71,87 | 2,7 | 11,07 | 11,4 | 76,29 |
| ST 4 | 78,45 | 2,17 | 10,95 | 11,16 | 78,81 |
| ST 5 | 63,03 | 4,28 | 10,89 | 11,7 | 68,56 |
| ST 6 | 69,51 | 3,66 | 13,08 | 13,58 | 74,38 |
| MR 1 | 75,47 | 2,98 | 11,84 | 12,21 | 75,87 |
| MR 2 | 76,6 | 2,59 | 10,25 | 10,58 | 75,8 |
| MR 3 | 71,27 | 3,19 | 12,07 | 12,49 | 75,21 |
| MR 4 | 77,84 | 2,99 | 11,9 | 12,27 | 75,9 |
| MR 5 | 67,74 | 3,10 | 12,35 | 12,73 | 75,89 |
| MR 6 | 76,70 | 1,61 | 13,54 | 13,64 | 83,20 |

Çizelge 2.25 (devam): Eskitme Öncesi Renk Ölçümü Sonuçları

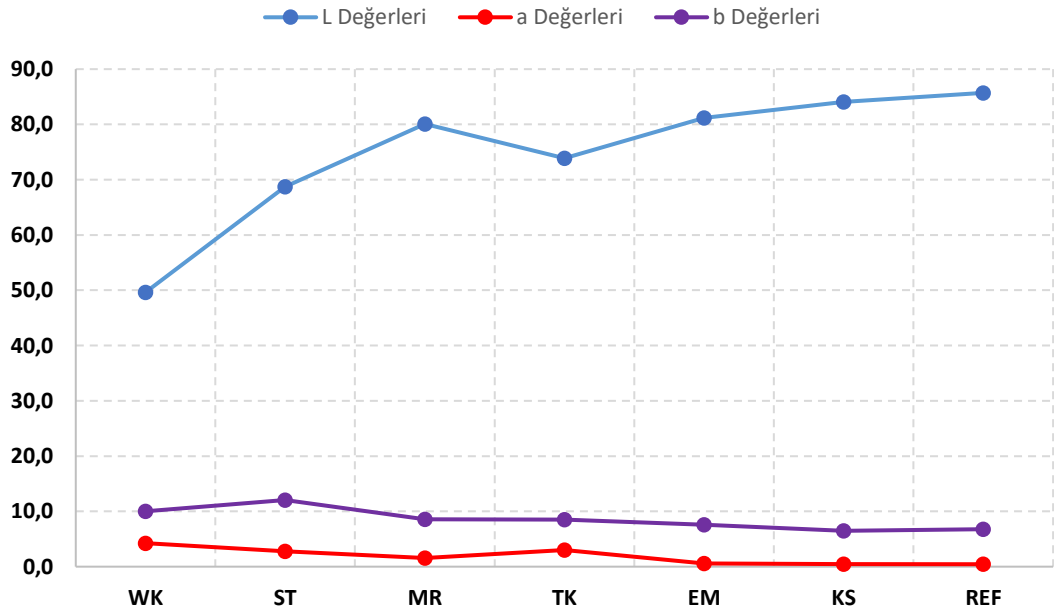
| | | | | | |
|------|-------|------|-------|-------|-------|
| TK 1 | 61,25 | 3,89 | 12,57 | 13,16 | 72,8 |
| TK 2 | 72,05 | 3,39 | 13,77 | 14,18 | 76,17 |
| TK 3 | 70,31 | 2,55 | 12,6 | 12,64 | 76,81 |
| TK 4 | 70,50 | 2,68 | 12,93 | 13,2 | 78,3 |
| TK 5 | 65,04 | 3,64 | 13,02 | 13,52 | 74,39 |
| TK 6 | 76,89 | 0,37 | 4,39 | 4,41 | 85,12 |
| EM 1 | 72,21 | 3,53 | 12,89 | 13,36 | 74,69 |
| EM 2 | 70,46 | 2,88 | 12,23 | 12,57 | 76,75 |
| EM 3 | 45,85 | 3,61 | 12,34 | 12,86 | 73,86 |
| EM 4 | 63,38 | 3,79 | 14,4 | 14,89 | 75,26 |
| EM 5 | 71,11 | 2,59 | 12,32 | 12,59 | 78,11 |
| EM 6 | 80,46 | 0,89 | 7,35 | 7,41 | 83,08 |
| KS 1 | 82,55 | 4,35 | 18,32 | 18,83 | 76,64 |
| KS 2 | 84,93 | 2,98 | 15,72 | 16 | 79,26 |
| KS 3 | 78,74 | 4,03 | 16,72 | 17,2 | 76,46 |
| KS 4 | 86,64 | 2,92 | 14,26 | 14,56 | 78,41 |
| KS 5 | 67,57 | 0,33 | 4,92 | 4,93 | 86,2 |
| KS 6 | 68,20 | 0,78 | 9,25 | 9,29 | 75,17 |



Şekil 2.40: Su itici Uygulanmamış Numunelerinin Renk Değerleri

Çizelge 2.26: Su itici Uygulanmış ve Uygulanmamış Örneklerin Renk Değişimi

| Numune | L | A | B | C | H |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| W 1 | 40,60 | 4,00 | 9,79 | 10,58 | 67,78 |
| W 2 | 58,67 | 4,50 | 10,2 | 11,15 | 66,20 |
| ST 1 | 77,02 | 2,26 | 13,33 | 13,52 | 80,4 |
| ST 2 | 65,39 | 3,3 | 10,78 | 11,27 | 72,99 |
| MR 1 | 78,04 | 2,34 | 9,04 | 9,34 | 75,46 |
| MR 2 | 82,14 | 0,79 | 8,14 | 8,18 | 84,49 |
| TK 1 | 65,18 | 5,56 | 12 | 13,23 | 65,15 |
| TK 2 | 82,61 | 0,51 | 5,01 | 5,04 | 84,19 |
| EM 1 | 83,17 | 0,65 | 8,86 | 8,88 | 85,8 |
| EM 2 | 79,20 | 0,51 | 6,36 | 6,38 | 85,45 |
| KS 1 | 85,82 | 0,25 | 5,68 | 5,68 | 87,48 |
| KS 2 | 82,32 | 0,71 | 7,29 | 7,32 | 84,46 |
| REF 1 | 84,49 | 0,58 | 7,74 | 7,77 | 85,74 |
| REF 2 | 86,93 | 0,30 | 5,85 | 5,85 | 87,11 |



Şekil 2.41: Su Buharı Renk Özellikleri

2.5 Su İticilerin Eskitme Deneyi Sonrası Etkinliği

Laboratuvar ortamında uygulanan tuz kristallenmesi ve nemli ortamda SO₂ buharına dayanıklılık deneyleri, su itici uygulanan ve uygulanmayan numunelere uygulanmıştır. Eskitme deneyinin ardından numunelere su emme ve kılcallık deneyleri yeniden yapılmış ve su iticilerin etkinliği değerlendirilmiştir.

2.5.1 Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık

Tuz kristallenmesi etkilerine dayanıklılık deneyi TS EN 12370 (Doğal taşlar- Deney metotları- Tuz kristallenmesine direncin tayini) standardından faydalanılarak, su itici sürülen ve sürülmeeyen numuneler 2 saat %14'lük Na₂SO₄10H₂O çözeltisi içerisinde 20 saat, 70 °C'lik etüvde ve 2 saat ortamda soğutulularak 15 gün süren çevrimler şeklinde yapılmıştır (Şekil 2.42). 15. gün sonunda numuneler 1 gün saf su içerisinde bırakılmış ve çeşme suyu ile yıkandıktan sonra etüvde kurutulup kuru ağırlığın tartılmıştır (Şekil 2.43). Deney sonunda bağıl kütle farkı (%) hesaplanmıştır (Çizelge 2.27). Eskitme deneyi sonrasında su emme deneyleri tekrar etmiş ve karşılaştırmalı şekiller ile verilmiştir (Şekil 2.43-44-45-46-47-48). Tuz kristallenmesi deneyi sonrasında fiziksel deneyler tekrar edilmiş, kılcal su emme ve ağırlıkça su emme davranışı hesaplanmıştır (Çizelge 2.28)

$$\Delta M = \frac{M_f - M_{d1}}{M_d} \times 100$$

M_d: Kuru deney numunesinin kütlesi, g

M_{d1}: Birinci işlemde önce kuru deney numunesinin kütlesi, g

M_f: On beşinci işlemde sonra kuru deney numunesinin kütlesi, g

ΔM: Deney öncesi ve sonrası kütlelerdeki bağıl fark (kütle kaybı veya artışı), %



Şekil 2.42: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sırasında Numuneler



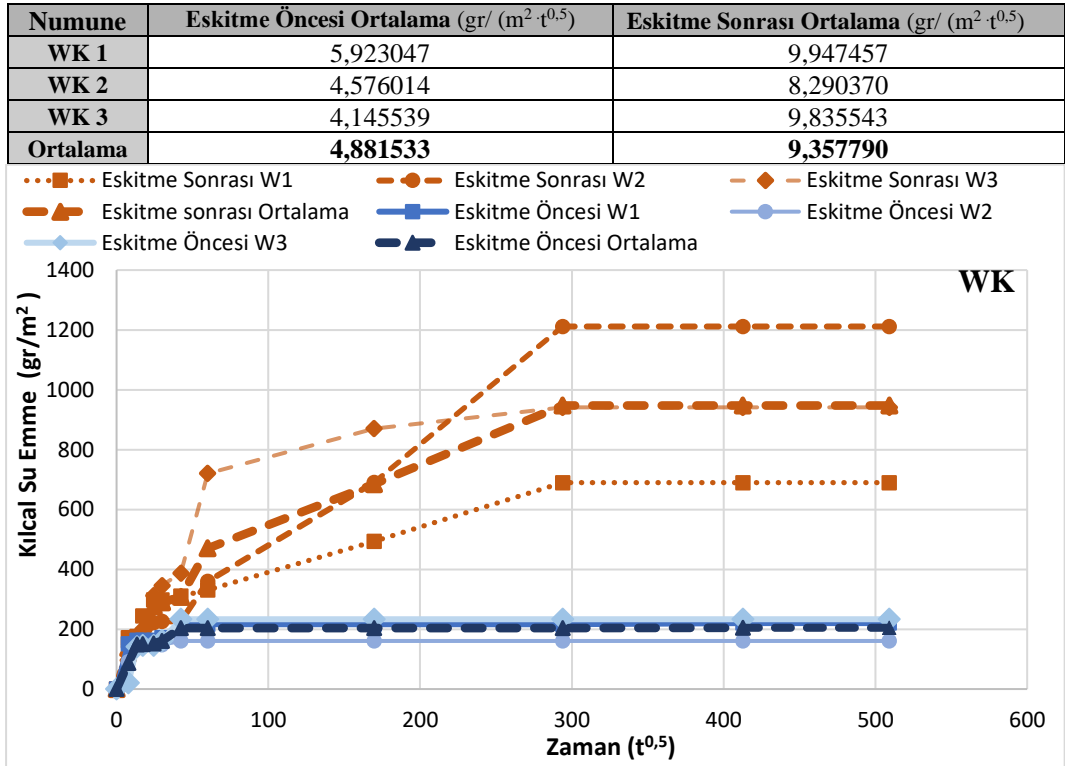
Şekil 2.43: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrasında Numuneler

Çizelge 2.27: Tuz Kristallenmesi Deney Sonuçları

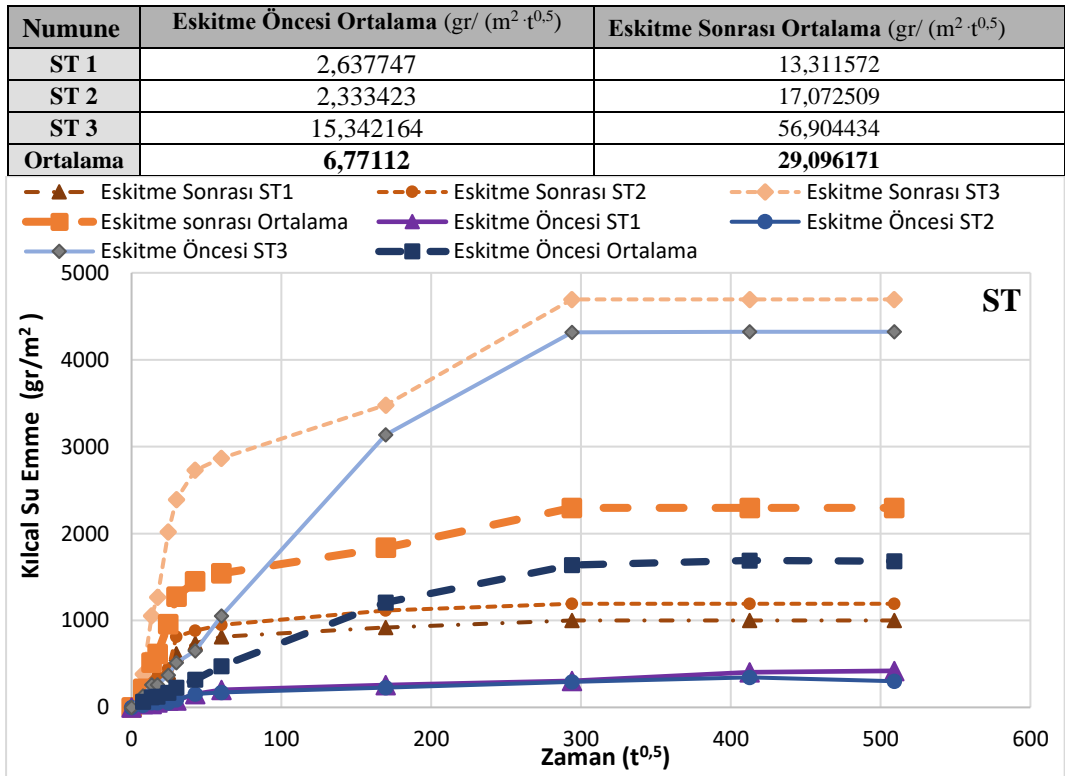
| Numune | Deney Öncesi Kuru Kütle (g) | Deney Sonrası Kuru Kütle (g) | Bağlı kütle Farkı (%) | Ortalama (%) |
|--------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------|
| WK | 218,21 | 217,05 | 0,53 | 0,55 |
| | 208,61 | 207,53 | 0,52 | |
| | 204,46 | 203,25 | 0,59 | |
| ST | 219,63 | 218,94 | 0,31 | 0,38 |
| | 232,44 | 231,54 | 0,39 | |
| | 215,30 | 214,33 | 0,45 | |
| MR | 210,84 | 209,87 | 0,46 | 0,48 |
| | 222,94 | 221,87 | 0,48 | |
| | 222,96 | 221,82 | 0,51 | |
| TK | 180,20 | 179,46 | 0,41 | 0,46 |
| | 207,46 | 206,37 | 0,53 | |
| | 170,31 | 169,57 | 0,43 | |
| EM | 130,32 | 129,5 | 0,63 | 0,79 |
| | 127,06 | 125,86 | 0,94 | |
| | 128,93 | 127,89 | 0,81 | |
| KS | 141,34 | 139,89 | 1,03 | 0,81 |
| | 145,40 | 144,31 | 0,75 | |
| | 188,10 | 186,89 | 0,64 | |
| REF | 129,78 | 128,91 | 0,67 | 0,30 |
| | 118,50 | 118,38 | 0,10 | |
| | 117,75 | 117,60 | 0,13 | |

Çizelge 2.28: Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Kılcal Su Emme Katsayıları

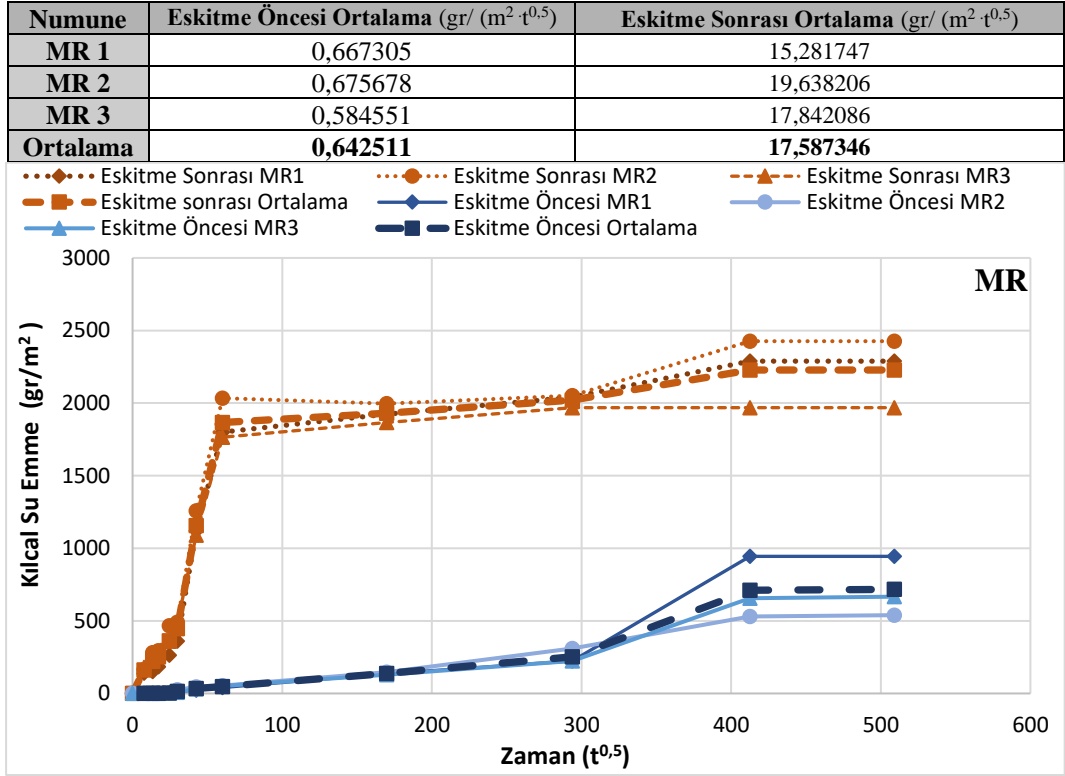
| Numune | WK (g/ (m ² .t ^{0,5})) | ST (g/ (m ² .t ^{0,5})) | MR (g/ (m ² .t ^{0,5})) | TK (g/ (m ² .t ^{0,5})) | EM (g/ (m ² .t ^{0,5})) | KS (g/ (m ² .t ^{0,5})) |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 1 | 9,947457 | 13,311572 | 15,281747 | 11,601007 | 9,385474 | 11,003199 |
| 2 | 8,290370 | 17,072509 | 19,638206 | 14,580534 | 13,670183 | 10,573621 |
| 3 | 9,835543 | 56,904434 | 17,842086 | 17,579221 | 10,751900 | 5,527419 |
| Eskitme Sonrası Ortalama | 9,357790 | 29,096171 | 17,587346 | 14,586921 | 11,269186 | 9,034746 |
| Eskitme Öncesi Ortalama | 4,881533 | 6,771112 | 0,642511 | 9,038314 | 6,913342 | 3,558634 |



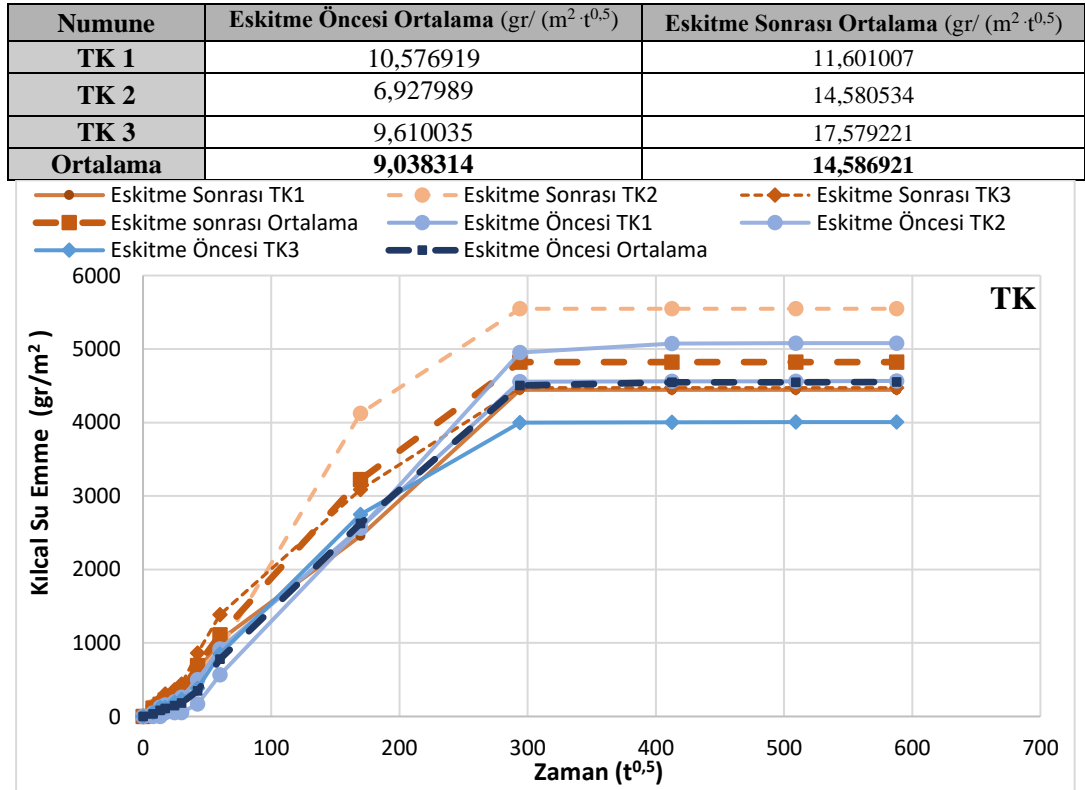
Şekil 2.43: WK Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları



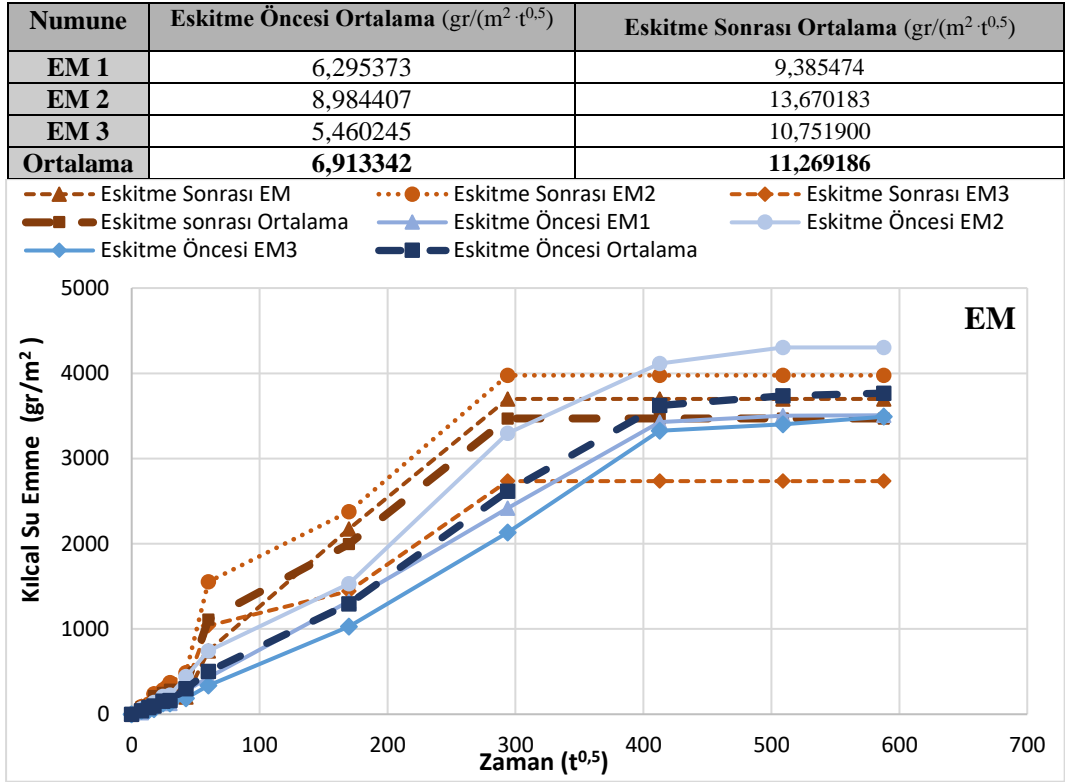
Şekil 2.44: ST Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları



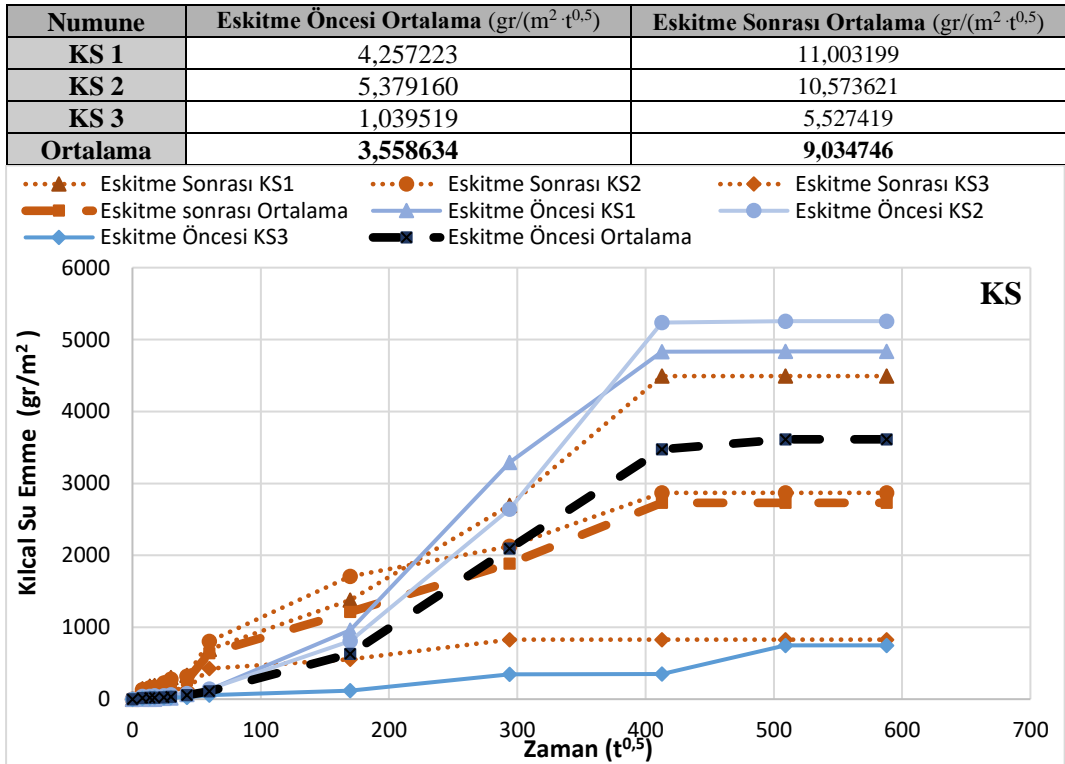
Şekil 2.45: MR Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları



Şekil 2.46: TK Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları



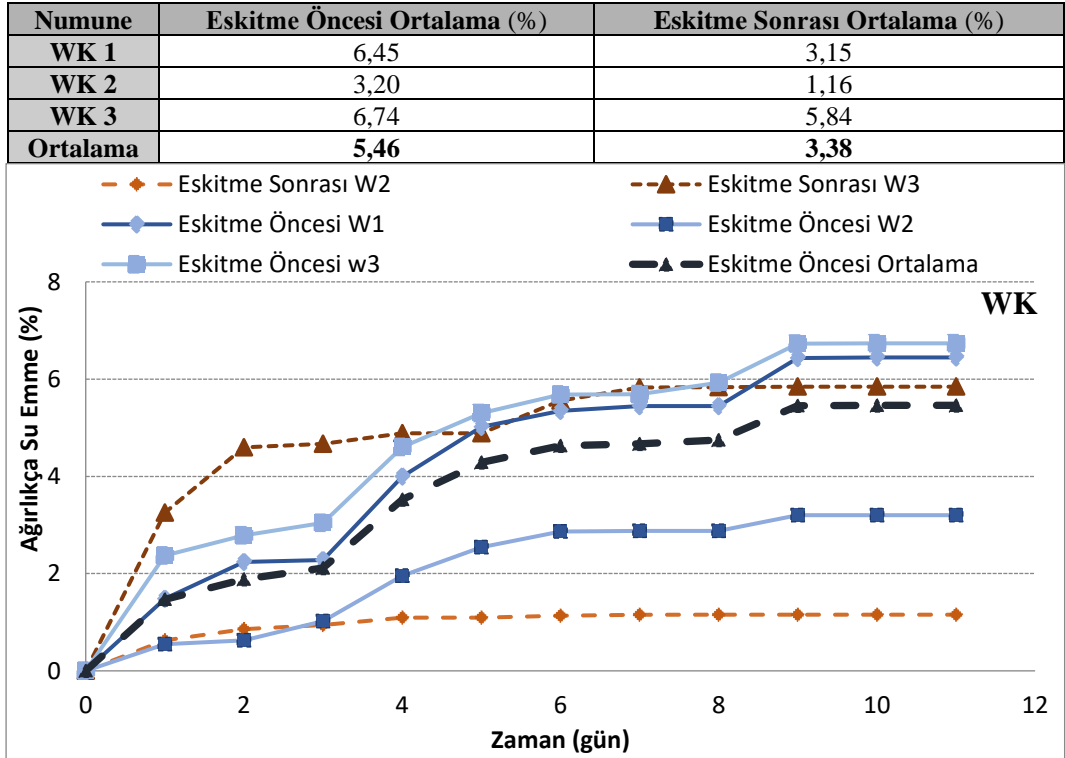
Şekil 3.47: EM Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları



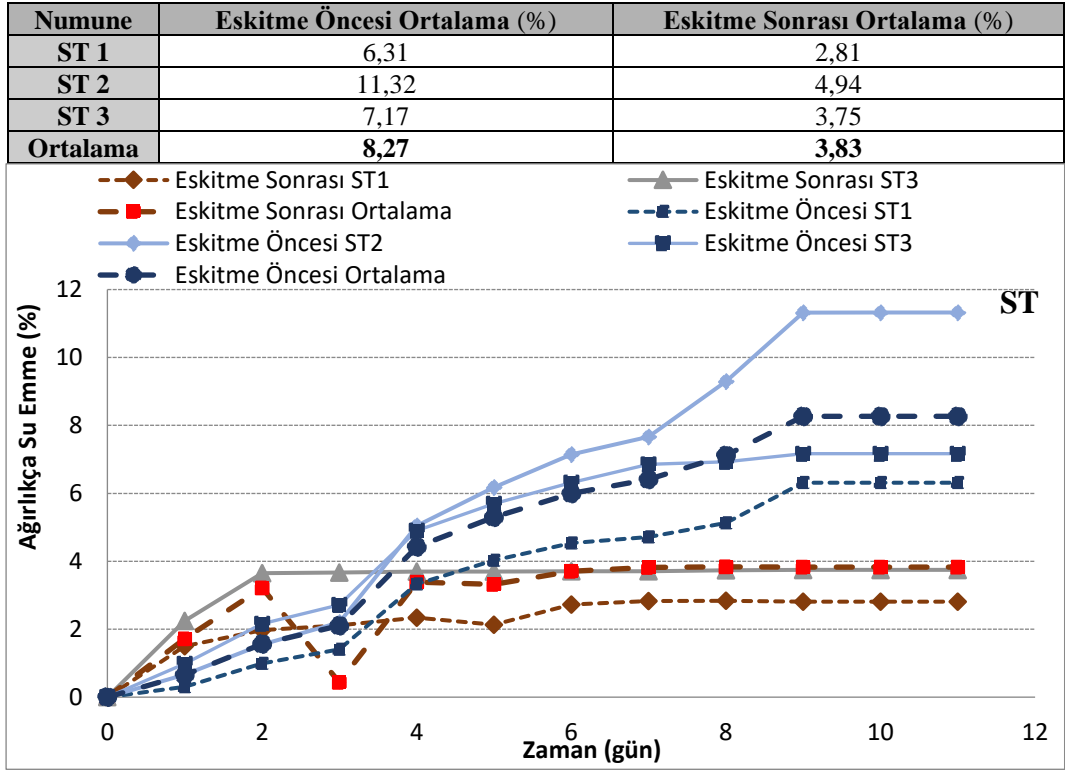
Şekil 2.48: KS Uygulanmış Numunelerin Tuz Kristallenme Sonrası Kılcallıkları

Çizelge 2.29: Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

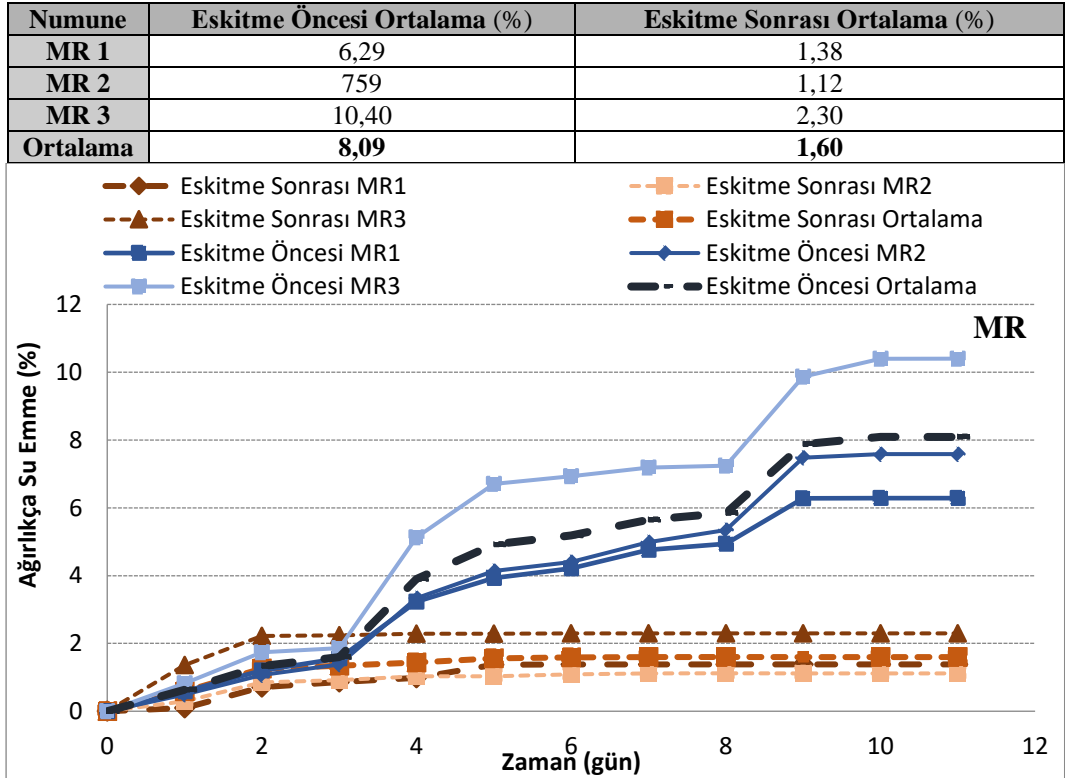
| Numune | WK (%) | ST (%) | MR (%) | TK (%) | EM (%) | KS (%) |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 3,15 | 2,81 | 1,38 | 4,26 | 11,58 | 2,69 |
| 2 | 1,16 | 4,94 | 1,12 | 2,87 | 6,13 | 3,91 |
| 3 | 5,84 | 3,75 | 2,30 | 3,17 | 6,64 | 1,30 |
| Eskitme Sonrası Ortalama | 3,38 | 3,83 | 1,60 | 3,43 | 8,12 | 2,64 |
| Eskitme Öncesi Ortalama | 5,46 | 8,27 | 8,09 | 2,63 | 4,47 | 1,64 |



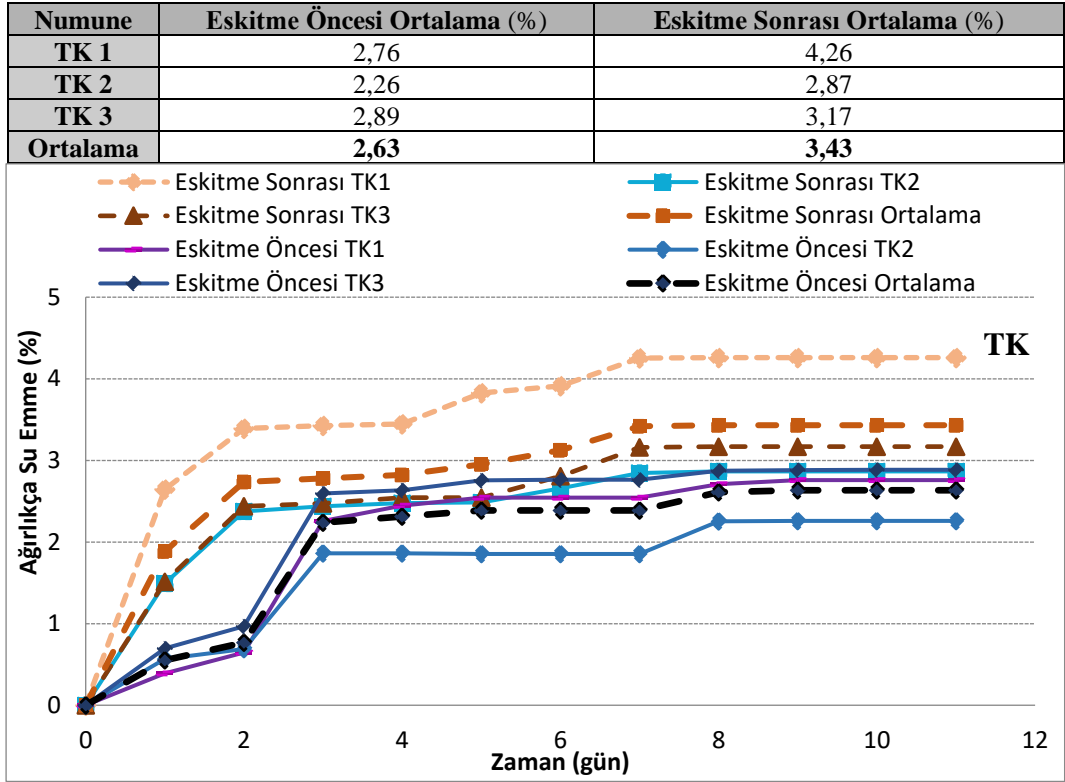
Şekil 2.49: WK Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



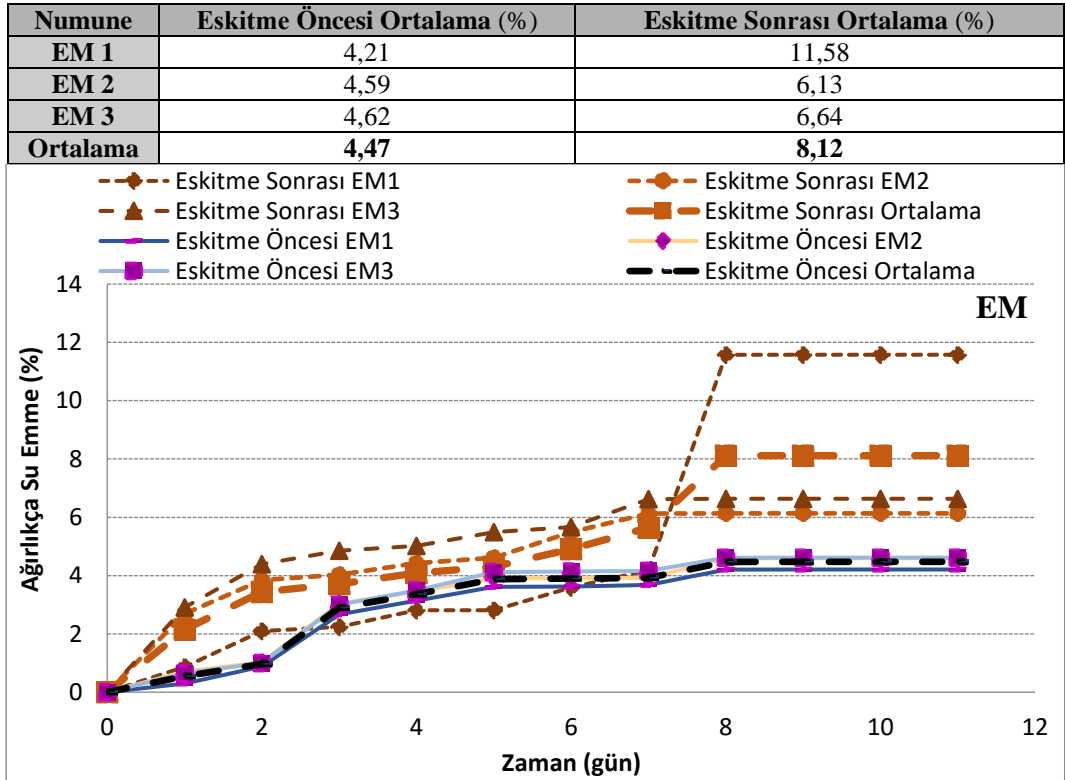
Şekil 2.50: ST Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



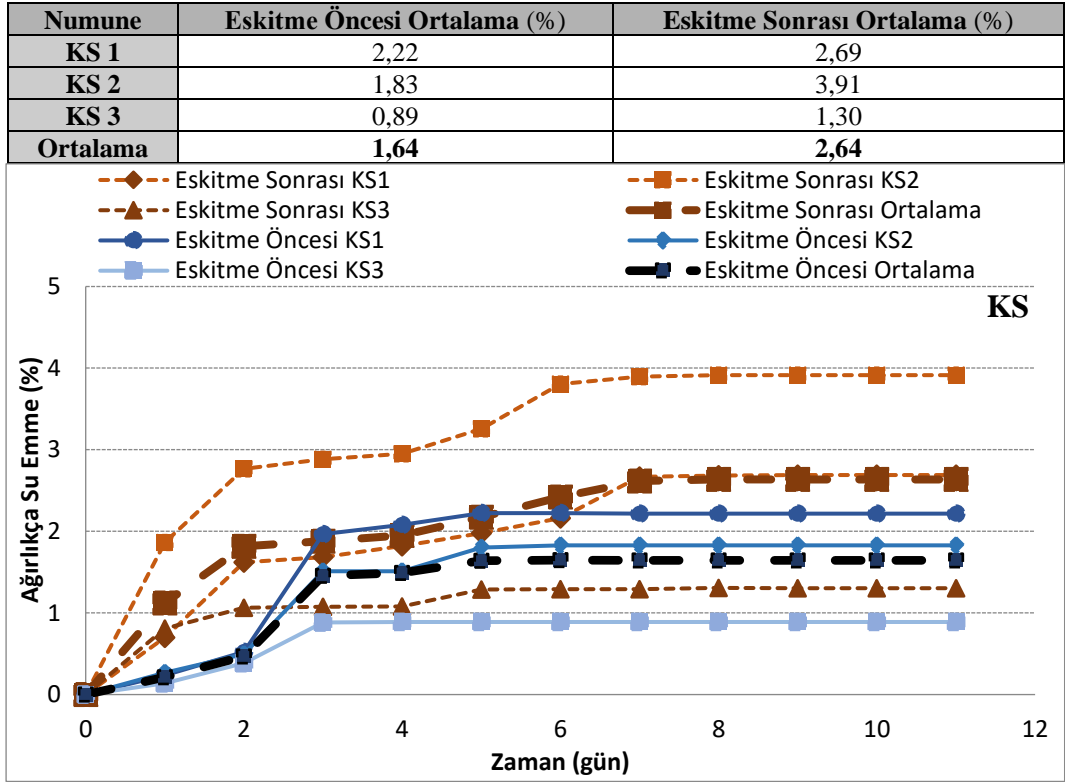
Şekil 2.51: MR Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.52: TK Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.53: EM Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.54: KS Tuz Kristallenmesi Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

2.5.2 Nemli Ortamda SO₂ Yıpratmasına Dayanıklılık

SO₂ buharına karşı dayanıklılık deneyi TS EN 13919 standardında tanımlanan aşamalara göre yapılmıştır. Su itici sürülen ve sürülmeyen numuneler, (500 ± 10) ml de iyonize suya (150 ± 10) ml sülfüroz asiti (H₂SO₃) ilâve edilerek hazırlanan çözelti, desikatör içinde kapalı bir biçimde 21 gün tutularak yapılmıştır. Deney öncesinde numuneler 3 gün saf su içerisinde bekletilmiş, su içerisindeki ağırlıkları tartıldıktan sonra deney başlatılmıştır. 21. gün sonunda desikatör içinden çıkarılmış saf su ile yıkanmış ve etüvde kurutulduktan sonra tartım alınmıştır (Şekil 2.55). Her bir numune için kütle değişimi (%) hesaplanmıştır (Çizelge 2.29). Deney sonunda numunelerin tamamında renk değişimi görülmüştür. Nemli ortamda SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi sonrasında fiziksel deneyler tekrarlanmış ve sonuçları önceki değerler ile karşılaştırılmıştır.

$$\Delta m = [(m_0 - m_1) / m_0] \times 100$$

Formülde;

M₀ = Kuru numunenin başlangıç ağırlığı (g)

M₁ = 21 gün sonunda kuru tartım ağırlığı (gr.),

Δm = Kütledeki değişim (%)



Şekil 2.55: SO₂ Yıpratma Deneyi Sırasında ve Sonrasındaki Numuneler

Çizelge 2.29: Nemli Ortamda SO₂ Yıpratmasına Dayanıklılık Deneyi Sonuçları

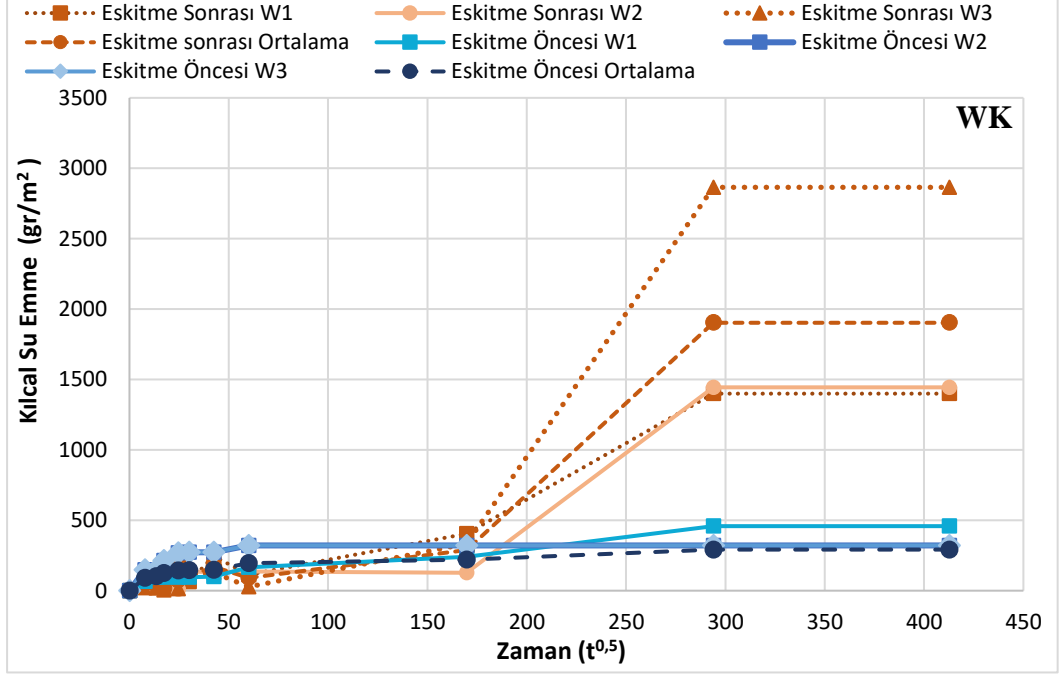
| Numune | Deney Öncesi Kuru Kütle (g) | Deney Sonrası Kuru Kütle (g) | Bağlı kütle Farkı (%) | Ortalama (%) |
|------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------|
| WK | 216,44 | 215,44 | 0,46 | 0,38 |
| | 223,48 | 222,63 | 0,38 | |
| | 196,31 | 195,73 | 0,30 | |
| ST | 219,05 | 218,42 | 0,29 | 0,28 |
| | 217,34 | 216,58 | 0,35 | |
| | 186,14 | 185,77 | 0,20 | |
| MR | 228,14 | 226,99 | 0,50 | 5,99 |
| | 207,41 | 206,45 | 0,46 | |
| | 210,84 | 174,96 | 17,02 | |
| TK | 202,34 | 201,48 | 0,43 | 0,31 |
| | 206,73 | 206,13 | 0,29 | |
| | 241,28 | 240,75 | 0,22 | |
| EM | 124,41 | 123,62 | 0,63 | 0,56 |
| | 127,24 | 126,46 | 0,61 | |
| | 141,54 | 140,93 | 0,43 | |
| KS | 148,48 | 147,17 | 0,88 | 0,66 |
| | 146,34 | 145,11 | 0,84 | |
| | 185,25 | 184,77 | 0,26 | |
| REF | 329,61 | 329,71 | 0,03 | 0,18 |
| | 218,48 | 218,48 | 0,00 | |
| | 217,58 | 216,37 | 0,56 | |

SO₂ buharına karşı dayanıklılık deneyi sonrasında fiziksel deneyler tekrar edilmiş ve kılcallık katsayıları hesaplanarak tüm değerler karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Çizelge 2.30).

Çizelge 2.30: SO₂ Yıpratması Sonrası Kılcal Su Emme Katsayıları

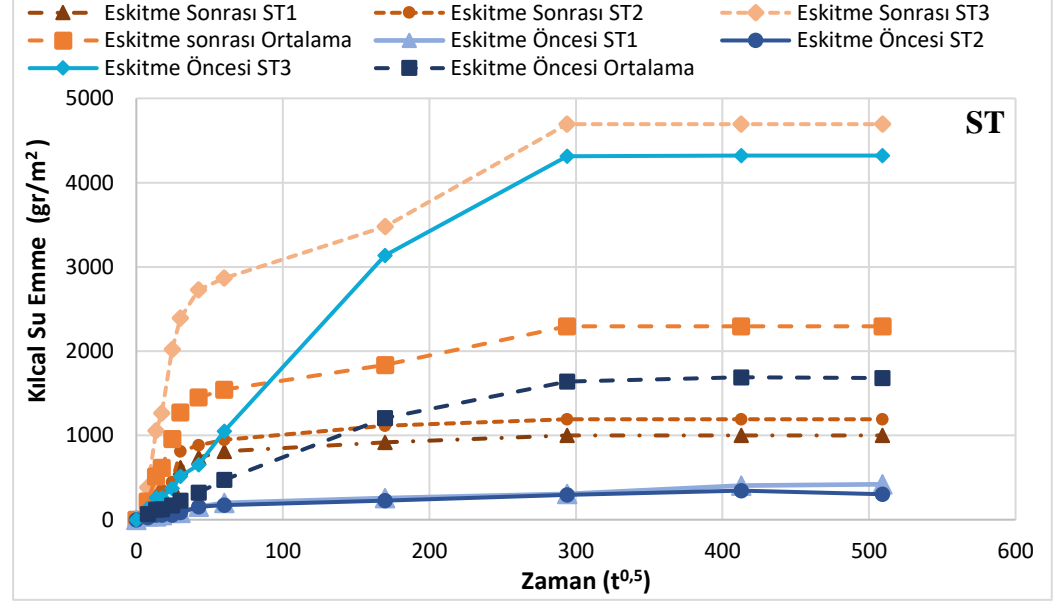
| Numune | WK (gr/(m ² ·t ^{0,5})) | ST (gr/(m ² ·t ^{0,5})) | MR (gr/(m ² ·t ^{0,5})) | TK (gr/(m ² ·t ^{0,5})) | EM (gr/(m ² ·t ^{0,5})) | KS (gr/(m ² ·t ^{0,5})) |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 1 | 3,326437 | 3,770720 | 7,169151 | 4,839322 | 6,721196 | 5,341611 |
| 2 | 2,677651 | 3,840972 | 5,988796 | 5,812907 | 5,488431 | 4,557300 |
| 3 | 3,392831 | 3,754335 | 6,3115014 | 3,596667 | 5,580969 | 3,653858 |
| Eskitme Sonrası Ortalama | 3,132306 | 3,788675 | 6,490987 | 4,749632 | 5,930199 | 4,517590 |
| Eskitme Öncesi Ortalama | 4,315208 | 5,081167 | 4,617160 | 5,249347 | 6,653648 | 6,656989 |

| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (gr/ (m ² ·t ^{0,5})) | Eskitme Sonrası Ortalama (gr/ (m ² ·t ^{0,5})) |
|-----------------|---|--|
| WK 1 | 3,500216 | 3,33,26437 |
| WK 2 | 2,297971 | 2,677651 |
| WK 3 | 7,147438 | 3,392831 |
| Ortalama | 4,315208 | 3,132306 |



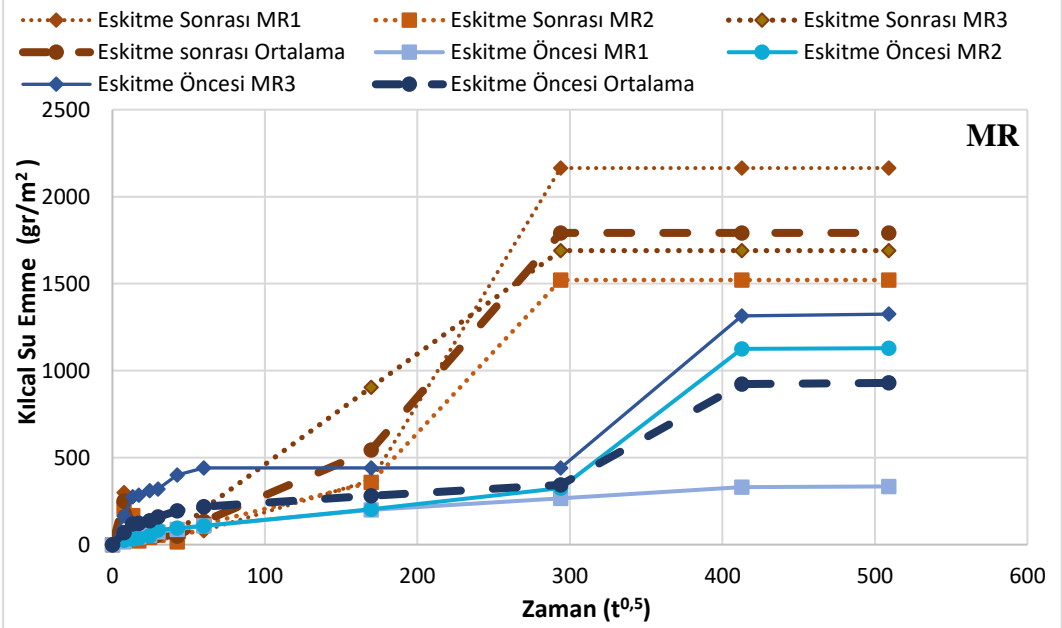
Şekil 2.56: WK Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları

| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (gr/ (m ² · t ^{0,5})) | Eskitme Sonrası Ortalama (gr/ (m ² · t ^{0,5})) |
|-----------------|--|---|
| ST 1 | 1,890869 | 3,770720 |
| ST 2 | 1,411196 | 3,840972 |
| ST 3 | 11,941435 | 3,754335 |
| Ortalama | 5,081167 | 3,788675 |

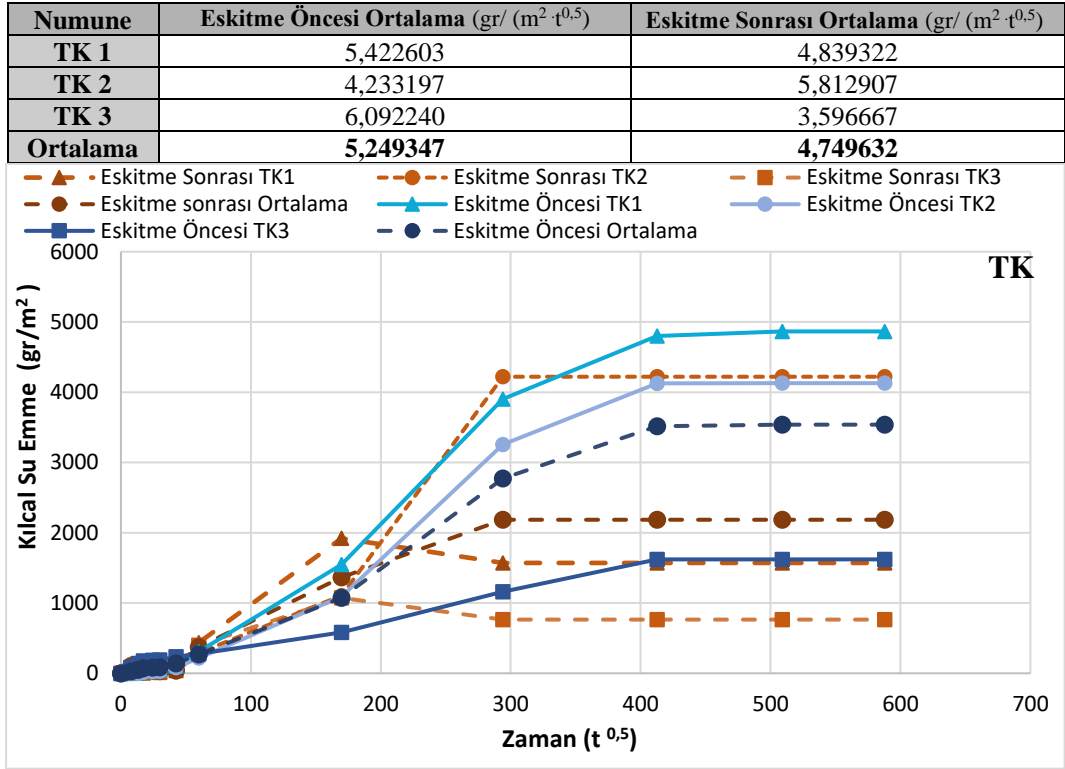


Şekil 2.57: ST Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları

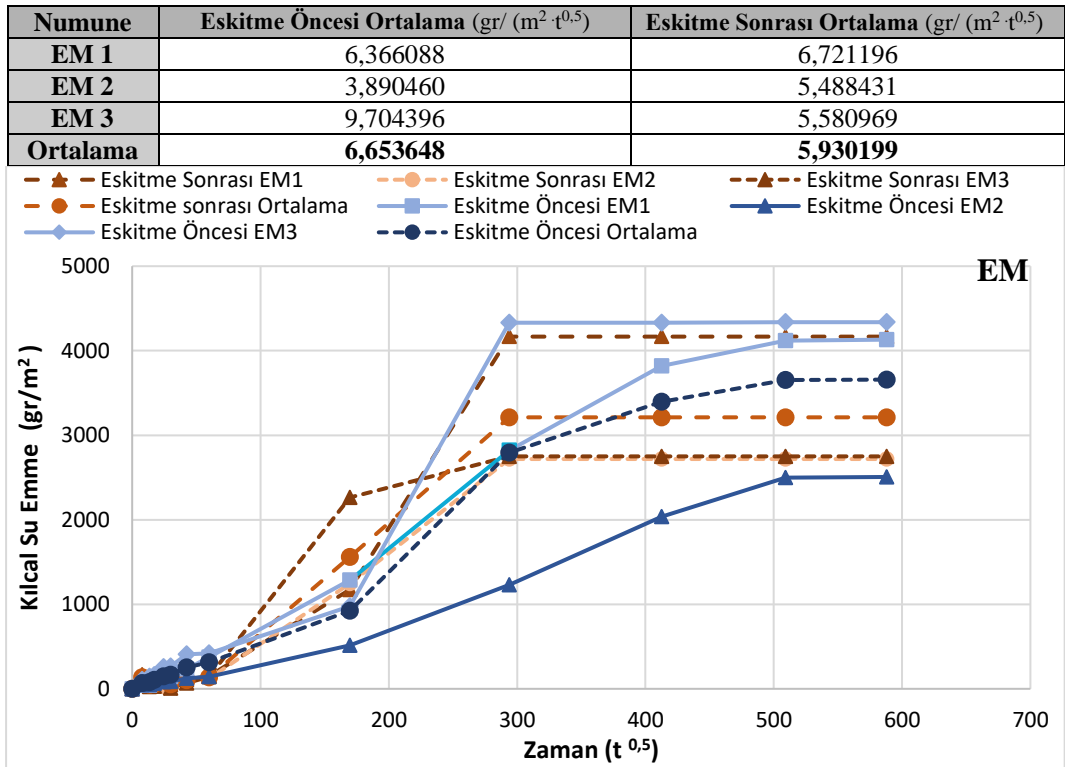
| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (gr/ (m ² · t ^{0,5})) | Eskitme Sonrası Ortalama (gr/ (m ² · t ^{0,5})) |
|-----------------|--|---|
| MR 1 | 1,830675 | 7,169151 |
| MR 2 | 2,183011 | 5,988796 |
| MR 3 | 9,837794 | 6,311501 |
| Ortalama | 4,617160 | 6,490987 |



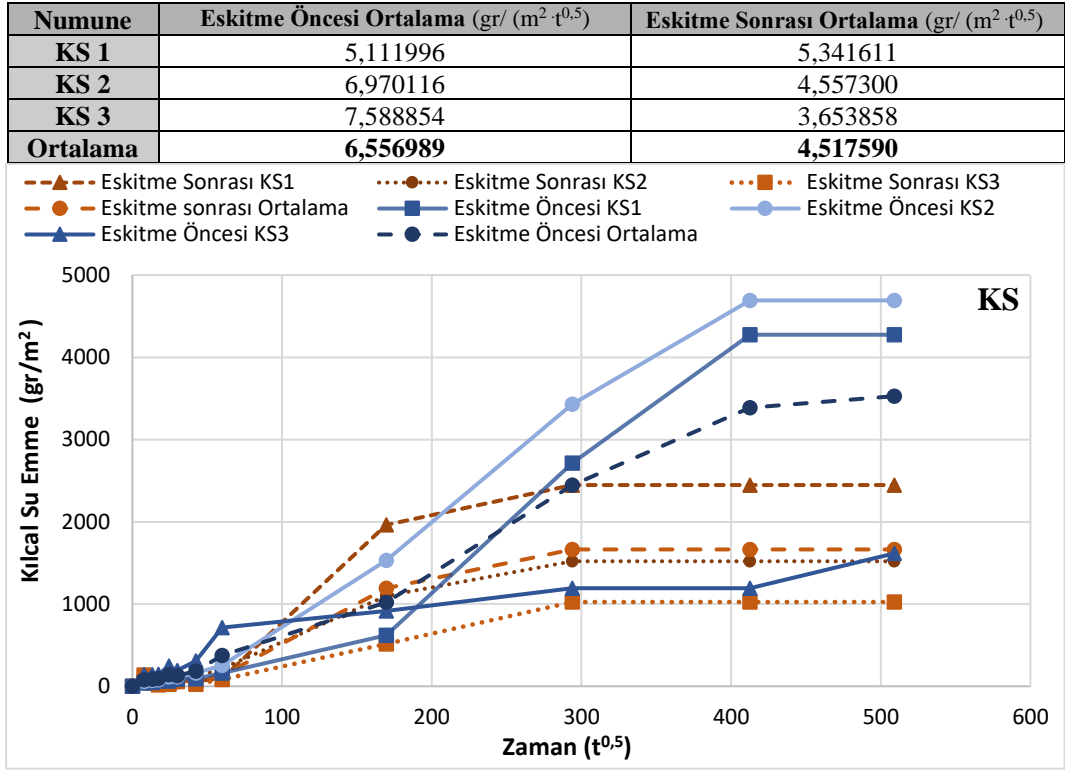
Şekil 2.58: MR Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları



Şekil 2.59: TK Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları



Şekil 2.60: EM Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları



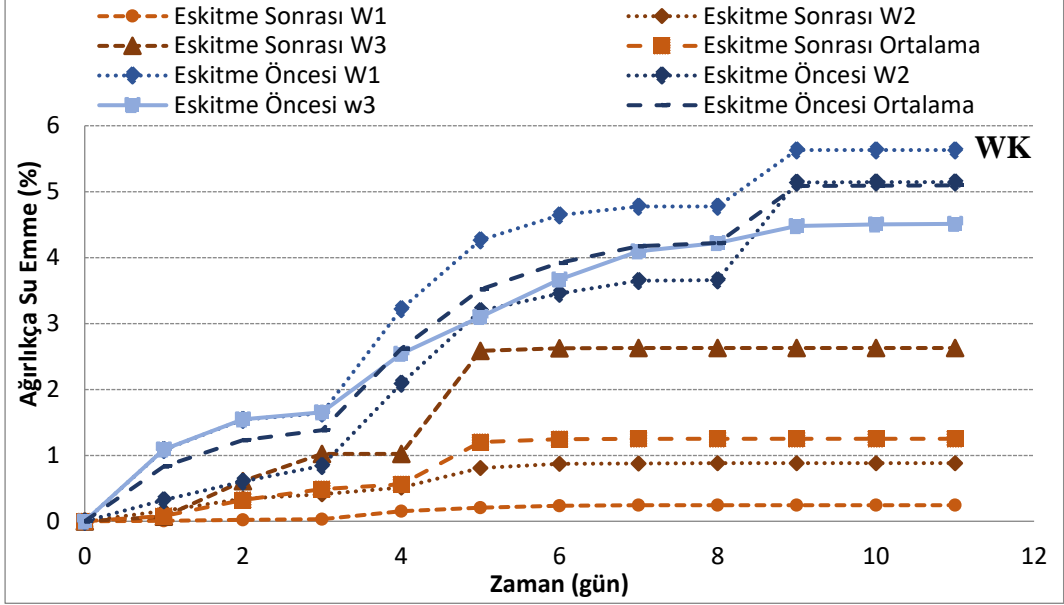
Şekil 3.61: KS Uygulanmış Numunelerin SO₂ Yıpratma Sonrası Kılcallıkları

Kılcal su emme deneyinin ardından atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme deneyi tekrarlanmış ve tespit edilen sonuçlar gösterilmiştir (Çizelge 2.31).

Çizelge 2.31: SO₂ Yıpratması Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

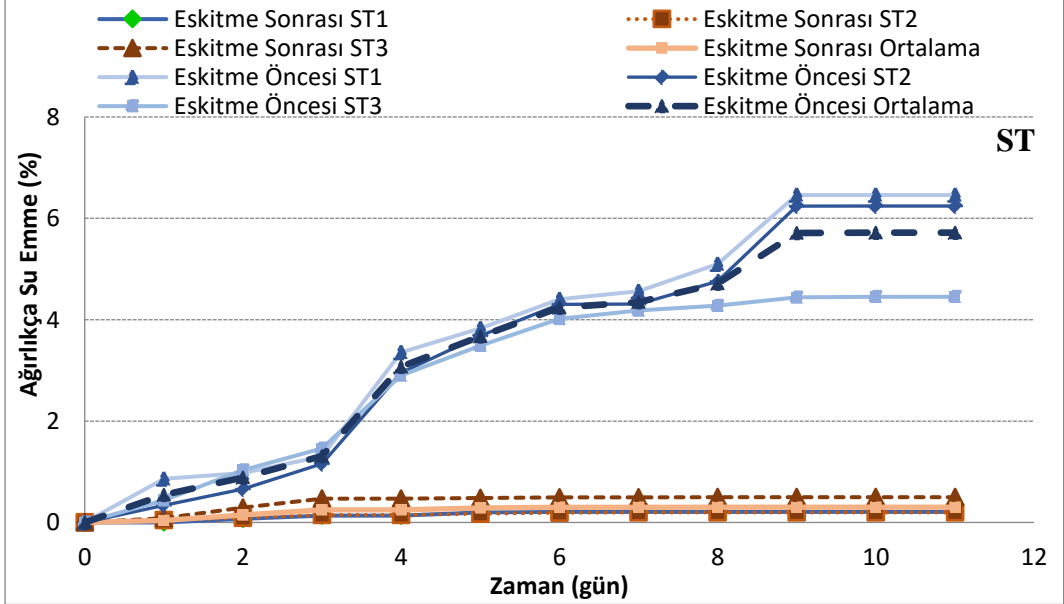
| Numune | WK (%) | ST (%) | MR (%) | TK (%) | EM (%) | KS (%) |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0,24 | 0,21 | 0,34 | 3,01 | 2,88 | 1,40 |
| 2 | 0,88 | 0,20 | 0,60 | 0,67 | 2,61 | 4,10 |
| 3 | 263 | 0,50 | 2,29 | 0,13 | 0,69 | 0,31 |
| Eskitme Sonrası Ortalama | 1,25 | 0,30 | 1,08 | 1,27 | 2,06 | 1,94 |
| Eskitme Öncesi Ortalama | 5,10 | 5,72 | 8,65 | 1,95 | 5,57 | 2,20 |

| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (%) | Eskitme Sonrası Ortalama (%) |
|----------|-----------------------------|------------------------------|
| WK 1 | 5,63 | 0,24 |
| WK 2 | 5,14 | 0,88 |
| WK 3 | 4,51 | 2,63 |
| Ortalama | 5,10 | 1,25 |



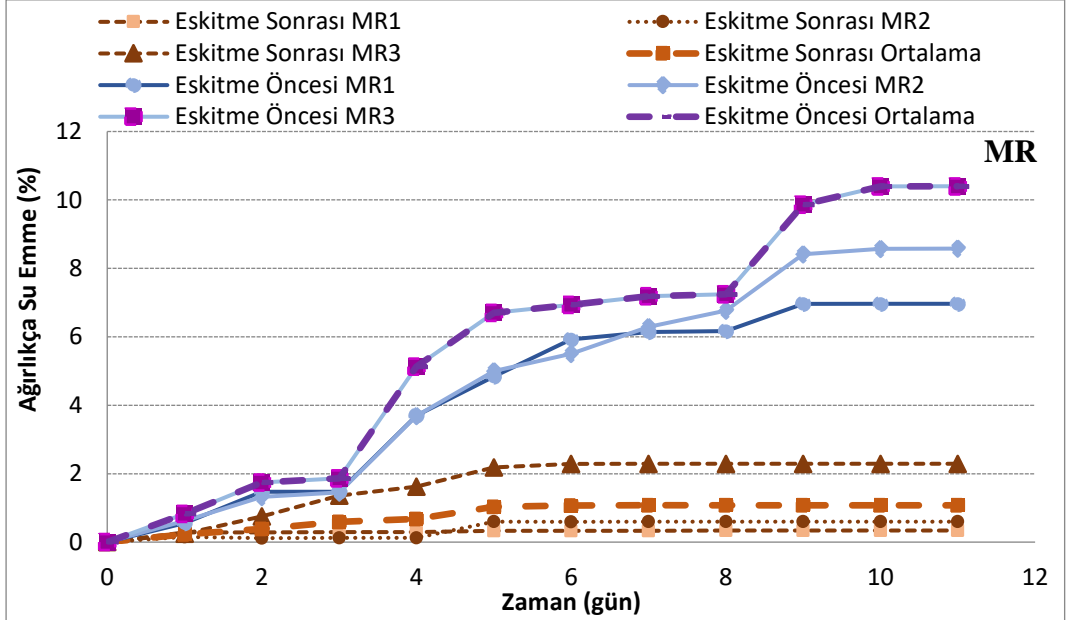
Şekil 2.62: WK SO₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (%) | Eskitme Sonrası Ortalama (%) |
|----------|-----------------------------|------------------------------|
| ST 1 | 6,46 | 0,21 |
| ST 2 | 6,24 | 0,20 |
| ST 3 | 4,45 | 0,50 |
| Ortalama | 5,72 | 0,30 |



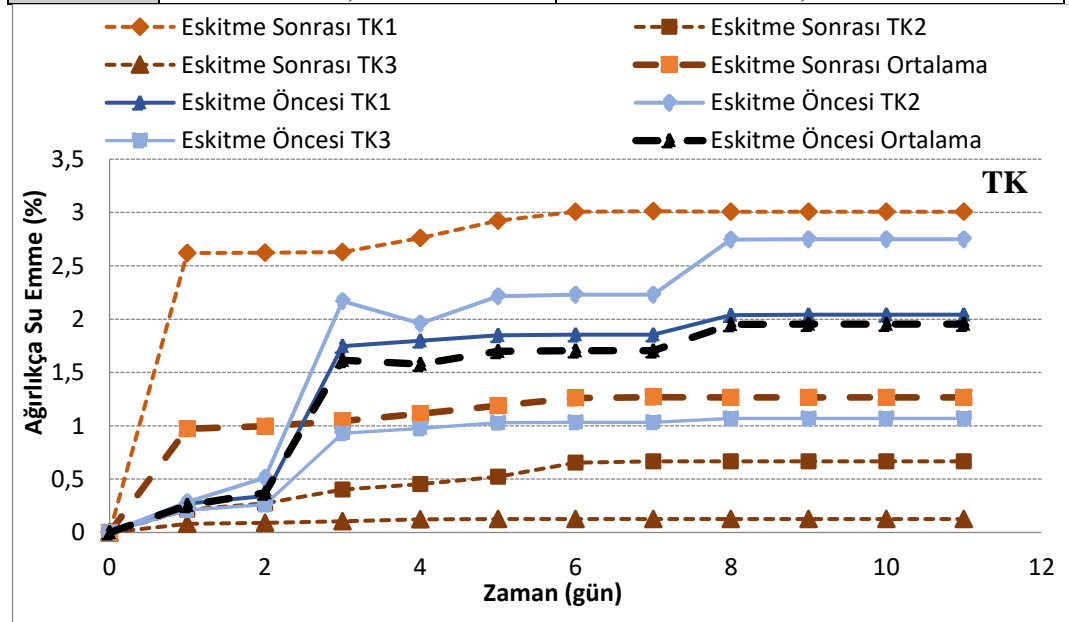
Şekil 2.63: ST SO₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (%) | Eskitme Sonrası Ortalama (%) |
|----------|-----------------------------|------------------------------|
| MR 1 | 6,97 | 0,34 |
| MR 2 | 8,58 | 0,60 |
| MR 3 | 10,40 | 2,29 |
| Ortalama | 8,65 | 1,08 |

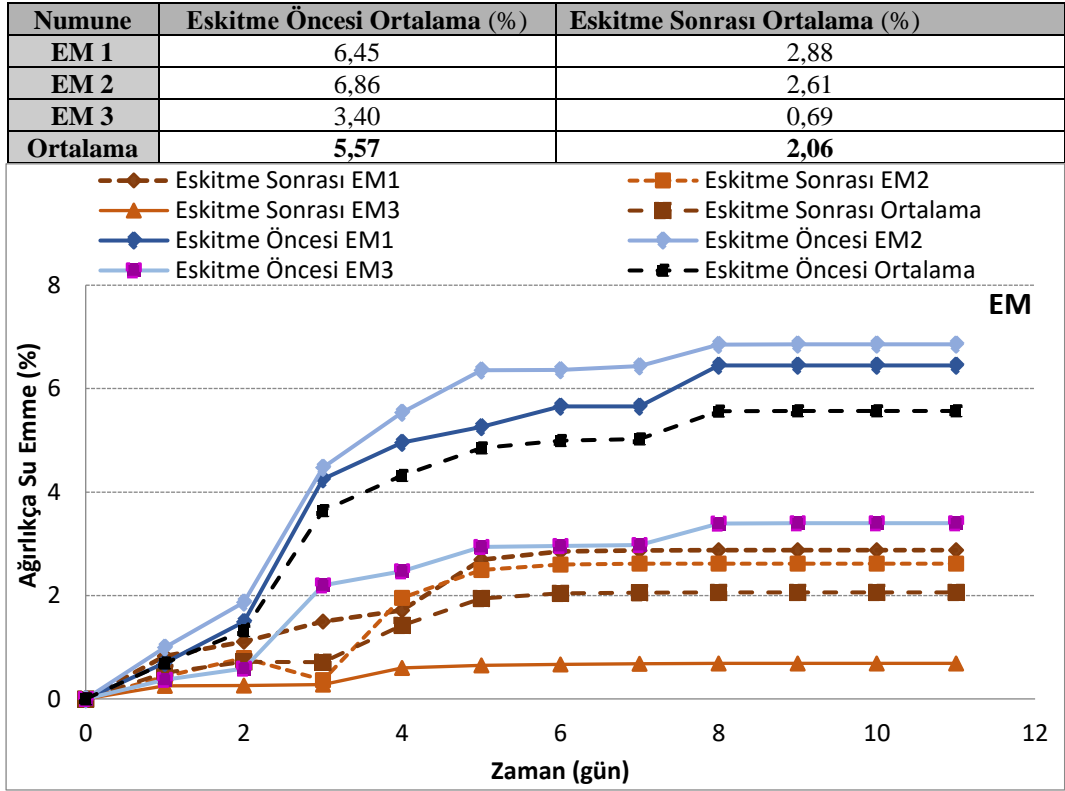


Şekil 2.64: MR SO₂ Yıpratma Ağırlıkça Su Emme Değerleri

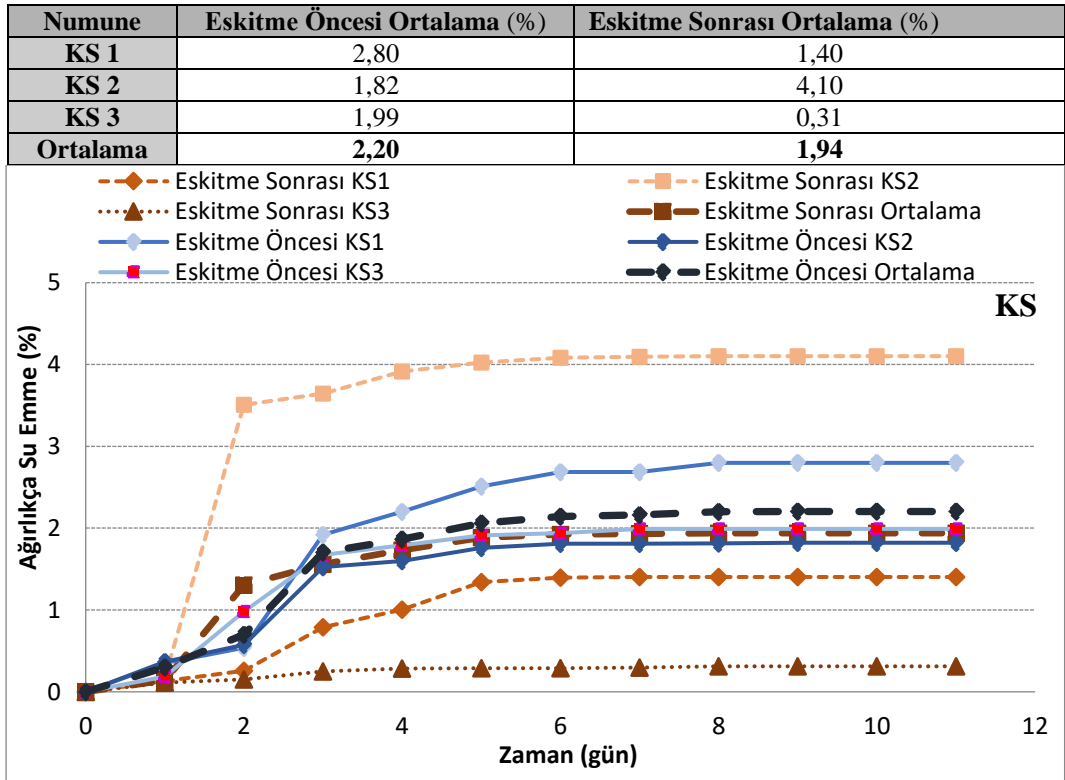
| Numune | Eskitme Öncesi Ortalama (%) | Eskitme Sonrası Ortalama (%) |
|----------|-----------------------------|------------------------------|
| TK 1 | 2,04 | 3,01 |
| TK 2 | 2,75 | 0,67 |
| TK 3 | 1,07 | 0,13 |
| Ortalama | 1,95 | 1,27 |



Şekil 2.65: TK SO₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 2.66: EM SO₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



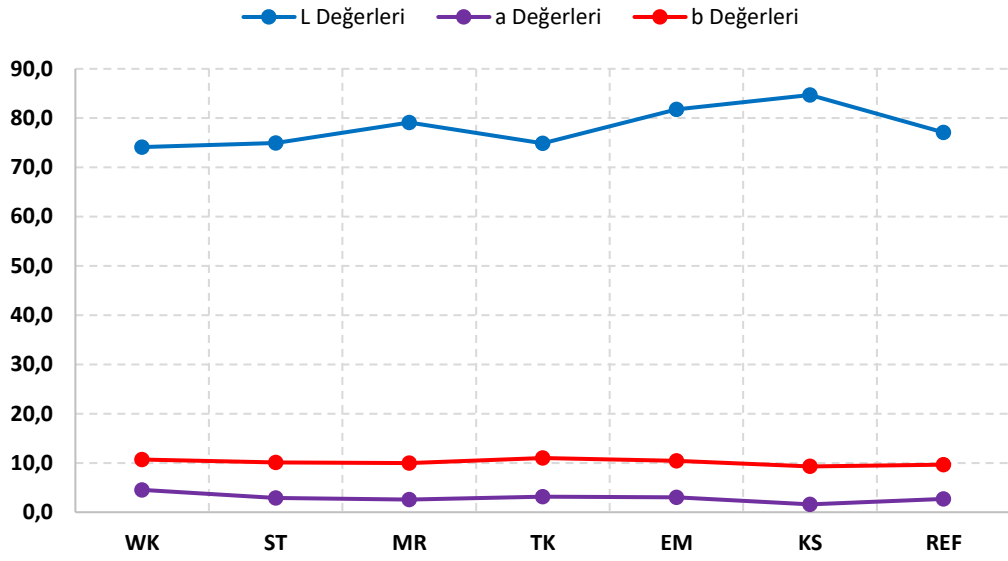
Şekil 2.67: KS SO₂ Yıpratma Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

2.5.3 Renk Özellikleri

Tuz kristallenmesi ve SO₂ yıpratma deneyi sonrası renk ölçümü tekrarlanmış ve değerleri verilmiştir (Çizelge 2.32,33).

Çizelge 2.32: SO₂ Yıpratması Sonrası Numunelerin Renk Özellikleri

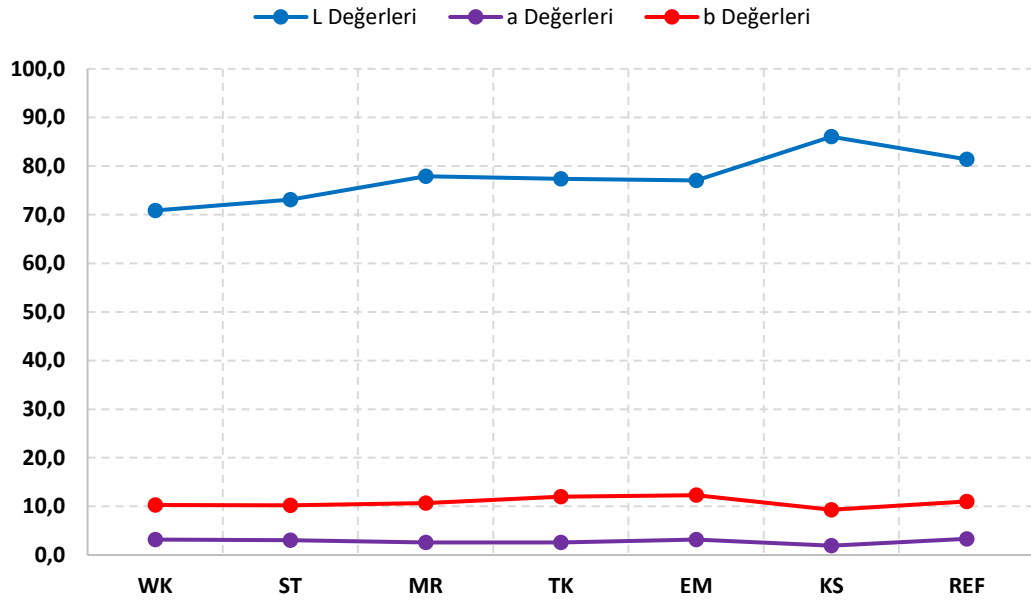
| Numune | L | A | B | C | H |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| W 1 | 70,84 | 5,88 | 10,18 | 11,75 | 59,98 |
| W 2 | 73,69 | 5,11 | 10,62 | 11,78 | 64,31 |
| W 6 | 77,82 | 2,60 | 11,30 | 11,60 | 77,02 |
| ST 1 | 71,85 | 3,15 | 10,61 | 11,07 | 73,48 |
| ST 2 | 74,37 | 2,81 | 9,68 | 10,08 | 73,84 |
| ST 6 | 78,71 | 2,68 | 10,08 | 10,43 | 75,13 |
| MR 1 | 82,53 | 3,16 | 10,10 | 10,58 | 72,63 |
| MR 2 | 72,92 | 3,57 | 11,22 | 11,78 | 72,34 |
| MR 6 | 81,81 | 0,95 | 8,67 | 8,72 | 83,72 |
| TK 1 | 70,72 | 3,55 | 11,00 | 11,56 | 72,10 |
| TK 2 | 69,21 | 3,82 | 12,49 | 13,06 | 72,06 |
| TK 6 | 84,79 | 2,11 | 9,50 | 9,74 | 77,49 |
| EM 1 | 79,95 | 3,16 | 10,41 | 10,88 | 73,11 |
| EM 2 | 81,81 | 2,70 | 10,16 | 10,51 | 75,09 |
| EM 6 | 83,62 | 3,19 | 10,74 | 11,20 | 73,45 |
| KS 1 | 86,10 | 2,58 | 12,43 | 12,69 | 78,26 |
| KS 2 | 87,30 | 1,86 | 10,82 | 10,98 | 80,25 |
| KS 6 | 80,67 | 0,34 | 4,63 | 4,64 | 85,77 |
| REF 1 | 85,25 | 2,11 | 6,80 | 7,12 | 72,73 |
| REF 2 | 70,53 | 3,56 | 10,06 | 10,67 | 70,52 |
| REF 3 | 75,51 | 2,51 | 12,14 | 12,40 | 78,30 |



Şekil 2.68: SO₂ Yıpratma Sonrası Numunelerin Renk Değerleri

Çizelge 2.33: Denei Sonrası Numunelerin Renk Değişimleri

| Numune | L | A | B | C | H |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| W 1 | 61,06 | 3,11 | 8,9 | 9,43 | 70,73 |
| W 2 | 76,39 | 3,44 | 11,85 | 12,34 | 73,84 |
| W 3 | 75,39 | 2,99 | 10,17 | 10,60 | 73,63 |
| ST 1 | 74,46 | 3,05 | 10,98 | 11,4 | 74,46 |
| ST 2 | 74,99 | 2,19 | 9,27 | 11,09 | 69,3 |
| ST 3 | 69,84 | 3,92 | 10,37 | 9,52 | 76,68 |
| MR 1 | 75,73 | 3,15 | 11,27 | 11,7 | 74,38 |
| MR 2 | 83,77 | 2,12 | 10,79 | 10,99 | 78,89 |
| MR 3 | 74,16 | 2,55 | 10,01 | 10,33 | 75,70 |
| TK 1 | 77,42 | 2,72 | 13,2 | 13,47 | 78,37 |
| TK 2 | 78,75 | 1,55 | 9,65 | 9,78 | 80,86 |
| TK 3 | 75,91 | 3,47 | 13,18 | 13,63 | 75,26 |
| EM 1 | 79,59 | 2,3 | 11,41 | 11,64 | 78,59 |
| EM 2 | 71,82 | 3,97 | 13,9 | 14,46 | 74,05 |
| EM 3 | 79,65 | 3,3 | 11,6 | 12,06 | 74,12 |
| KS 1 | 86,39 | 2,84 | 12,14 | 12,47 | 76,82 |
| KS 2 | 89,53 | 2,32 | 10,36 | 10,62 | 77,39 |
| KS 3 | 82,19 | 0,61 | 5,44 | 5,47 | 83,57 |
| REF 4 | 79,48 | 3,48 | 10,27 | 10,85 | 71,28 |
| REF 5 | 83,10 | 3,12 | 10,7 | 11,14 | 73,74 |
| REF 6 | 81,63 | 3,4 | 12,00 | 12,47 | 74,17 |



Şekil 2.69: Tuz Kristallenmesi Sonrası Renk Değerleri

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde küfeki taşı üzerinde uygulanan su itici ürünlerin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında 6 adet su itici malzeme kullanılmıştır (WK, ST, MR, TK, EM ve KS).

- Su iticilerin FT-IR incelemelerinde SiO₂ Silisyum dioksit, WS (White Spirite), TEMS (Trimetoksisilan), PU (Poliürethan) tespit edilmiştir. Kuru FT-IR incelemelerinde TR, TK, EM ve KS benzer içeriği oluştururken MR, ST, WK'da yakın değerleri gösterdiği tespit edilmiştir. Sıvı malzemelerin FT-IR sonuçlarına bakıldığında (Şekil 2.20); TK, ST, MR benzer değerleri gösterirken, KS, EM, WK, TR, DS kendi içerisinde benzer değerleri almıştır.
- SEM-EDS incelemelerine göre su iticiler kendi içerisinde üç gruba ayrılmıştır (Çizelge 2.3).

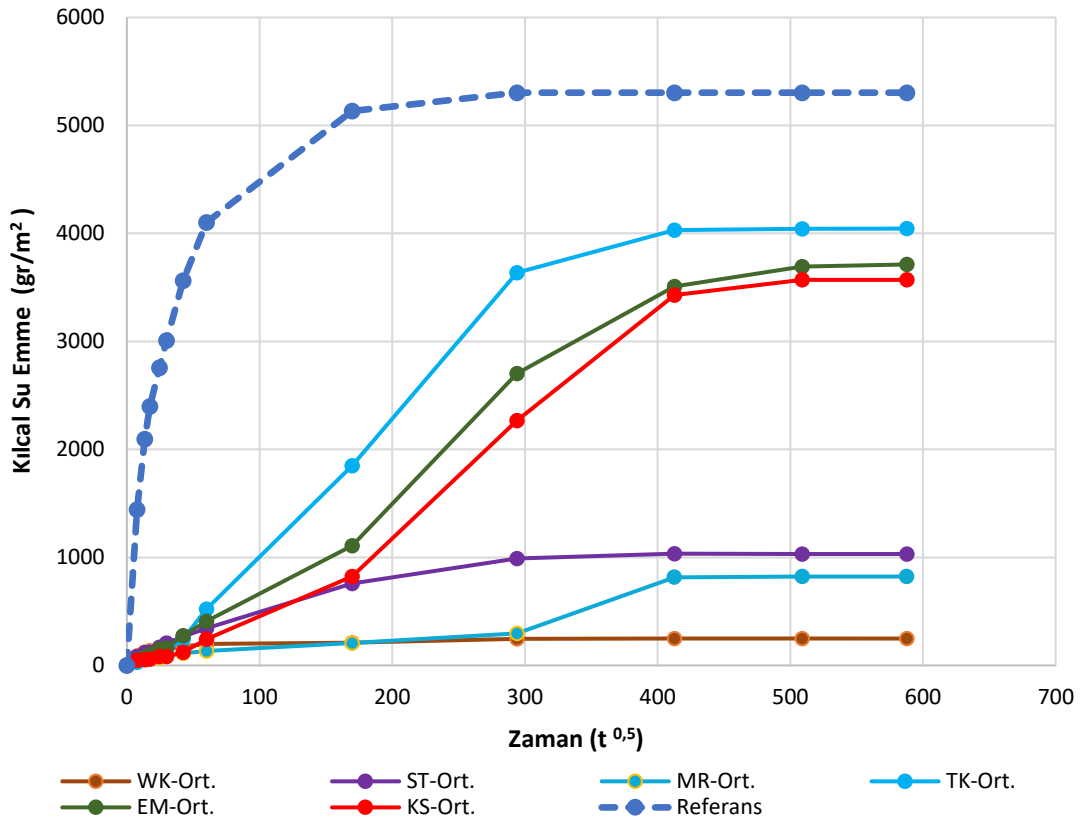
Her bir su itici ürün üç adet örneğe uygulanmıştır. Örneklerin fiziki ve kimyevi özelliklerini belirledikten sonra uygulama yapılmış ve taşlar üzerindeki etkileri incelenmiştir.

3.1 Uygulama Öncesi Sonuçlar

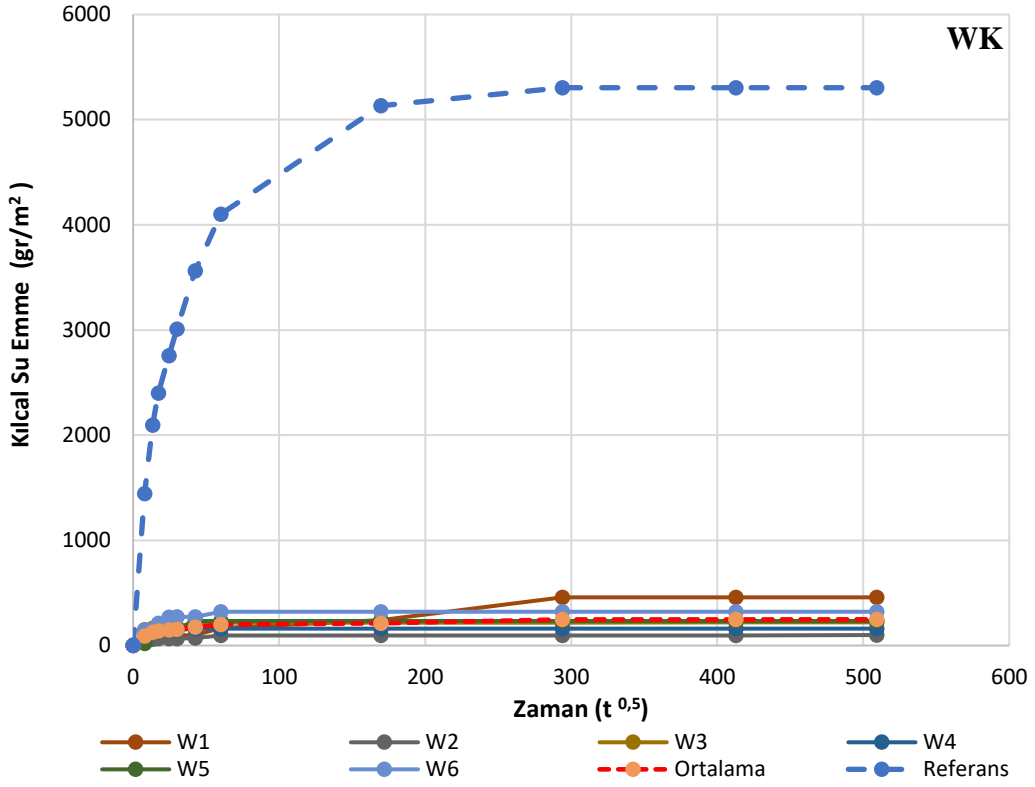
Su itici uygulaması öncesi fiziki özellikler; kuru birim ağırlık $1,77 \text{ gr/cm}^3$, doymun birim ağırlık $1,88 \text{ gr/cm}^3$, özgül kütle $2,66 \text{ gr/cm}^3$, açık boşluluk (porozite) %11,34, ağırlıkça su emme % 6,43 iken kılcal su emme katsayısı $99,24 \text{ (gr/(m}^2 \cdot \text{t}^{0,5})$ olarak tespit edilmiştir. Nokta yük dayanım deneyi ortalaması 19,68 Mpa olarak bulunmuştur.

3.2 Uygulama Sonrası Fiziki Özelliklerin Değişimleri

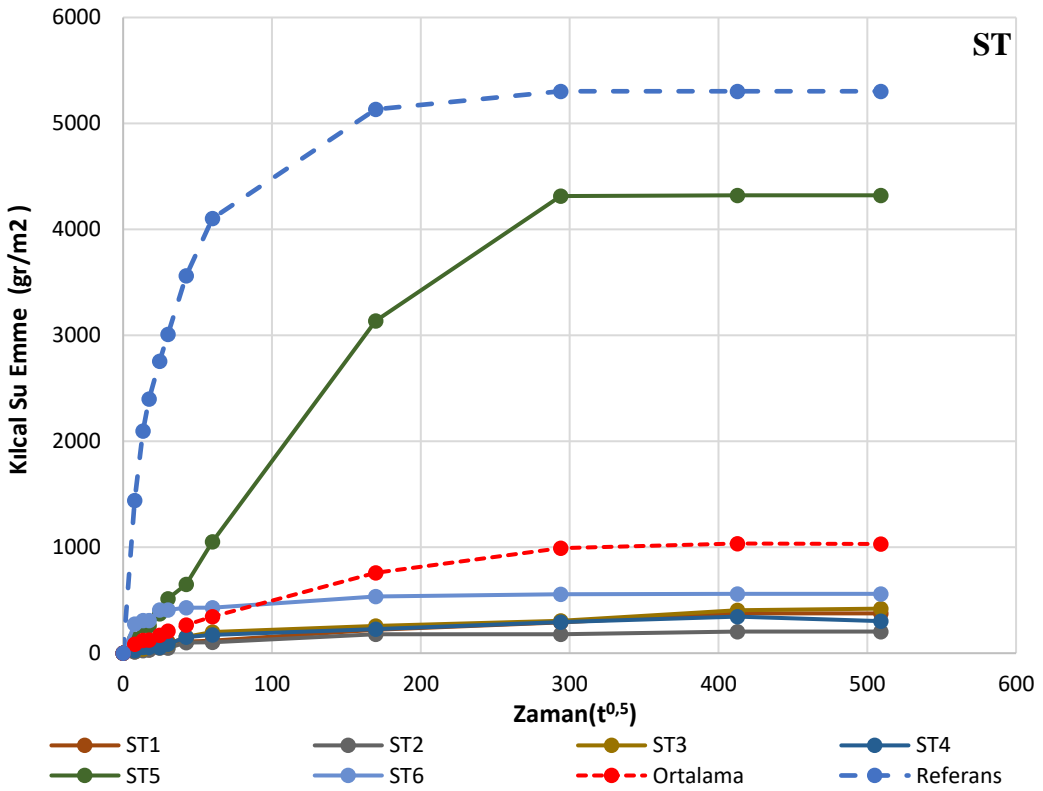
Su itici uygulaması sonrası fiziksel özelliklerin değişimi grafiklerle incelenmiştir. Kılcallık davranışındaki değişimi verilmiştir (Şekil 3.1,2,3,4,5,6)



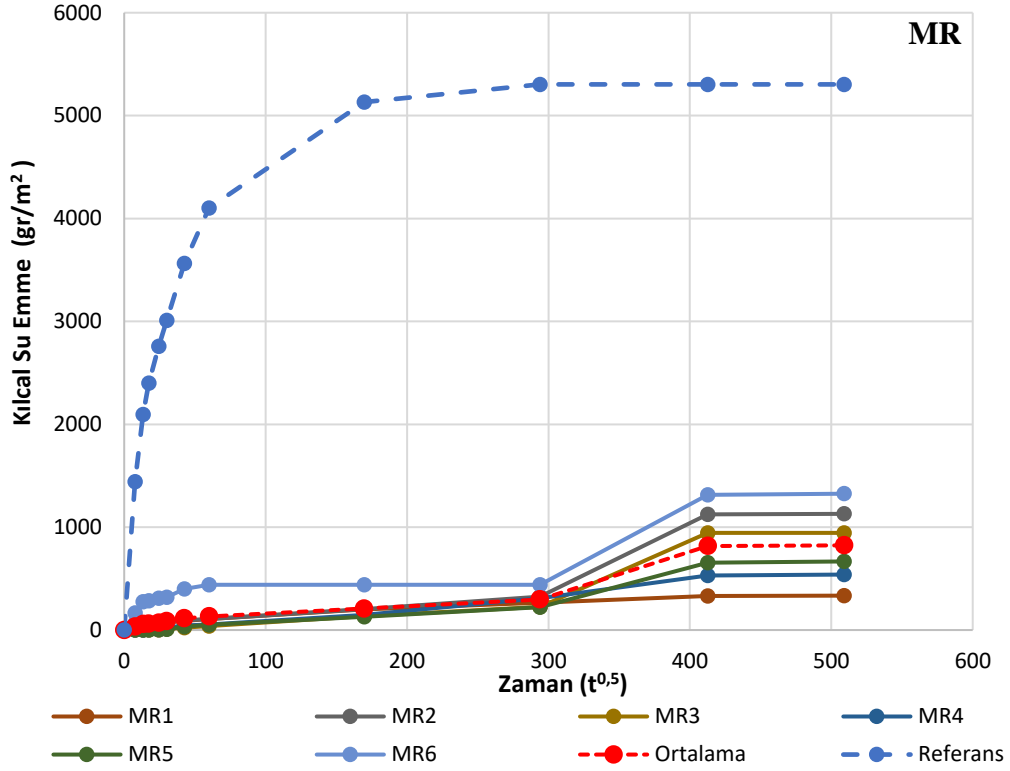
Şekil 3.1: Su İtici Uygulama Öncesi ve Sonrası Kılcallık Davranışı



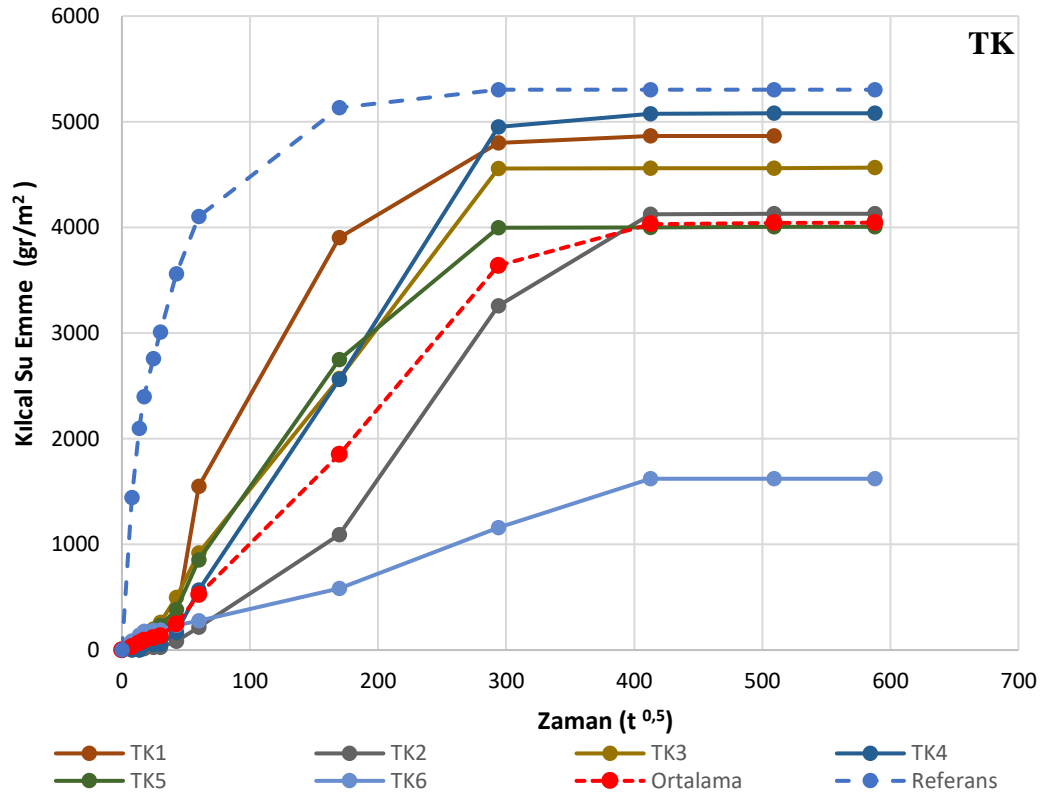
Şekil 3.2: WK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri



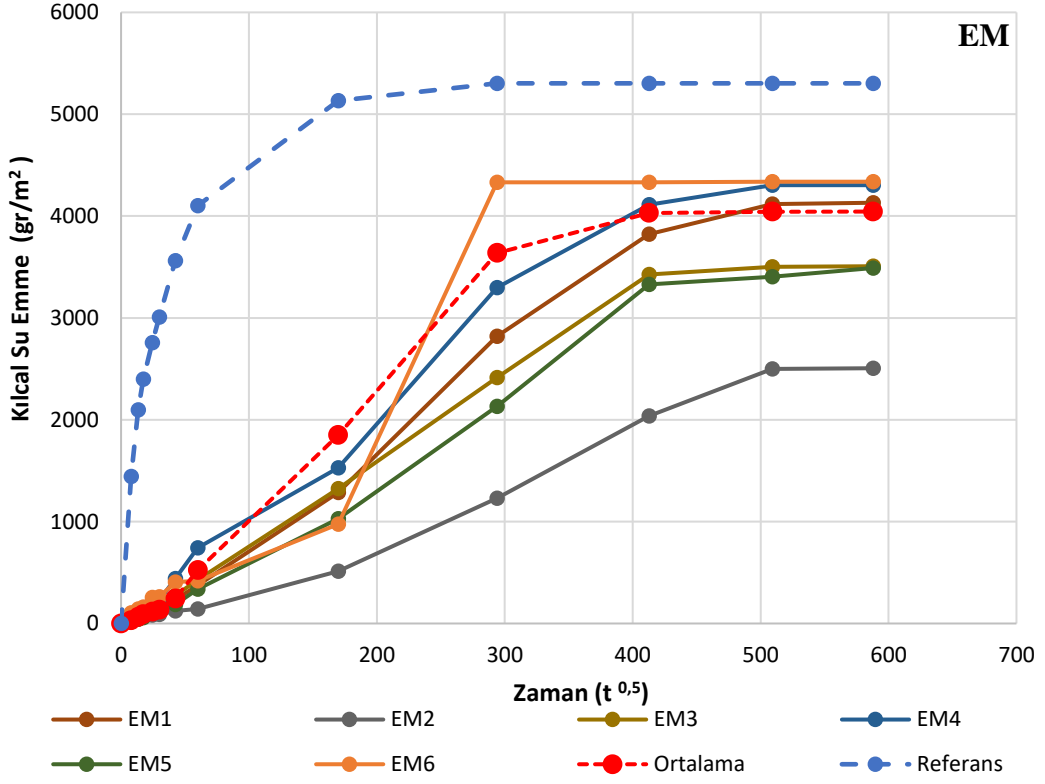
Şekil 3.3: ST Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri



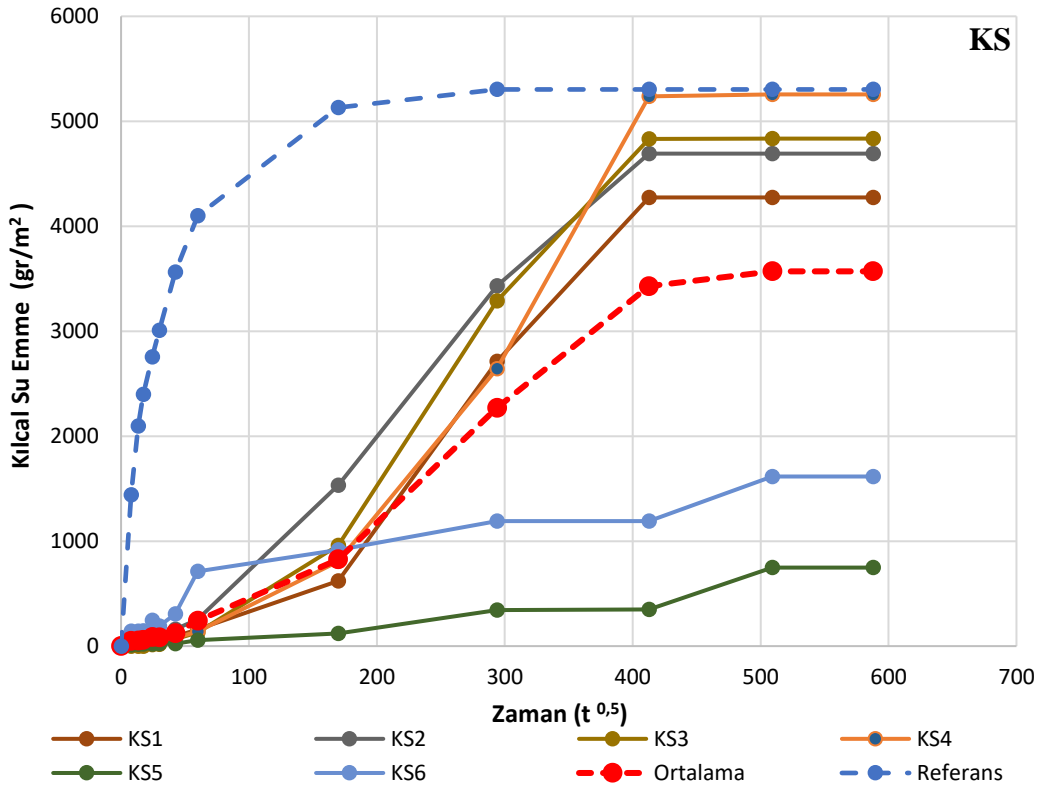
Şekil 3.4: MR Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri



Şekil 3.5: TK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri

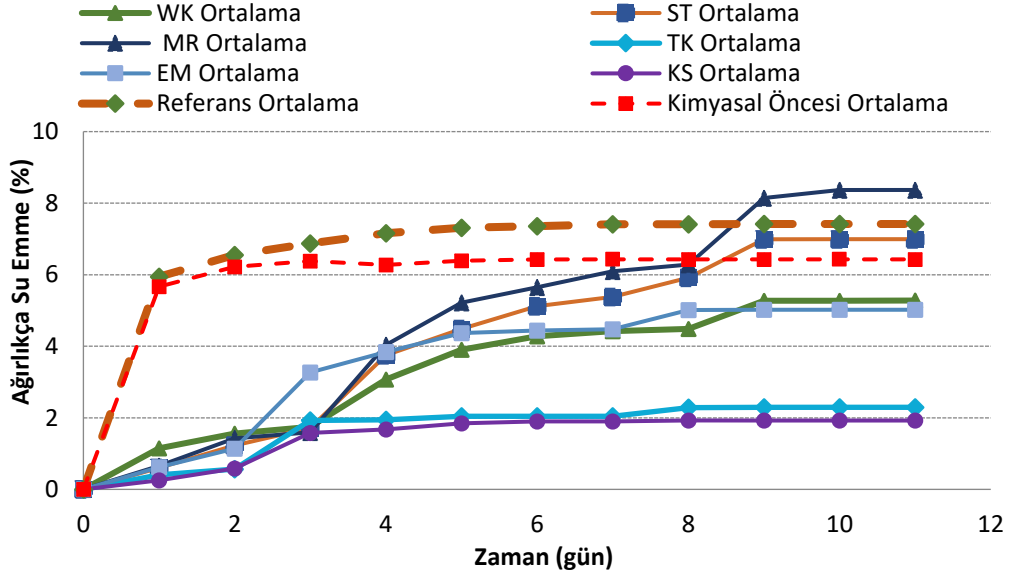


Şekil 3.5: EM Uygulaması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri

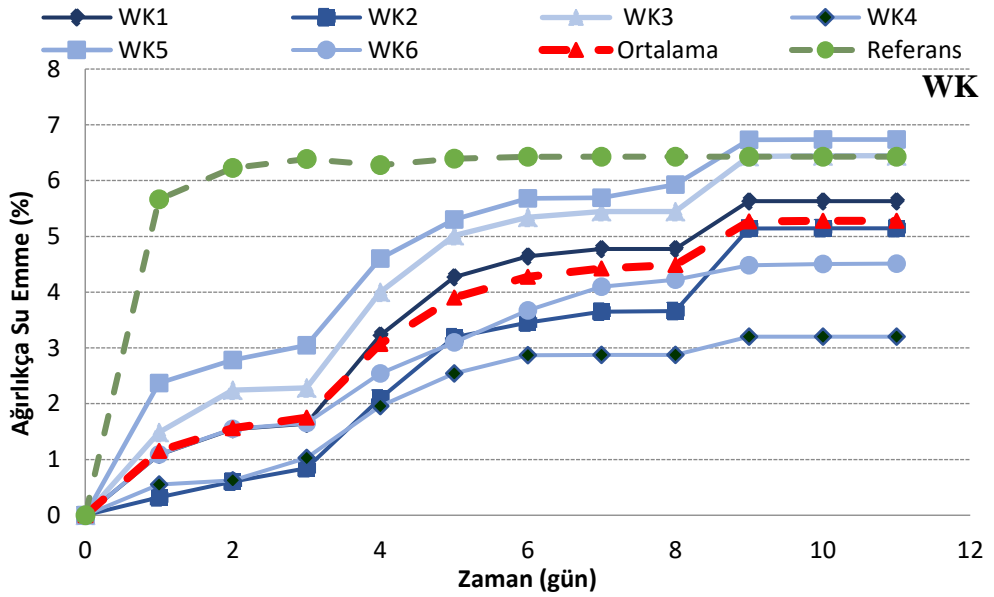


Şekil 3.6: KS Uygulama Öncesi ve Sonrası Kılcallık Değerleri

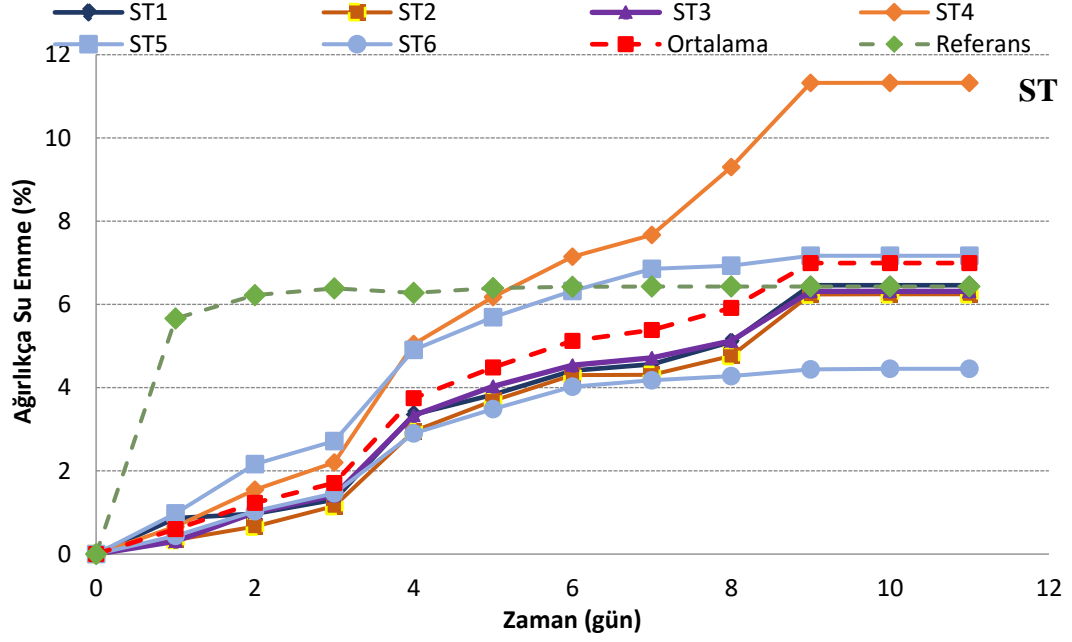
Su itici uygulama öncesi ve sonrasında ağırlıkça su emme deneylerine ait sonuçlar verilmiştir (Şekil 3.7-8-9-10-11-12-13). Su itici uygulaması öncesi su emme değeri % 6,43 iken, su itici sonrası numunelerin ortalamaları; WK. %5,27, ST. %6,99, MR. %8,36, TT. %2,29, EM. %5,02 ve KS. %1,92 olarak tespit edilmiştir. Ks ve Tk'nın uygulama öncesi değerin altında olduğu görülmektedir.



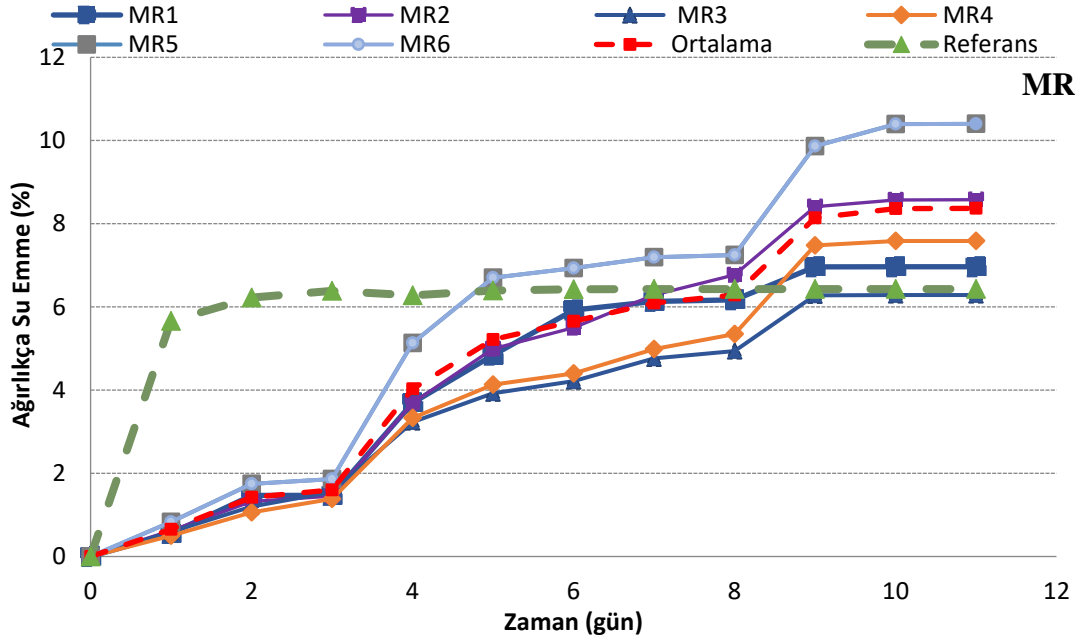
Şekil 3.7: Su İtici Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



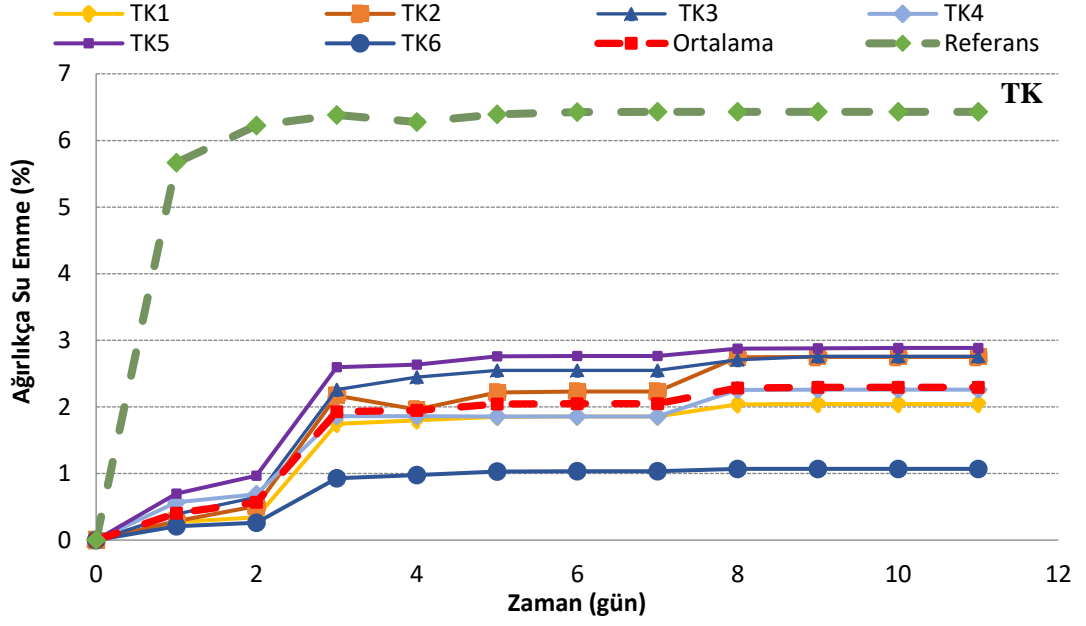
Şekil 3.8: WK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



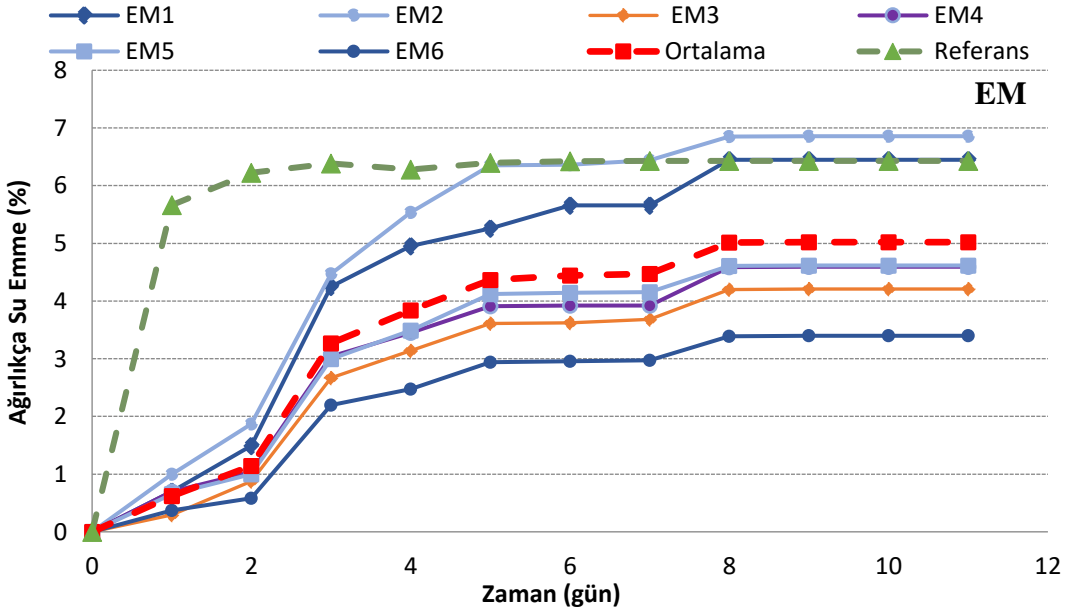
Şekil 3.9: ST Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



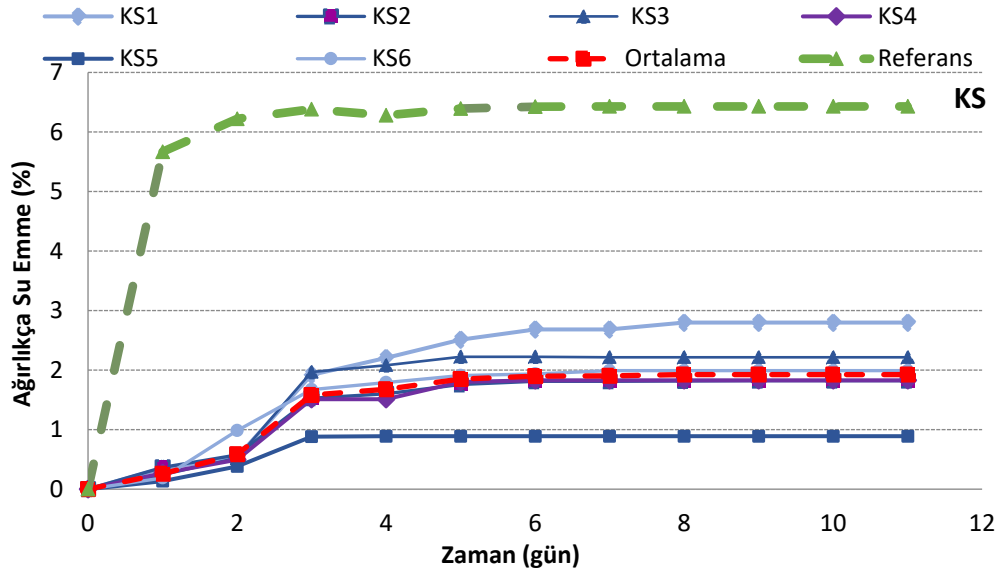
Şekil 3.10: MR Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 3.11: TK Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

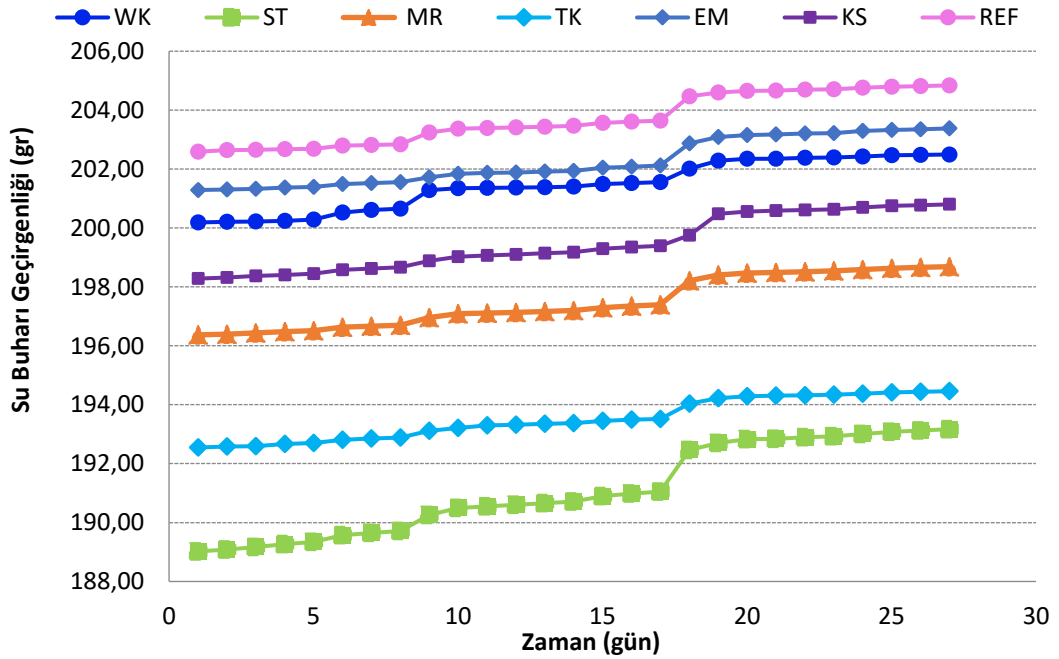


Şekil 3.12: EM Uygulaması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri



Şekil 3.13: KS Uygulama Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Değerleri

Su buharı geçirgenliği deneyine göre su buharı direnç faktörünün ortalama değerleri; WK. 14,94, ST. 14,93, MR. 14,83, TK. 14,82, EM 14,85 ve KS. 14,89 ve Ref. 14,87 olarak hesaplanmıştır ve grafiğe aktarılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Su Buharı Geçirgenlik Grafiği

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SONUÇLAR

Bu bölümde, küfeki taşı üzerinde su iticilerin etkisini araştırmak üzere gerçekleştirilen tuz kristallenmesi, nemli ortamda SO₂ yıpratması, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme, kılcal etkiye bağlı su emme, su buharı geçirgenliği ve renk değerleri gibi deneylerle elde edilen sonuçlar verilmiştir.

- Su itici uygulaması öncesinde önce gerekli standartlara, malzemelerin teknik özelliklerine dikkat edilmelidir. Aynı zamanda taşın yapısı, cinsi iyi anlaşılmalı ve geri dönüşü olmayan uygulamalardan kaçınılmalıdır.
- Su itici uygulanmamış örnekleri kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı 99,243348 (gr/ (m².t^{0,5}) iken su itici uygulanmış numunelerin ortalamaları; Wk. 4,598371, St. 5,926139, Mr 2,629836, Tk 7,143830, Em 6,783495 ve Ks 5,057811 olarak tespit edilmiştir. Su iticilerin genel itibariyle kılcal su emmeyi azalttığı görülmüştür.
- Su itici uygulaması öncesi ağırlıkça su emme değeri %6,43 iken su itici uygulanmış numunelerin ortalamaları; Wk. %5,27, St. %6,99, Mr. %8,36, Tk. %2,29, Em. %5,02 ve Ks. %1,92 olarak tespit edilmiştir.
- SO₂ yıpratması deneyi sonucunda, çalışma kapsamında kullanılan tüm su iticilerin SO₂ yıpratmasına karşı taşın direncini arttırdığı tespit edilmiştir.
- Çalışmada kullanılan bazı su iticilerin tuz kristallerine karşı taşın direncini arttırdığı bazı su iticilerin ise etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Taşlarda, su iticilerin su buharı geçirgenliği konusunda önemli bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.
- Bazı su iticilerin taş üzerine uygulandıktan sonra uygulandığı taşın rengini değiştirdiği tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Özgünler, S. A. Gürdal E.** (2008). Ahi Çelebi Camii'nde Kullanılan Od Taşının Konservasyon Çalışmaları. *İtüdergisi/ amimarlık, planlama, tasarım*, 7(2):52- 63.
- Aladağ, H.** (2010). *Kültür Varlıklarının Korunmasında Koruma Yönetimi Süreci.*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Angı, S.** (2019). İstanbul'un Tarihi Kimliği ile Bütünleşmiş Uygarlıkların Anıtsal Yapılarında Kullanılan Yöresel Bir Taş: "İstanbul Taşı Bakırköy Küfeki Taşı. İstanbul Teknik Üniversitesi. Mavi Gezegen Dergisi, Sayı 26.
- Ashurts, J., Dimes, F.G.** (1990). *Conservation of Building and Decorative Stone* Vol:1.Butterworths, London-Boston.
- ASTM E-96**, 2005. Standard test methods for water vapour transmission of materials, American Standards Institute, USA.
- Büyüksağış S., Gürcan S., (2005).** *Astm Ve Tse Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması Madencilik, Cilt 44, Sayı 1, Sayfa 33-41, Vol.44 , No. 1, pp 33-41,*
- Candaş,N.** ,(2002), *Tarihi Çevre Korumada Yaklaşımlar Ve Teknikler Örnekleme: Doğu Karadeniz Bölgesi Kentsel Sitleri.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Cansunar, G.** (2011). *Koruma Politikaları Bağlamında Tarihi Dokuların Yaşayan Kente Entegrasyonu.* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çapar, E.M.** (2019). *Bazı Küfeki Taşlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Çelik, M. Y., & Tıǧlı, R.** (2019). The investigation of the water repellent chemical influence on salt crystallization in high porous building Stones, Turkey Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34:1 535-552
- Çelik, M. Y., & Sert, M.** (2020). Accelerated aging laboratory tests for the evaluation of the durability of hydrophobic treated and untreated andesite with respect to salt crystallization, freezing–thawing, and thermal shock. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. doi:10.1007/s10064-020-01776-0
- Dolar, A. & Yılmaz, E.Ş.** (2014). Kültürel Yapılarda Biyolojik Bozulma Mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 12 Sayı: 1.1-19
- Doehne, E. & Price C.A.** (2010). Stone Conservation An Overview of Current Research.
- Doǧan T., Karadoǧan A., Kahriman A., Durdu İ.** (2003). İstanbul İli ve Çevresinde Bulunan Kırma taş Ocaklarına Genel Bir Bakış. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersen, A.,** (2011). *Taş Korumada Son 20 Yılda Gelişmeler ve Yenilikler*, Restorasyon- Konservasyon Dergisi, Sayı 10.
- Ersen, A., Verdön, İ., Pekmezci, P. I.,** (2011), *Restorasyon Konservasyon Yüzey Koruyucular ve Titanyum Dioksit Yüzey Kaplama Metodu*. Sayfa-37-43
- Esin, T. (1990).** *Konya ve çevresindeki tarihi eserlerde doğal taş malzemenin bozulma nedenleri ve onarımlarda kullanılacak uygun taş seçimi için bir çalışma*. Doktora Tezi, Selçuk üniversitesi. Konya.
- Falchi, L., Müller, U., Fontana, P., Izzo, F. C., & Zendri, E.** (2013). Influence and effectiveness of water-repellent admixtures on pozzolana–lime mortars for restoration application. Construction and Building Materials, 49, 272–280. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.08.030

- Falchi, L., Varin, C., Toscano, G., & Zendri, E.** (2015). Statistical analysis of the physical properties and durability of water-repellent mortars made with limestone cement, natural hydraulic lime and pozzolana-lime. *Construction and Building Materials*, 78, 260–270. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.12.109
- Güleç, A.**, 1997. *Kimyasal Sağlamlılaştırıcılar ve Koruyucular, Yapı Özel Ek Yapı Kimyasallar*, 185.
- Güneri, S.**, (2009). *Doğal Taşların Teknik Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının ve Uygulama Parametrelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hasbay, U., Onat Hattap, S. (2017)**. Doğal Taşlardaki Bozulma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri. *Bilim ve Gençlik*, 5 (1), 25-45
- Kaplan, Z., Böke, H., Sofuoglu, A., & İpekoğlu, B.** (2019). Long term stability of biodegradable polymers on building limestone. *Progress in Organic Coatings*, 131, 378–388. doi:10.1016/j.porgcoat.2019.03.004
- Kazancı N. ve Gürbüz A.** (2014). *Türkiye Jeoloji Bülteni. Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları*, 57(1) 19-20.
- Karahan, D.S. (2018)**. Dünyada ve Türkiye’de Doğal Taşlar.
- Kumral M., Şans G. & Yalçın C.**, (2019). *Çatalca (İstanbul) Civarındaki Tarihi Küfeki Taşının Oluşumunda Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkileri*. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 8(1), 278-287.
- Küçükaya, A. G.**, (2004). Taşların Bozulma Nedenleri ve Koruma Yöntemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- MEB** (2013). Taş Bozulmalarını Teşhis Etme, İnşaat Teknolojisi, Ankara.
- MEB** (2013). Doğal Taşları Sınıflandırma ve Tespit Etme, İnşaat Teknolojisi, Ankara.

- Moreau, C., Belmin,V., Leroux, L., Oriol, G., Fronteau,G., Barbin, V.,** (2008).*Water-repellent and biocide treatments: Assessment of the potential combinations*, 9
- Onat Hattap, S.** (2002). *Doğal Taş Malzeme Koruyucuların Performans Ölçümünde DeneySEL Metod Araştırması*. Mimar Sinan Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Orlowsky, J., Braun, F., & Groh, M.** (2020). The Influence of 30 Years Outdoor Weathering on the Durability of Hydrophobic Agents Applied on Obernkirchener Sandstones. *Buildings*, 10(1), 18. doi:10.3390/buildings10010018
- Öcal, A.D., Dal, M.** (2012). *Doğal Taşlardaki Bozulmalar*, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, İstanbul.
- Özgünler, A.S.,** (2007). *Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerдің Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği*. Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Roveri, M., Goidanich, S., Dotelli, G., & Toniolo, L.** (2020). *Semi-empirical models to describe the absorption of liquid water in natural stones employed in built heritage before and after the application of water repellent treatments. Construction and Building Materials*, 241, 117918. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117918
- Sacchi, B., Vettori, S., Andreotti, A., Rampazzi, L., Colombini, M. P., & Tiano, P.** (2020). Assessment of Water Repellent Treatments for the Stone of the Matera Cathedral Facade (Italy). *International Journal of Architectural Heritage*, 1–9. doi:10.1080/15583058.2020.1782532
- Tan, S.** (2014). *Anıtsal Yapı Onarımlarının Koruma Mevzuatı Değişiklikleri Bağlamında İrdelenmesi ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Yöntem Araştırması*. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Torraca, G.,** (1982). *Porous Building Materials- materials science for architectural Conservation*, ICCROM, Rome.

- TS-699**, Tabii yapı taşları, muayene ve deney metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-1925**, 2000. Doğal taşlar, deney metotları, kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-1926**, 2000. Doğal taşlar, deney metotları, basınç dayanımı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-1936**, 2001. Doğal taşlar, deney metotları, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-12370**, 2001. Doğal taşlar, deney metotları, tuz kristallenmesine direncin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-12407**, 2002. Doğal taşlar, deney metotları, petrografik inceleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-12440**, 2002. Doğal taşlar, isimlendirme kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN-13919**, 2004. Doğal taşlar, deney metotları, nemli ortamda SO₂ yıpratmasına karşı direncin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tulunay, S.** (2019). *Tarihi Yapılarda Yangın Tehlikesine Bağlı Gelişen Risklerin Yönetimi Üzerine Bir Değerlendirme*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Ulupınar, Ö.** (2000). *Bazı kumtaşı, kireçtaşı ve tüflerde kimyasal yöntemlerle sağlamlaştırma üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Umaroğulları, G.** (2015). *Erken Dönem Osmanlı Yapılarında Kullanılan Trakya Bölgesi Küfeki Taşlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sonuçları Üzerine Bir Model Önerisi*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne.

Wheeler, G. (2005). *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone. The Getty conservation Institute.*

Yıldırım, N. (2007). Kireçtaşlarında tuzların yıkıcı etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yüzer, E. (2004). Türkiye'nin Doğal Taşları, Yapı Dergisi, Sayı 277, Yapı Endüstri Merkezi, 11-15, İstanbul.

Zakar, L. (2013). *Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zhang, P., Shang, H., Hou, D., Guo, S., & Zhao, T. (2017). The Effect of Water Repellent Surface Impregnation on Durability of Cement-Based Materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 1–9. doi:10.1155/2017/8260103

Ziyaettin, N. (2010). *Kimyasal Uygulamalarının Kuzey Kıbrıs Yapı Taşlarının Durabilitesi Üzerine Etkisi.* Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

URL-1

<http://fened-c.web.nku.edu.tr/MagmatikKayaclar>, erişim tarihi 13.05.2021.

URL-2,

https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68239/mod_resource/content/0/METAMORF%C4%B0K%20KAYA%C3%87LAR.pdf, erişim tarihi 13.05.2021.

URL-3

<http://www.mikroteknik.com.tr/urunler/white-spirit-sentetik-tiner/>, erişim tarihi 13.05.2021.

URL-4

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Poli%C3%BCretan>, erişim tarihi 13.05.2021.

EK



T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
Fen İşleri Daire Başkanlığı
Yapı İşleri Müdürlüğü

Sayı : 66152964(2017/42) İBB NO: 39976
Konu : Tez Çalışması.

26/02/2020

Sayın Kübra SARIÇAMLIK
Solmaz Mh. Vadişehir Sitesi A2 Blok No: 82 Başakşehir/İstanbul

İlgi : 18.02.2020 tarih ve 1190 sayıda kayıtlı dilekçeniz.

İlgi dilekçeniz ile Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimari Koruma - Restorasyon Yüksek Lisans programında yapmakta olduğunuz tez çalışması kapsamında restorasyonu Müdürlüğümüzce yürütülen Anemas Zindanlarından taş örneklerine ihtiyaç duyulduğu belirtilerek; bahsi geçen eserden kopmuş olan taş parçalarından numune almak istediğiniz bildirilmektedir.

Müdürlüğümüzce görevlendirilmiş kontrol teşkilatı gözetim ve denetiminde bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere Anemas Zindanlarından kopmuş olan taş parçalarından örnekler almanızın uygun görüldüğü hususunda bilgi edinilmesini rica ederim.

Kemalettin GÜNER
Yapı İşleri Müdürü