



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI VE YÖNETİMİ PROGRAMI**

**AHLAT TAŞI ÜZERİNDE
SU İTİCİ MALZEMELERİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZDEN ALP İŞ

İSTANBUL, 2021



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI VE YÖNETİMİ PROGRAMI**

**AHLAT TAŞI ÜZERİNDE
SU İTİCİ MALZEMELERİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÖZDEN ALP İŞ
(180203005)**

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

İSTANBUL, 2021

27/ 07/2021

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı'nda 180203005 numaralı Özden ALP İŞ'in hazırladığı "Ahlat Taşı Üzerinde Su İtici Malzemelerin Etkisi " konulu Kültürel Mirasın Korunması ve Yönetimi Tezli Yüksek lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 27/07/2021 Salı günü saat 14:00'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
.....
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Tarih	İmza
(Danışman) Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI	27/07/2021	KABUL
Prof. Dr. Hasan BÖKE	27/07/2021	KABUL
Prof. Ümit Doğay ARINÇ	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 bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Özden ALP İŞ

TEŐEKKÖR

Bu tezin yazılmasında katkıları bulunan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI'ya, çalışmış olduğum Ahlat Taşı temini konusunda desteğini esirgemeyen ve aslen Ahlat'lı olan Öğr. Gör. İsa GÖKBULAK'a, FSMVÜ KURAM ekibinden Y. Kimyager Fatih ÖZBAŐ ve Malzeme Müh. Gözem YAŐAYAN'a ayrıca KURAM Laboratuvar Koordinatörü Jeoloji Müh. Mesut İŞ'e teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Özden ALP İŞ

AHLAT TAŞI ÜZERİNDE SU İTİCİ MALZEMELERİN ETKİSİ

Özden ALP İŞ

ÖZET

Tarihi yapılarda doğal taş kullanımı yaygın olarak görülmektedir. Bununla birlikte bazı taş türlerinin kimyevi ve fiziki etkilere karşı dayanıklı olmadığı bilinmektedir. Bu tür taşlarda koruyucu olarak çeşitli su itici malzemelerin kullanılması sıklıkla gündeme gelmektedir.

Su itici malzemelerin temel işlevi suyun malzeme yüzeyine nüfuz etmesini engellemektir. Suyun doğal taş üzerinde oluşturacağı bozulmaları, su itici uygulanarak en aza indirilmesi veya tamamen durdurulması hedeflenir. Su iticiler taşı çevresel etkilerden koruyarak oluşabilecek bozulmaların azalmasını sağlar.

Su itici seçiminde, su itici uygulanacak taşın özellikleri ve su itici olarak yaygın kullanılan malzemelerin özellikleri ayrıntılı olarak bilinmelidir. Uygulanacak özelliklerine bağlı olarak su iticinin performansı değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, Bitlis ili, Ahlat ilçesi sınırlarındaki taş ocağından çıkarılan ve bölgedeki tarihi yapılarda sıklıkla kullanılmış bir doğal taş olan Ahlat taşı üzerinde su itici malzemelerin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın amacı, kapsamı ve yönteminden, ikinci bölümünde, ahlat taşı ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde tez kapsamında kullanılacak su itici malzemelerin karakterizasyonu ele alınmış ve SEM-EDX analizi ve FTIR analizi gibi deneylerden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Dördüncü bölümde ahlat taşı üzerine su itici uygulaması sonrası, ağırlıkça su emme, kılcal etkiye bağlı su emme ile su buharı geçirimsizliği deneyleri yapılmış ve su itici uygulaması yapılmamış referans örneklerle karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde ise su itici uygulaması yapılmış ve uygulama yapılmamış taşlar çeşitli eskitme deneylerine

tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar üzerinden su itici malzemelerin etkinliği değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler; Geleneksel Ahlat Taşı, doğal taş, koruma, konservasyon, restorasyon, su itici, tarihi yapı malzemesi.



EFFECT OF WATER REPELLENT MATERIALS ON AHLAT STONE

Özden ALP İŞ

ABSTRACT

The use of natural stone in historical buildings is common. However, it is known that some stone types are not resistant to chemical and physical effects. The use of various water-repellent materials as a preservative in such stones is often on the agenda.

The main function of water-repellent materials is to prevent water from penetrating the material surface. It is aimed to minimize or completely stop the deterioration of natural stone by applying water repellent. Water repellents protect the stone from environmental effects and reduce the deterioration.

In the selection of water repellent, the properties of the stone to which the water repellent will be applied and the properties of the materials commonly used as water repellent should be known in detail. Depending on the properties to be applied, the performance of the water repellent may vary.

In this study, it is aimed to determine the effects of water-repellent materials on Ahlat stone, which is a natural stone extracted from the quarry in the borders of Ahlat district of Bitlis province and frequently used in historical buildings in the region.

In the first part of the thesis, the aim, scope and method of the study, and in the second part, the Ahlat stone and its properties are mentioned. In the third chapter, the characterization of the water-repellent materials to be used in the thesis is discussed and the results obtained from the experiments such as SEM-EDX analysis and FTIR analysis are given. In the fourth chapter, after the application of water repellent on the Ahlat stone, water absorption by weight, water absorption due to capillary effect and water vapor permeability tests were carried out and compared with the reference

sample without water repellent application. In the fifth chapter, stones with and without water-repellent were subjected to various aging tests and the effectiveness of water-repellent materials was evaluated based on the results obtained.

Keywords; Traditional Ahlat Stone, conservation, historical building material, natural stone, protection, restoration, water repellent.



ÖNSÖZ

Tez çalışmalarımın sürdürülmesinde bana destek olan, önerileriyle yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI'ya...

Tez çalışmalarım esnasında tüm analizlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılan ve analizler konusunda yardımlarını esirgemeyen FSMVÜ KURAM ekibine...

Tüm yaşantım boyunca bana destek olan annem Nimet ALP'e, babam Hüseyin ALP'e ve ablam Özlem EKİNCİ'ye...

Analiz ve tez aşamasında her türlü desteği sağlayan, değerli hayat arkadaşım Jeoloji Mühendisi Mesut İŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ.....	ix
SEMBOLLER	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
KISALTMALAR	xix
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
1. GİRİŞ.....	1
1.1. AMAÇ	1
1.2. KAPSAM VE YÖNTEM.....	2
İKİNCİ BÖLÜM	3
2. AHLAT TAŞI	3
2.1. DOĞAL TAŞLAR İÇİNDEKİ YERİ	3
2.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN TAŞIN ÖZELLİKLERİ.....	5
2.2.1.Çalışma Alanı.....	5
2.2.2.Jeolojik Özellikleri.....	6
2.3. YAPI TAŞI OLARAK KULLANIMI	8
2.4. BOZULMA NEDENLERİ VE ÇEŞİTLERİ	9
2.5. KİMYEVİ ÖZELLİKLERİ.....	11
2.5.1.Asitle Muamele Analizi	11
2.5.2.Tuz Analizi	12
2.5.3.SEM-EDX Analizi.....	14
2.5.4.FTIR Analizi	16
2.5.5.Minerojoloji ve Petrografi Analizi	18
2.6. FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	19
2.6.1.Birim hacim ağırlık	19

2.6.2.Özgöl Ağırlık.....	20
2.6.3.Porozite (Gözeneklilik).....	22
2.6.4.Mohs Sertliği	23
2.7. MEKANİK ÖZELLİKLERİ	23
2.7.1.Tek Eksenli Basınç Mukavemeti	23
2.7.2.Nokta Yük Dayanım İndeksi	25
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	27
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU İTİCİLERİN ÖZELLİKLERİ.....	27
3.1. SU İTİCİLER VE KULLANIM AMAÇLARI	27
3.2. SU İTİCİ SEÇİM KRİTERLERİ VE UYGULAMA KOŞULLARI.....	28
3.3. SU İTİCİ ÜZERİNE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	30
3.4. DENEYLERDE KULLANILAN SU İTİCİLERİN ÖZELLİKLERİ.....	30
3.4.1.STG	31
3.4.2.EMZ	34
3.4.3.TKN.....	36
3.4.4.MRN.....	38
3.4.5.KTR.....	40
3.4.6.WCK	42
3.5. SU İTİCİLERİN DEĞERLENDİRMESİ	44
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	46
4. AHLAT TAŞININ SU İTİCİ UYGULAMASI SONRASI ÖZELLİKLERİ. 46	
4.1. ATMOSFER BASINCI ALTINDA AĞIRLIKÇA SU EMME.....	46
4.2. KILCAL ETKİYE BAĞLI SU EMME TAYİNİ.....	50
4.3. SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ	55
4.4. DEĞERLENDİRME	61
BEŞİNCİ BÖLÜM	68
5. SU İTİCİLERİN ETKİNLİĞİNİN İRDELENMESİ	68
5.1. TUZ KRİSTALLENMESİ ETKİSİNE DAYANIKLILIK.....	68
5.2. NEMLİ ORTAMDA SO ₂ YIPRATMASINA KARŞI DAYANIKLILIK	84
5.3. RENK ANALİZİ.....	100
5.4. DEĞERLENDİRME	104

SONUÇLAR	107
KAYNAKÇA	109



SEMBOLLER

cm	: Santimetre
g	: Gram
m	: Metre
mg	: Miligram
MPa	: Megapascal
O	: Oksijen
s	: Saat
Si	: Silisyum
SO₂	: Kükürt Dioksit
t	: Zaman
V	: Hacim
ρ	: Yoğunluk
σ	: Tek eksenli basınç mukavemeti
γ	: Birim hacim ağırlık
Δ	: Bağlı fark

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Doğal taş türleri arasındaki ilişki (Bayramgil, 1959).	3
Şekil 2.2: Bitlis ve Ahlat'ın Konumu	5
Şekil 2.3: Ahlat Taşından mezar başlıkları (Avşar ve Güleç, 2009).	6
Şekil 2.4: Ahlat taşı (ignimbirit) istifi (Dede, 2009).	7
Şekil 2.5: Ocaktan çıkarılmış Ahlat taşı, (Url-4).	8
Şekil 2.6: Ahlat'ta Bulunan Bayındır Köprüsü (Tekin, 1998).....	9
Şekil 2.7: Asitle muamele deneyi	11
Şekil 2.8: Numunenin toz haline getirilmesi	14
Şekil 2.9: SEM-EDX cihazı (ALUTEAM)	14
Şekil 2.10: Ahlat taşına ait SEM görüntüsü	15
Şekil 2.11: Ahlat taşına ait EDX spektrumu.....	15
Şekil 2.12: FTIR cihazı, genel görünümü (KURAM)	16
Şekil 2.13: FTIR cihazında analiz edilen numunenin konulması	17
Şekil 2.14: Ahlat taşına ait FTIR Spektrumu	17
Şekil 2.15: Stereo mikroskop ve polarizon mikroskopta (ince kesit) incelemeler	18
Şekil 2.16: Ahlat taşının polarizan mikroskop görüntüsü, a) Tek nikol, b) Çift nikol	19
Şekil 2.17: Ahlat taşının stereo mikroskop görüntüleri	19
Şekil 2.18: Numunelerin boyutlandırılması ve hazırlanan küp numuneler	20
Şekil 2.19: Piknometrenin vakum motoru ile havasının alınması ve numuneler	21
Şekil 2.20: Saf su içerisinde suya doyurulan numuneler	22
Şekil 2.21: Ahlat taşının Mohs sertliğinin belirlenmesi	23
Şekil 2.22: Tek eksenli basınç deneyi cihazı ve deney sonrası numune.....	24
Şekil 2.23: Nokta yük deneyi uygulaması	26
Şekil 3.1: STG örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı	32
Şekil 3.2: STG (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü.....	33
Şekil 3.3: STG (Kuru) örneğinin EDX spektrumu	33
Şekil 3.4: EMZ örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı.....	34
Şekil 3.5: EMZ (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü	35
Şekil 3.6: EMZ (Kuru) örneğinin EDX spektrumu	35
Şekil 3.7: TKN örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı.....	36
Şekil 3.8: TKN (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü	37
Şekil 3.9: TKN (Kuru) örneğinin EDX spektrumu	37
Şekil 3.10: MRN örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı.....	38
Şekil 3.11: MRN (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü	39
Şekil 3.12: MRN (Kuru) örneğinin EDX spektrumu.....	39
Şekil 3.13: KTR örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı	40
Şekil 3.14: KTR (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü.....	41
Şekil 3.15: KTR (Kuru) örneğinin EDX spektrumu.....	41
Şekil 3.16: WCK örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı.....	42
Şekil 3.17: WCK (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü	43
Şekil 3.18: WCK (Kuru) örneğinin EDX spektrumu	43

Şekil 3.19: Su itici malzemelerin (kuru) FTIR analizi karşılaştırması	44
Şekil 3.20: Su itici malzemelerin (sıvı) FTIR analizi karşılaştırması	45
Şekil 4.1: Su itici uygulamadan önceki numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	47
Şekil 4.2: STG su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	47
Şekil 4.3: EMZ su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	48
Şekil 4.4: TKN su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	48
Şekil 4.5: MRN su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	49
Şekil 4.6: KTR su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	49
Şekil 4.7: WCK su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri	50
Şekil 4.8: Kılcal etkiye bağlı su emme için suda bekletilen numuneler	51
Şekil 4.9: Referans numunelerin kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	52
Şekil 4.10: STG su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	52
Şekil 4.11: TKN su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	53
Şekil 4.12: WCK su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	53
Şekil 4.13: KTR su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	54
Şekil 4.14: MRN su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	54
Şekil 4.15: EMZ su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri	55
Şekil 4.16: Su buharı geçirgenliği deneyi için numunelerinin hazırlanması	56
Şekil 4.17: İklimlendirme kabini içerisindeki numuneler	57
Şekil 4.18: Deney sonucunda sıvı hale gelen CaCl_2	58
Şekil 4.19: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin su emme değerleri	61
Şekil 4.20: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin kılcal su emme ortalamaları ..	63
Şekil 4.21: Su itici uygulaması öncesi ve sonrası kılcal su emme değerleri (%)	65
Şekil 4.22: Su itici uygulanmış numunelerin kılcal su emme değerleri (%)	66
Şekil 4.23: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde su buharı emilimi	67
Şekil 5.1: Referans Numune Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	70
Şekil 5.2: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	71
Şekil 5.3: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	72
Şekil 5.4: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	73
Şekil 5.5: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	74
Şekil 5.6: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	75
Şekil 5.7: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	76
Şekil 5.8: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	77
Şekil 5.9: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	78
Şekil 5.10: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	79
Şekil 5.11: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	80
Şekil 5.12: KTR Su İtici Uygulanmış Taşa Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	81
Şekil 5.13: WCK Su İtici Uygulanmış Taşa Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	82

Şekil 5.14: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	83
Şekil 5.15: Nemli ortamda SO ₂ yıpratması deneyi	84
Şekil 5.16: Referans Numune SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	86
Şekil 5.17: Referans Numune SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	87
Şekil 5.18: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği	88
Şekil 5.19: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği.....	89
Şekil 5.20: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	90
Şekil 5.21: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	91
Şekil 5.22: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	92
Şekil 5.23: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	93
Şekil 5.24: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	94
Şekil 5.25: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	95
Şekil 5.26: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	96
Şekil 5.27: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	97
Şekil 5.28: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği.....	98
Şekil 5.29: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği	99
Şekil 5.30: Su itici uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin ortalama L* a* ve b* değerleri	101
Şekil 5.31: Örneklerin SO ₂ yıpratması sonrası ortalama L* a* ve b* değerleri	102
Şekil 5.32: Örneklerin tuz kristallenmesi sonrası ortalama L* a* ve b* değerleri	103
Şekil 5.33: Eskitme deneyleri öncesi ve sonrası örneklerin L* a* ve b* değerleri	106

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Ahlat taşının asit kaybı sonuçları	12
Çizelge 2.2: Ahlat taşında suda çözünebilir tuzlar ve organik madde analizi	13
Çizelge 2.3: Ahlat taşına ait EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	15
Çizelge 2.4: Ahlat taşının özgül ağırlık deneyi sonuçları.....	21
Çizelge 2.5: Ahlat taşının birim hacim ağırlık ve açık porozite değerleri	22
Çizelge 2.6: Ahlat taşının tek eksenli basınç mukavemeti değerleri	24
Çizelge 2.7: Ahlat taşının nokta yük dayanımı sonuçları	25
Çizelge 3.1: Çalışmada kullanılan su itici malzemeler ve kısaltmaları	31
Çizelge 3.2: STG (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	33
Çizelge 3.3: EMZ (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	35
Çizelge 3.4: TKN (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	37
Çizelge 3.5: MRN (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	39
Çizelge 3.6: KTR (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	41
Çizelge 3.7: WCK (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler	43
Çizelge 3.8: Su itici malzemelerin SEM-EDX analiz sonuçlarının karşılaştırması	45
Çizelge 4.1: Su Buharı Akış Hızı ve Akış Yoğunluğu Sonuçları.....	59
Çizelge 4.2: Su Buharı Geçiş, Su Buharı Geçirgenliği ve Su Buharı Direnç Faktörü.....	60
Çizelge 4.3: Su itici uygulamadan önce ve sonraki su emme değerleri	62
Çizelge 4.4: Su itici uygulamadan önceki ve sonraki numunelerin kılcallık katsayısı değerleri	64
Çizelge 4.5: Su itici uygulaması öncesi ve sonrası kılcal su emme değerleri	65
Çizelge 5.1: Tuz kristallenme direnci deneyi sonuçları.....	69
Çizelge 5.2: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	70
Çizelge 5.3: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları.....	71
Çizelge 5.4: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	72
Çizelge 5.5: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları	73
Çizelge 5.6: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	74
Çizelge 5.7: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları	75
Çizelge 5.8: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	76
Çizelge 5.9: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları	77
Çizelge 5.10: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	78

Çizelge 5.11: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları	79
Çizelge 5.12: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	80
Çizelge 5.13: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları	81
Çizelge 5.14: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	82
Çizelge 5.15: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları	83
Çizelge 5.16: SO ₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi sonuçları.....	85
Çizelge 5.17: Referans Numune SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları.....	86
Çizelge 5.18: Referans Numune SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları	87
Çizelge 5.19: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	88
Çizelge 5.20: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	89
Çizelge 5.21: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	90
Çizelge 5.22: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	91
Çizelge 5.23: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	92
Çizelge 5.24: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	93
Çizelge 5.25: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	94
Çizelge 5.26: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	95
Çizelge 5.27: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	96
Çizelge 5.28: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	97
Çizelge 5.29: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları	98
Çizelge 5.30: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO ₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırılıkça Su Emme Sonuçları.....	99
Çizelge 5.31: Su itici uygulanmamış ve su itici uygulanmış örneklerin renk analizleri	101
Çizelge 5.32: Örneklerin SO ₂ yıpratması sonrası renk analizi	102
Çizelge 5.33: Örneklerin tuz kristallenmesi sonrası renk analizleri	103
Çizelge 5.34: Tuz kristallenme direnci deneyi sonuçları.....	104
Çizelge 5.35: SO ₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi sonuçları.....	105

KISALTMALAR

ALUTEAM	: Alüminyum Test Eğitim ve Araştırma Merkezi
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BS	: British Standards
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)
KURAM	: Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi
PU	: Poliüretan
SEM-EDX	: Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılım Spektrometresi
TEMS	: Trimetoksisilan
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UFGS	: Unified Facilities Guide Specifications
WS	: White Spirit

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar doğal taşlardan yapı malzemesi olarak yararlanmış, doğada var olan taşları ihtiyaçları doğrultusunda işleyerek kullanmıştır. Coğrafyamız yıllar boyunca çok sayıda medeniyete ev sahipliği yaptığından, çeşitli dönemlere ait birçok taş yapı kalıntıları bulunmaktadır. Bu eserlerin korunması kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılması için önem arz etmektedir.

Doğal taşlar zaman içerisinde çevre etkilerine bağlı olarak bozulmaya uğrarlar. Bozulmalar taşın korunması konusunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Taşın korunması için bozulma sebeplerinin bilinmesi ve bu doğrultuda çalışmaların yapılması oldukça önemlidir.

Taşlarda bozulmaya sebep olan en önemli nedenlerden biri de su etkisidir. Suyun doğal taşlar üzerindeki etkisini azaltacak yöntemler geliştirmek için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bahsi geçen çalışmalar sonucunda taşın yüzeyine su girişini engelleyecek koruyucu malzeme uygulamaları yapılarak etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmalar uzun yıllar içinde geliştirilerek doğal taşlara uygun su itici malzemeler üretilmiştir.

Su itici malzemelerin doğal taşın cinsine ve yapısına bağlı olarak etkisi değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle taşın uygulama öncesi karakteristik özellikleri araştırılmalıdır. Ayrıca su itici malzemelerin içeriğini de teyit etmek ve benzer malzemelerle karşılaştırmak amacıyla analizler yapılması da önemli bir etkidir.

1.1. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı yapı malzemesi olarak kullanılan Ahlat Taşı (ignimbirit) üzerinde su itici malzemelerin etkisini araştırmaktır. Araştırmada, Ahlat taşında oluşan bozulmaların önlenmesi ve hizmet ömrünün uzatılmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

1.2. KAPSAM VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ahlat taşının (ignimbirit) karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, ve su itici malzemelerin söz konusu doğal taş üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini kapsamaktadır.

Bu çalışma, konu ile ilgili teorik bilgilerden ve kimyasal malzemeler ile yapılacak deney çalışmalarından oluşmaktadır. Özellikle doğal taşlar, taşların bozulma sebepleri hakkında bilgi verilmektir. Deneysel çalışma aşamasında ise ocaktan alınan Ahlat taşının, kimyevi analizi, mineralojik-petrografik analizi, fiziki ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Araştırmanın amacı doğrultusunda Ahlat taşına su itici uygulaması yapılmış, referans numune ve su itici uygulanmış örnekler üzerinde ağırlıkça su emme, kılcal etkiye bağlı su emme ile su buharı geçirgenliği deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonrasında su iticinin performansını belirleyebilmek için eskitme deneyleri (tuz kristallenmesi, SO₂ yıpratması) yapılmış olup sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

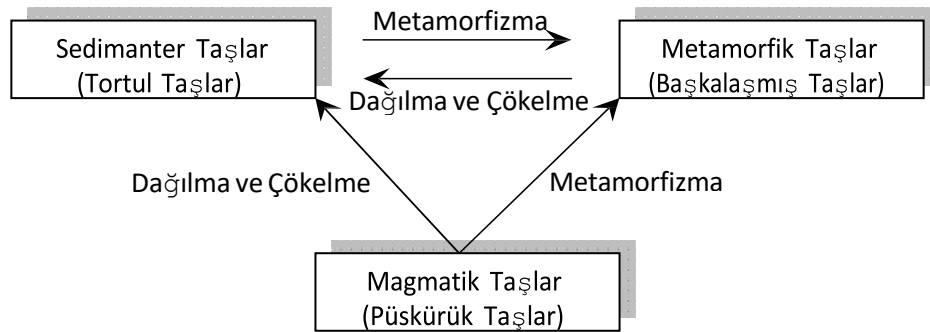
2. AHLAT TAŞI

Doğal taşlar, ilkçağlardan beri yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Taşların dayanıklı olması yapılarda kullanılmasında etkili olmuştur. Endüstrinin ve teknolojinin gelişmesiyle taşlar işlenerek farklı şekillerde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde birçok sektörde doğal taş kullanımı görülmekte, az katlı binalarda ve cephe kaplamalarında doğal taşların kullanımı yaygın olarak devam etmektedir.

Bu bölümde araştırmaya konu olan Ahlat taşının doğal taşlar arasında sınıflandırılması, jeolojik oluşumu, petrografisi ve kullanım alanları bilgi verilmiştir.

2.1. DOĞAL TAŞLAR İÇİNDEKİ YERİ

Doğal taşlar yeryuvarının en dışındaki kabuğu oluşturan katı maddelerdir. Yapısı itibariyle doğal taşlar mineral topluluklarıdır. Oluşumlarına göre kimyasal bileşimleri ve yapısal özellikleri değişiklik gösteren doğal taşlar renklerini içerdikleri minerallerden alan sert, sağlam cisimlerdir. Çeşitli minerallerin, mineral ve taş parçacıklarının bir araya gelmesinden veya tek bir mineralin çok sayıda birikmesinden meydana gelirler (Ketin, 1998). Doğal taşlar oluşumuna göre, genel görünümüne ve davranışlarına göre sınıflandırılırlar. Oluşum ve kökenlerine göre doğal taşlar Magmatik (Püskürük), Sedimanter (Tortul) ve Metamorfik (Başkalaşmış) taşlar olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bu taşlar, derinlerde erime, kristalleşme, dağılma çökeltme, basınç, ısı ve kimyasal faktörlerle başkalaşarak bir diğerine dönüşebilir (Şekil 2.1) (Bayramgil, 1959).



Şekil 2.1: Doğal taş türleri arasındaki ilişki (Bayramgil, 1959).

Magmatik kayalar; ergimiş halde bir silikat hamuru durumunda olan magmanın yerkabuğunun derinliklerinde veya yeryüzünde soğuyarak katılaşması sonucu meydana gelen kayalardır (Ketin, 1998).

Magmatik kayalar bulunuş yerlerine göre üç grupta toplanır: derinlik (plütonik) kayalar, yarı derinlik (damar) kayaları ve yüzey (volkanik) kayalardır (Ketin, 1998).

Magmanın soğuması ve katılaşması yavaş gerçekteştiği zaman iri kristalli granit, siyenit, diyorit ve gabro gibi plütonik kayalar oluşur. Magmanın soğuması ve katılaşması yeryüzüne yakın derinliklerde hızlı şekilde gerçekteşirse küçük kristalli diyabaz, porfir gibi damar (yarı derinlik) kayaları meydana gelmektedir. Bazalt, riolit ve andezit gibi magma soğumasının ve katılaşmasının yer yüzünde hızlı bir şekilde gerçekteşmesiyle oluşan camsı bir hamur içinde dağılmış ince kristalli taşlar ise yüzey (volkanik) taşlardır (Winkler, 1997; Doran ve Cather, 2014; Yüzer ve diğ., 2008).

Sedimanter kayalar; yeryüzünde etkin olan fiziki ve kimyevi süreçlerle kayaların ayrışıp parçalanması ve ufalanması sonucu oluşan kaya parçacıklarının (sediman), akarsu, rüzgâr ve buzul gibi etkenlerle başka bir ortama taşınıp çökmesi, bağlayıcı malzeme ile taşlaması sonucunda oluşurlar. Sedimentasyon bu taşların oluşma sürecidir. Sedimanter (tortul) taşlar başlıca kırıntılı, kimyasal ve organik olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Genellikle tabakalıdır ve çoğunlukla fosil içerirler. Fosil içermeleri en önemli ayırt edici özellikleridir (Kun, 2000; Yüzer ve diğ., 2008).

Taşın yapısının, dokusunun ve mineralojik özelliklerinin farklı sıcaklık, basınç, gerilme altında değişime uğramasıyla oluşan taşlara metamorfik taşlar denir. Genellikle kristallerden oluşmuş, paralel yapılı taşlardır. Metamorfik taşların oluşumundaki sıcaklık oldukça önemlidir, çünkü sıcaklık taşın içerdiği minerallerin tekrar kristalleşmesi için gerçekteşen kimyasal reaksiyonun oluşumunda etkilidir. Yeryuvarının farklı yerlerindeki sıcaklık ve basınç değişimi farklı başkalaşımalar oluşturarak çeşitli metamorfik taşların oluşumunu sağlar. Buna bağlı olarak mermer, şist, gnays, kuvarsit, arduvaz gibi metamorfik kayalar oluşmuştur (Winkler, 1997; Yüzer ve diğ., 2008).

2.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN TAŞIN ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Çalışma Alanı

Bitlis iline bağlı Ahlat ilçesi Doğu Anadolu Bölgesinde Van Gölü'nün kuzey batısında Nemrut ve Süphan Dağları arasında yer alır (Şekil 2.2). Kuzeyinde Muş iline bağlı Malazgirt ve Bulanık ilçeleri, güneyinde Van Gölü ve Adilcevaz ilçesi, batısında Muş ili, güneybatısında Tatvan ilçesi bulunmaktadır. Yaklaşık yüz ölçümü 1044 km²'dir.

Üç tarafı dağlarla çevrili Ahlat'ın iklimi, karasaldır fakat Van Gölü'nün yakınında olması ılıman iklim etkisine neden olur. Yıllık yağış miktarı ortalaması 1000-1500 mm'dir, sıcaklık ortalaması ise 9.0°C dir. Bölgede kışlar uzun sürer ve kar yağışı fazladır ve uzun süre yerde kalır. En düşük sıcaklık ortalama -5.5°C'dir. Temmuz ayında sıcaklık 21°C civarındadır (Işık ve diğ., 2012).

Bitlis ili, Van Gölü Havzası jeolojik olarak Bitlis Kenet Kuşağı olarak bilinen, Doğu Toroslar da çökelen tektonik bir havzada bulunmaktadır (Özkaymak ve diğ., 2003). Ahlat ilçesinin genelinde Bitlis masifine ait metamorfik kayalar bulunmaktadır. Bölgede eosen-oligosen yaşlı Ahlat konglomeraları, üst kretase yaşlı Ahlat-Adilcevaz karışığı, pliyokuvaterner volkanitleri, miyosen yaşlı Adilcevaz kireçtaşı ve alüvyon gözlenmiştir (Başar, 2008). İlçenin bulunduğu zemin volkanik tüfler ve bazalt katmanlarından oluşmuştur (Tabban, 2000).



Şekil 2.2: Bitlis ve Ahlat'ın Konumu

2.2.2. Jeolojik Özellikleri

Ahlat taşı, Bitlis ilinin Ahlat ilçesinde bulunan Nemrut Dağı eteklerinden çıkarılan ignimbirit olarak adlandırılan magmatik kayaç çeşitlerindendir (Avşar ve Güleç, 2009). Bölgede yaygın olarak bulunan bu taş kolay işlenebilir olması ve dayanımına bağlı olarak tarihi eserlerde ve bölgedeki birçok yapıda kullanılmaktadır (Şekil 2.3), (Işık, 2012).

Ahlat taşı çıkarıldığı bölgede siyah, kahverengi, kırmızı ve bej olmak üzere bölgede dört farklı renkte bulunmaktadır. İçerisinde camsı maddeler vardır ve bu maddeler taşa sağlamlık kazandırır (Şekil 2.4), (Dede, 2009).

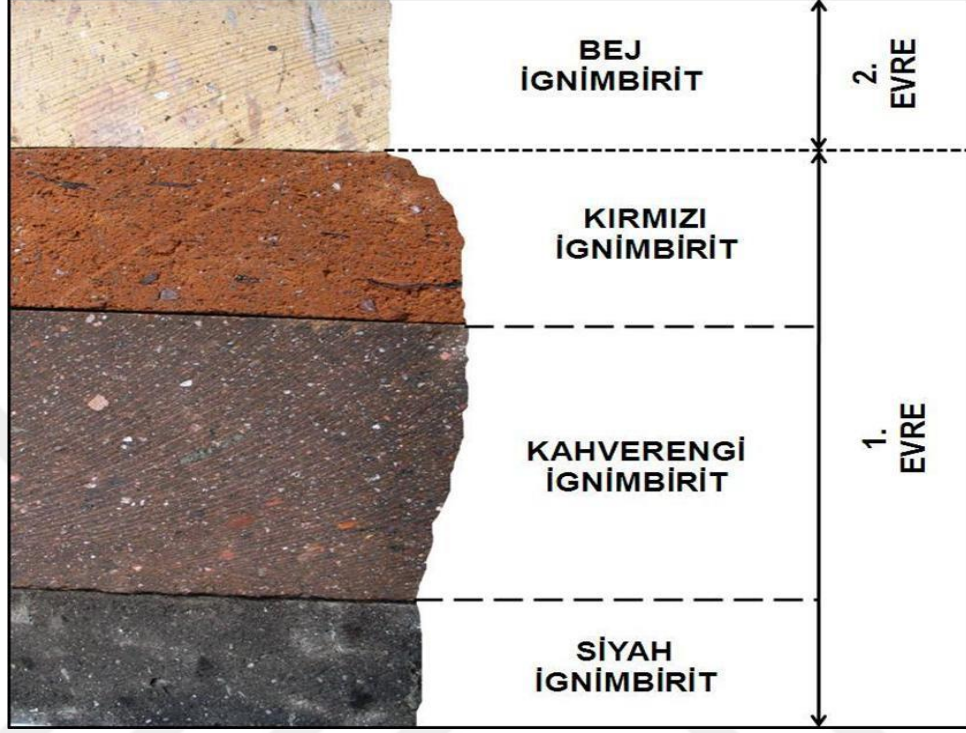


Şekil 2.3: Ahlat Taşından mezar başlıkları (Avşar ve Güleç, 2009).

Volkanik patlamalar sonucu oluşan yüksek gaz basıncı sonucu taneli volkanik kayaçlar meydana gelir (Ketin, 1998). Ahlat taşı da bulunduğu bölgedeki Nemrut yanardağının patlaması sonucu açığa çıkan lavların yayılması ve yeryüzünde soğumasıyla oluşan piroklastik kayaçlardır (Ketin, 1998). Patlama faaliyeti gösteren gaz basıncı yüksek bir magmada, volkan bacasından yeryüzüne çıkan parçalara piroklastik malzeme denilmektedir (Ketin, 1998).

Piroklastik malzemeler tane iriliğine göre inceden iri taneliye doğru kül, tüf, lapilli, bomba veya blok olarak adlandırılır (Ketin, 1998). İgnimbirit, kül (<2 mm) ve lapilli (2-63 mm) boyutundaki tanelerin kaynaşmasıyla oluşan bir tüf çeşididir (Ketin, 1998). Bu parçaların yerde yığılması sonucunda piroklastik taşlar oluşur. İgnimbiritler

piroklastik kayaçların en yaygın bulunan türündendir. Bitlis bölgesinde geniş alanlara yayılmış Ahlat taşı da bu sınıfa girmektedir (Baş, 1999).



Şekil 2.4: Ahlat taşı (ignimbirit) istifi (Dede, 2009).

Ahlat taşı olarak bilinen kırmızı-kiremit renkli olan ignimbiritlerin daha önce yapılan çalışmalarda tüf özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan analizler sonucunda taşın kimyasal bileşim olarak silisyum dioksit (SiO_2) oranı %60-70, alüminyum oksit (Al_2O_3) oranı ~%15 ve ~%5 oranında potasyum oksit (K_2O) ile sodyum oksit (Na_2O) içerdiği saptanmıştır (Şimşek ve diğ., 2010).

Kırmızı-kiremit renkli Ahlat taşına yapılan petrografik incelemelerde kayacın tamamının pekişmiş volkan camı kıymıkları ile çok az miktarda tespit edilen ignemsi feldispat kristalitlerinden oluştuğu ve volkanik kayaç parçacıkları, farklı minerallere ait kristal parçalar olduğu belirlenmiştir ve bununla birlikte seyrek olarak görünen obsidiyen ve pomza parçacıkları saptanmıştır (Şimşek ve diğ., 2010). Kül matriksi oluşturan volkan camı kıymıklarının kahverengi – bal rengi ve renksiz olduğu gözlemlenmiş, matriks içerisinde gözlenen feldispat kristalitlerinin plajiyoklaz türünden olduğu belirtilmiştir (Dede, 2009). Günümüzde çeşitli renklerde Ahlat taşı, işletilen ocaklardan çıkarılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Ocaktan çıkarılmış Ahlat taşı, (Url-4).

2.3. YAPI TAŞI OLARAK KULLANIMI

Ahlat taşı Bitlis Tatvan ve Van Bölgesindeki tarihi Kümbet ve türbelerde yaygın olarak görülmektedir. Bölgedeki konik ve külahlı mimarideki kümbet ve türbelerin inşasının tümünde Ahlat taşı kullanılmıştır (Sökmen, 2015). Selçuklulara ait Ahlat taşı kullanılarak yapılan mezar taşları ve kümbetler günümüze ulaşmıştır. Bu yapıların çok büyük olmaması ve seçilen taşların gözeneksiz ve düz dokulu olması günümüze ulaşmasını sağlamıştır. Ahlat taşı köprü yapımında da kullanılmıştır fakat bunların birçoğu yıkıldığı için günümüze ulaşmamıştır (Sökmen, 2015). Sadece, Ahlat ilçesinde bulunan ve Akkoyunlular tarafından inşa edilen tek açıklıklı Bayındır köprüsü ayakta kalmıştır (Şekil 2.6) (Tekin, 1998).

Günümüzde Ahlat taşının kullanımı taşın çıkarıldığı bölgede devam etmektedir. Ahlat taşının ocaktan çıkarılmasının geleneksel yöntemlerden uzaklaşarak makineler kullanılarak yapılması maliyetinin artmasına neden olmuş, bu maliyet artışı kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır. Geleneksel yapıları sürdürmek ve turizm açısından bölgede Ahlat taşı kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Tekin, 1998).



Şekil 2.6: Ahlat'ta Bulunan Bayındır Köprüsü (Tekin, 1998)

Taşların, siyah, açık bej, kırmızı, koyu kahverengi (kestane) ve kül gibi farklı renklere sahip olması kitabe ve cepheleri süslemede avantaj sağlamaktadır. Ahlat taşının başka bir avantajı ise ocaktan çıkarıldığında yumuşak olup kolay şekil verilebilmesidir. Boşluklu yapıya sahip olan taşın su emmesi engellenirse ısıl izolasyon özelliği göstereceği belirtilmiştir (Şimşek ve diğ.,2010).

2.4. BOZULMA NEDENLERİ VE ÇEŞİTLERİ

Doğal taşlar uzun yıllar çevresel etkilere maruz kalırlar. Atmosfer koşullarındaki değişimler doğal taşların fiziki ve kimyevi olarak bozulmasına neden olur. Doğal taşların mineralojik özelliklerine, oluşumuna ve bulunduğu yerdeki koşullara göre bozulma süreci değişkenlik gösterir. Bozulma çeşitleri de taşın türüne ve bozulmaya sebep olan etkilere göre farklılık gösterir.

Tüflerde hasara neden olan çevresel faktörler yağış, rüzgâr, sıcaklık değişimi, donma-çözülme, biyolojik oluşumlar, suda çözünen tuzlardır. Bununla birlikte insanların neden olduğu vandalizm, grafiti (yazılar), kötü işçilik doğal taşların bozulmasını etkileyen önemli faktörlerdir.

Volkanik tüfler gözenekli yapıya sahip olduğundan suyun hareketini kolaylaştırır. İklimle bağlı olarak taşlarda gelişen donma çözülmenin tahrip edici etkisi,

taşın gözeneklerinin miktarı, bağlantısı ve büyüklüğüne bağlı olarak farklı sonuçlar meydana gelir. Tüflerin boşluklu yapısı bu etkilerin gözlenmesine neden olur.

Taşların bozulmasında en önemli etkenlerden biri de tuz kristallenmesidir. Su ve tuzun bir arada bulunması, tuf gibi gözenekli taşlarda yıkıcı sonuçlara sebep olmaktadır. Hava sıcaklık değerindeki değişim, kirlilik ve donma-çözülme döngüsünün çoğu zaman tuz ve su ile birlikte bulunduğu görülmektedir (Grissom, 1990).

Tuz çözeltileri suyla birlikte taşın boşluklarından veya kılcal çatlaklardan taşın içine girer ve sıcaklık artışıyla su buharlaşınca kalan tuzlar kristallenerek, gözenekler içerisinde veya yüzeyde çiçeklenme (efloresans) denilen tuz kalıntılarına sebep olurlar. Kristallenmenin taşın boşluklarında meydana gelmesi (kriptofloresans) daha sakıncalıdır. Etki eden tuzun cinsi, boşluk boyutu, yapısı ve dağılımına göre oluşacak hasar değişkenlik gösterir (Toracca, 1981).

Tüflerde tuzların bozulma etkisini belirlemek için fiziki ve jeolojik yapısı incelenmelidir. Tüflerin içerdiği silikatlı mineraller; feldispat, kuvars, piroksen, olivin, mika gibi minerallerdir. Minerallerin ayrışma mekanizması ve dayanımı kayaçların magmadan kristalize olma sırasına göre değişir. Yüksek sıcaklıkta kristalize olan olan mineraller ayrışmaya karşı daha dayanıksızdır.

Tüflerde bulunan kuvars (SiO_2) kimyasal etkilere karşı direnç gösteren bir mineraldir ve genel olarak karbonatlı taşlara göre atmosferik etkilere karşı daha dayanıklıdır, ancak zaman içinde köşeli şekilde bulunan kuvars mineralleri aşınarak yuvarlaklaşır.

Feldispat grubu mineraller ($(\text{Ca,Na,K})\text{Al}_{(1-2)}\text{Si}_{(3-2)}\text{O}_{(8)}$) dış etkenlere maruz kaldığında ilk ayrılan minerallerdir. Havadaki karbondioksit etkisiyle oluşan karbonik asit (H_2CO_3), feldispat grubu minerallerle tepkimeye girerek kristal yapısını bozacak etkiler oluştururlar.

Kireç taşlarındaki kalsiyum karbonat (CaCO_3), hava kirliliğinden kaynaklı asit (H_2SO_4) ile tepkimeye girerek alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) oluşumuna sebep olur. Su ile hareket eden bu tuz oluşumları tüflerin yüzeyinde bazı bozulmalara neden olmaktadır. Taşın gözeneklerinde kalan tuzlar ise tufün iç gerilmelerine neden olur (Eriç, 2002).

2.5. KİMYEVİ ÖZELLİKLERİ

2.5.1. Asitle Muamele Analizi

Asitle muamele malzemelerin içeriğinde bulunan asitle reaksiyona giren maddenin miktarını ve asitle reaksiyona girmeyen malzemelerin miktar ve türünü tespit etmeye yönelik yapılmaktadır. 20-30 gr numune alınarak tartılır ve 105 °C etüvde kurutulur. Kurutulmuş numune desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılarak ağırlığı belirlenir. Sonra numune üzerine yaklaşık 25 ml %10'luk hidroklorik asit (HCl) konularak çeker ocak içinde bekletilmeye başlanır (Şekil 2.7). Belirli aralıklarla cam bagetle karıştırılıp üzerine HCl eklenmesine devam edilir ve bu işlem numunenin asitle reaksiyonu bitene kadar sürdürülür. Reaksiyon bittiğinde, asit içinde çökelen kısım alınarak çeşme suyu ile örnek asitten arındırılmaya (nötralize) başlanır. Nötralizasyonun ardından beherde kalan numune 105 °C'de tekrar kurutulur. Desikatörde soğutulan kuru örnek tartılarak asit kaybı ve yüzde nem miktarı aşağıdaki yolla hesaplanır (Çizelge 2.1).

$$\text{Nem değerinin hesaplanması; } \% \text{ Nem} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100$$

$$\text{Asit kaybının hesaplanması; } \% \text{ Kalan} = \frac{W_3 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100 \quad \% \text{ Kayıp} = 100 - \% \text{ Kalan}$$

W₀: Kuru beherin ağırlığı

W₁: W₀ + Örnek

W₂: W₀ + Kuru Örnek

W₃: W₀ + Asit kaybı sonrası kurutulmuş örnek



Şekil 2.7: Asitle muamele deneyi

Çizelge 2.1: Ahlat taşının asit kaybı sonuçları

Asitle Kaybı (%)		
Örnek No	Kayıp	Kalan
1	0,61	99,39
2	0,60	99,40
3	0,68	99,32
<i>Ortalama</i>	<i>0,63</i>	<i>99,37</i>

2.5.2. Tuz Analizi

Suda çözünebilen tuzlar açık gözenekli malzemeler üzerinde bozunmalara neden olur. Tuzun kaynağını belirlemek ve gereken önlemleri alabilmek için malzemede bulunan suda çözünebilir tuzların nitelik ve miktarlarını tespit etmek gerekmektedir. Bu amaçla, Ahlat taşındaki tuz miktarını belirlemek için deneyler yapılmıştır (Şekil 2.8). Toz haline getirilen 1 gram numuneye 100 ml saf su ilave edilip, oda sıcaklığında 48 saat bekletilerek bulunabilecek tuzların çözünmesi sağlanmıştır. Bu süre sonunda, tamamen çökelen çözeltiden, iki tüpe yaklaşık 5 ml berrak sıvı konularak analiz yapılmıştır.

Klorür tuzu analizi için, tüplerden birine 2-3 damla gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisi eklenir. Klorür tuzu bulunuyorsa beyaz renkli çökelti oluşumu görsel olarak tespit edilir. Bu çözeltinin miktarı görsel olarak itibari bir biçimde değerlendirilir.

Sülfat ve karbonat tuzu analizi için, tüplerden diğerine 2-3 damla %10'luk baryum klorür çözeltisi (BaCl_2) eklenir. Bunun sonucunda beyaz renkli çözeltinin oluşması, örnekte sülfat ve/veya karbonat iyonunun varlığını gösterir. Bu çözeltinin hangi iyondan kaynaklandığını anlamak için üstüne 1-2 damla %10'luk HCl çözeltisi damlatılır. Gaz çıkışı ile çökeleğin kaybolması karbonat iyonu (CO_3^{2-}) varlığını, gaz çıkışı gözlenmemesi sülfat iyonu (SO_4^{2-}) varlığını gösterirken hem gaz çıkışı hem de beyaz renkli çökeleğin kalması ise hem sülfat hem de karbonat iyonu varlığını göstermektedir.

Nitrat tuzu analizi için, temiz cam plaka üzerinde, çok az miktardaki difenilamin kristali ezilerek toz haline getirilir ve üzerine berrak çözeltiden 1-2 damla damlatılarak kuruması için bekletilir. Kuruduktan sonra üzerine 1-2 damla konsantre sülfürik asit (H_2SO_4) damlatılır. Mavi renk oluşumu nitrat olduğunu gösterirken açık maviden gece mavisine kadar olan tonlar tek artıdan dört artıya kadar değişim göstermektedir.

Tuz testleri tamamlandıktan sonra iletkenlik cihazında ölçüm yapılarak çözeltilerin elektrik akımını iletme değerleri ölçülmüştür. Görsel olarak belirlenen tuz miktarı, iletkenlik değeri ile karşılaştırılır.

Organik madde varlığı örneğin cinsine göre değişkenlik gösterir. Tespit edilen organik madde varlığı; genellikle yumurta, kan, kazein, kıtık, bitki lifleri, hayvan kılları, bezir yağı vb. gibi malzemenin içinde bulunan protein ve yağ esaslı katkı maddelerinden kaynaklanmaktadır.

Protein testi, bir kapiler tüpe bir miktar toz haline getirilmiş örnek alınır. Ucu reaktife batırılmış küçük bir parça süzgeç kâğıdı kapiler tüpün açık ucuna yerleştirilir. İspirto ocağı alevinde ısıtılan örnekten çıkan gaz kâğıtta pembe-mor renk oluşturursa örnekte protein varlığından söz edilir. Reaktifin ise, 1 gram p-dimetilamino benaldehit'in 100 ml %33,5'luk HCl ile çözülmesiyle hazırlanır. Reaktif stabildir, kirlendiğinde veya bozulduğunda yeniden hazırlanır.

Yağ testi, bir cam tabla üzerine bir miktar toz haline getirilmiş örnek konur. Üzerine az miktarda kristal bakır sülfat (CuSO_4) eklenerek, birkaç damla konsantre hidrojen peroksit (H_2O_2) ile muamele edilir. Üzerine bir iki damla konsantre amonyak (NH_3) çözeltisi eklendiğinde kalıcı sabun köpüğü oluşursa örnekte yağ olduğu tespit edilmiş olur.

Ahlat taşı üzerinde gerçekleştirilen tuz ve organik madde analiz sonuçları Çizelge 2.2'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda herhangi bir tuz ve organik madde bulunmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2.2: Ahlat taşında suda çözünebilir tuzlar ve organik madde analizi

[- : Yok; + : Az var; ++ : Var; +++ : Fazla var; ++++ : Çok Fazla var]							
Örnek No	SUDA ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR					ORGANİK MADDE	
	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	NO_3^-	İLETKENLİK (μS)	PROTEİN	YAĞ
1	-	-	-	-	43	-	-
2	-	-	-	-	47	-	-
3	-	-	-	-	45	-	-



Şekil 2.8: Numunenin toz haline getirilmesi

2.5.3. SEM-EDX Analizi

SEM-EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılım Spektrometresi) analizi ile araştırma yapılan Ahlat taşı numunelerinin içerisindeki element ve oksitlerin dağılımı yüzde olarak tespit edilmektedir. Numunelerin analizi amacıyla farklı bölgelerinden SEM görüntüleri alınmış ve bu görüntüler üzerinde işaretlenen alanlarda EDX analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz ile numunelere ait SEM görüntüsü ve genel yapısını temsil eden EDX spektrumu elde edilmiştir (Şekil 2.9). Analiz Hitachi SU3500 T2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Oxford XACT Elektron Dağılım Spektroskopisi (EDX) cihazları kullanılarak vakumlu olarak yapılmıştır.

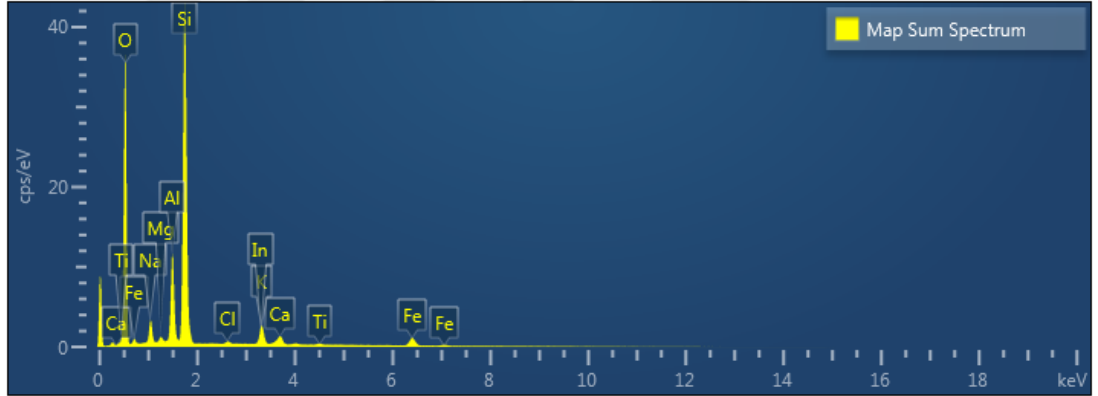


Şekil 2.9: SEM-EDX cihazı (ALUTEAM)

Ahlat taşına ait SEM-EDX analizine ait numune görüntüsü Şekil 2.10’da, tespit edilen elementlere ait grafik Şekil 2.11’de ve analiz sonucu Çizelge 2.3’te verilmiştir.



Şekil 2.10: Ahlat taşına ait SEM görüntüsü



Şekil 2.11: Ahlat taşına ait EDX spektrumu

Çizelge 2.3: Ahlat taşına ait EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	46.42	0.12	62.18			
Na	K series	2.60	0.04	2.42	Na ₂ O	3.50	0.05
Al	K series	7.41	0.05	5.89	Al ₂ O ₃	14.01	0.09
Si	K series	30.92	0.09	23.59	SiO ₂	66.14	0.19
K	K series	3.39	0.05	1.86	K ₂ O	4.09	0.06
Ca	K series	1.73	0.04	0.93	CaO	2.42	0.05
Fe	K series	6.02	0.10	2.31	FeO	7.75	0.12
Mg	K series	0.44	0.02	0.39	MgO	0.73	0.04
Ti	K series	0.34	0.04	0.15	TiO ₂	0.57	0.06
In	L series	0.36	0.11	0.07	In ₂ O ₃	0.43	0.13
Total		100.00		100.00		99.63	

2.5.4. FTIR Analizi

FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) cihazı temel olarak kızılötesi ışığın incelenen madde tarafından soğurulmasına dayanır. Soğurulma, moleküldeki bağların titreşimi ve dönüşleri için gerekli miktarda dalga enerjisinin, cihaz tarafından elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinden gönderilmesiyle gerçekleşir.

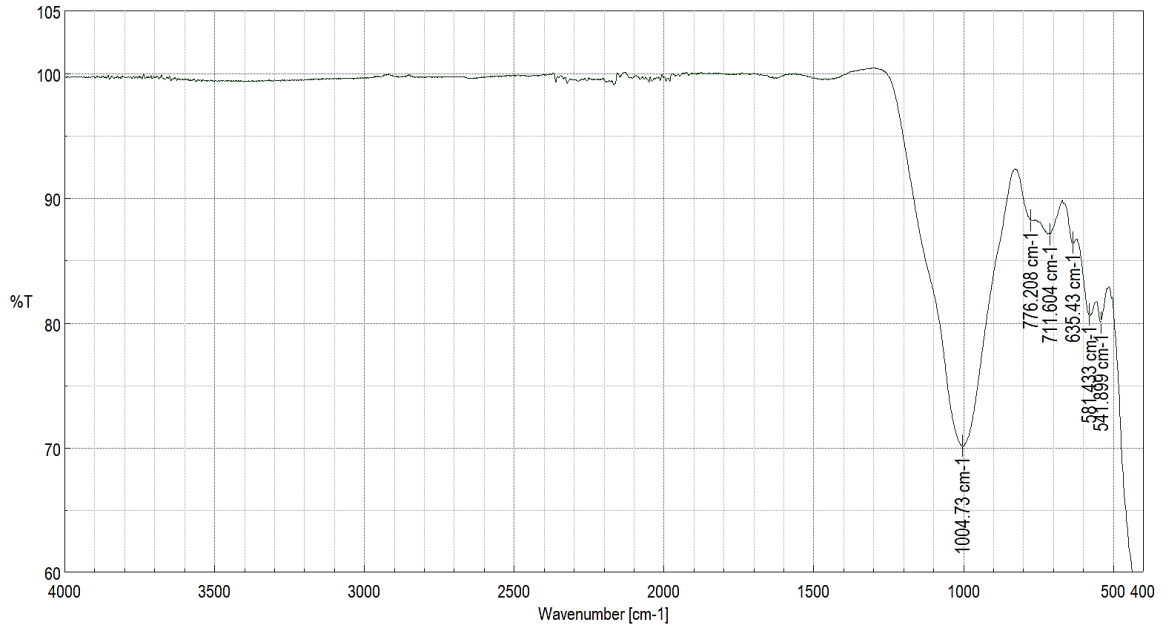
FTIR cihazında (Şekil 2.12 ve Şekil 2.13) Ahlat taşı için ölçülen dalga boyları spektrumları (Şekil 2.14) malzemenin bileşenleri hakkında bilgi verir. Analiz ile malzemelerin içerisindeki çeşitli element ve/veya bileşiklerin varlığı tespit edilir. Bu teknik malzeme analizinde kısa sürede doğru sonuç elde edilmesi avantajına sahiptir.



Şekil 2.12: FTIR cihazı, genel görünümü (KURAM)



Şekil 2.13: FTIR cihazında analiz edilen numunenin konulması

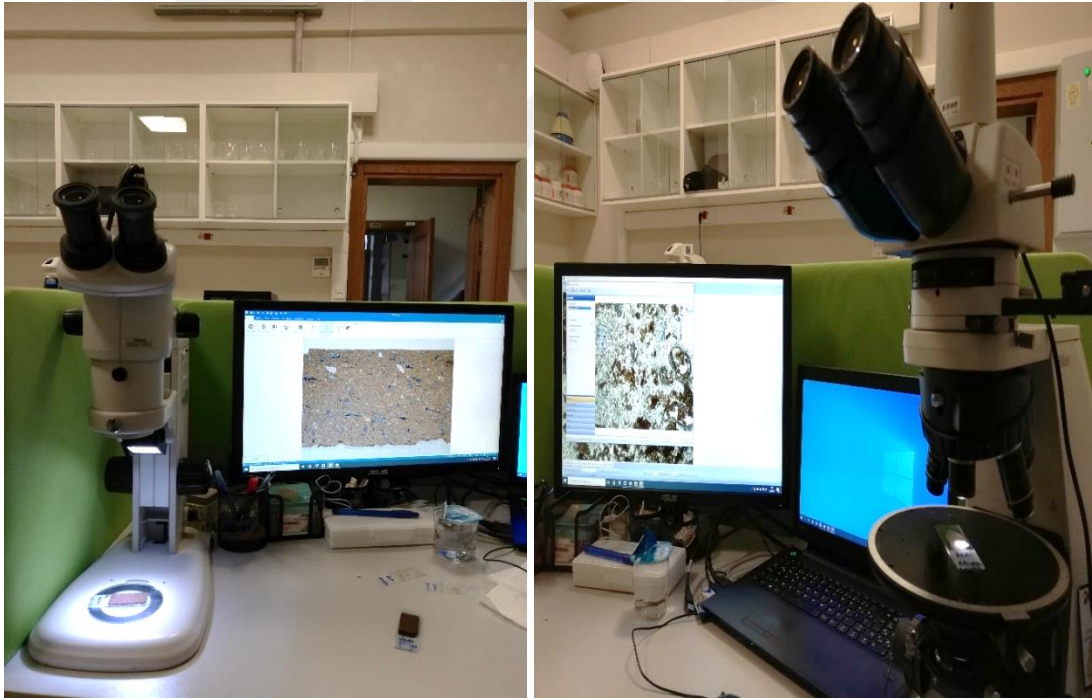


Şekil 2.14: Ahlat taşına ait FTIR Spektrumu

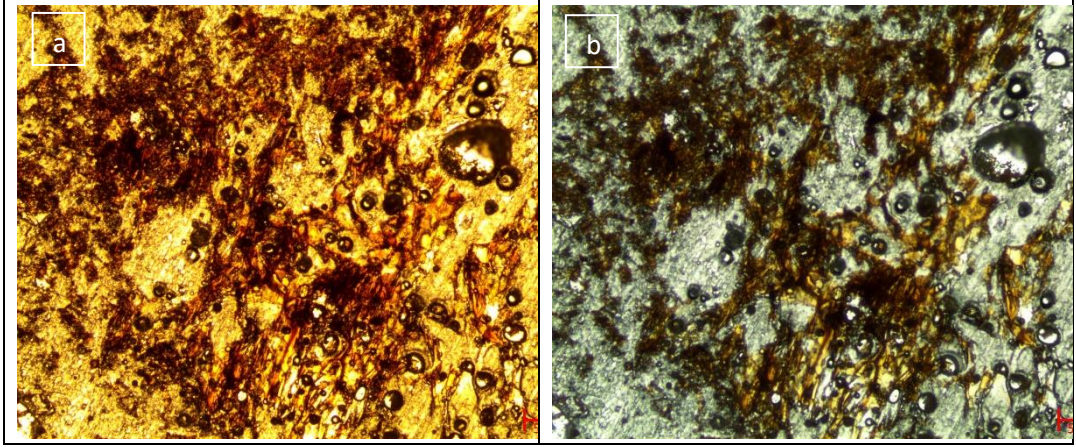
2.5.5. Mineroloji ve Petrografi Analizi

Petrografi, doğal taşların içerdikleri mineralleri, kimyasal bileşimlerini, yapı ve dokularını, doğada bulunuş şekillerini, oluşumları hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Bu amaçla çalışmamızda kullandığımız Ahlat taşından hazırlanan ince kesitler polarizan (tek ve çift nikol) mikroskopta, kaba kesitler ise stereo mikroskopta görüntülenerek mineral içerikleri incelenmiştir (Şekil 2.15).

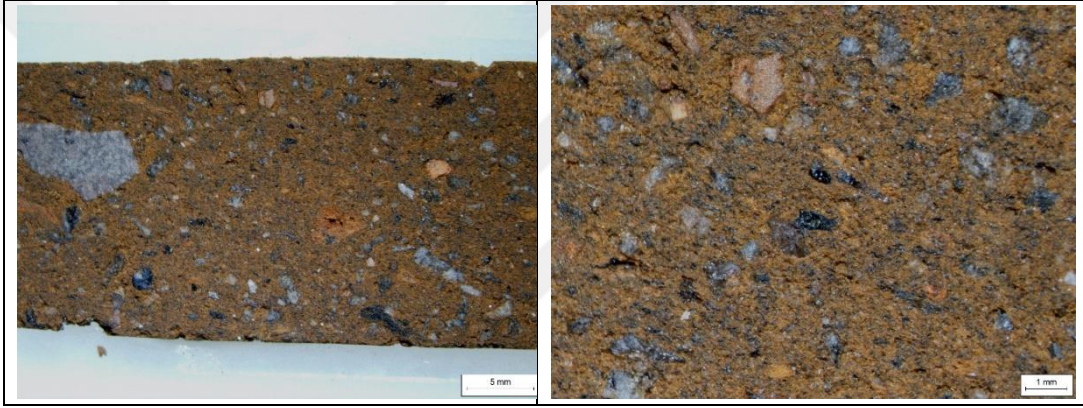
Yapılan incelemelere göre, söz konusu doğal taşın kırmızı-kiremit renkli, volkan camı kıymıkları ile çok az oranda iğnemi feldspat kristalitlerinden oluşan bir kül matriks içerisinde az miktarda volkanik kökenli kayaç parçacıkları ile seyrek gözlenen obsidyen ve pomza parçacıkları bulunan, hornblend, sanidin, kuvars ve biyotit minerallerinden oluşmuş volkanik tuf (ignimbirit) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.16 ve Şekil 2.17).



Şekil 2.15: Stereo mikroskop ve polarizon mikroskopta (ince kesit) incelemeler



Şekil 2.16: Ahlat taşının polarizan mikroskop görüntüsü, a) Tek nikol, b) Çift nikol



Şekil 2.17: Ahlat taşının stereo mikroskop görüntüleri

2.6. FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

2.6.1. Birim hacim ağırlık

Ocaktan alınan Ahlat taşı örneklerinden $50 \times 50 \times 50 \pm 5$ mm ölçülerinde küp örnekler hazırlanarak, TS 699 (Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri) standardı kullanılarak deney yapılmıştır (Şekil 2.18). Öncelikle deneyde kullanılan 6 adet küp numunenin doğal ağırlıkları ve hacimleri belirlenmiştir. Numuneler 24 saatlik aralıklar tartım yapılarak sabit kütleye erişinceye kadar 70 ± 5 °C etüvde kurutulmuştur. Birbirini izleyen (24 ± 2) saat fasılalı iki tartım arasındaki fark, numune kütlesinin %0,1'inden az ise, numunenin sabit kütleye ulaştığı kabul edilir. Numunelerin kuru ağırlığı tespit edilir.

Doygun ağırlıklarını belirlemek için ise numuneler saf su dolu kabın içerisine tamamı suda kalacak şekilde yerleştirilir ve 24 saat aralıklarla tartım yapılarak sabit kütleye erişmesi beklenilir. Kuru, doğal ve doymuş ağırlığı belirlenen numunelerin

hacim değerine bölünmesiyle birim hacim ağırlık belirlenmiştir. İlgili sonuçlar Çizelge 2.5’te verilmiştir.

$$\gamma_k = \frac{m_d}{V}$$

γ_k : Kuru birim hacim ağırlık, (g/cm³) m_d : Kuru örnek ağırlığı, (g)

m_s : Doymuş örnek ağırlığı, (g) m_n : Doğal örnek ağırlığı, (g) V : Örneğin hacmi, (cm³)



Şekil 2.18: Numunelerin boyutlandırılması ve hazırlanan küp numuneler

2.6.2. Özgül Ağırlık

Deney TS EN 1936 (Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardı kullanılarak yapılmıştır. Ahlat taşı numunesi toz haline gelecek şekilde metal havanda dövülmüş ve 63µ’luk elekten geçirilerek 10 gr numune hazırlanmıştır. Piknometre yarısına kadar su ile doldurulup, hazırlanan 10 gr numune tartım yapılarak kontrollü şekilde piknometrenin içine konulmuştur. Piknometrenin yaklaşık ağzına kadar saf su eklenip vakum motoru yardımıyla piknometre içindeki hava alınmıştır. Malzemenin çökmesi için 1 gün bekletilmiştir (Şekil 2.19).

Piknometredeki su seviyesi numune bulanmayacak şekilde yavaşça tamamlanıp, piknometrenin kapağı kapatılmış ve taşan su kurulanmıştır. Sonra piknometre tartılıp, boşaltılmış ve yıkanmıştır. Sonrasında saf su ile doldurularak

tartılmıştır. Elde edilen değerler standartta yer alan formülde yerine konarak hesaplama yapılmıştır. Hesaplanan sonuçlar Çizelge 2.4’te verilmiştir.

$$\rho_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \times \rho_{rh}$$

m_e : Öğütülmüş ve kurutulmuş numune kütlesi (piknometre kullanılan deneyler için), g,

m_1 : Su ve öğütülmüş numune ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,

m_2 : Suyla doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,

ρ_r : Numunenin gerçek yoğunluğu, kg/m³,

ρ_{rh} : Suyun yoğunluğu, kg/m³ (Saf su yoğunluğu=1)

Çizelge 2.4: Ahlat taşının özgül ağırlık deneyi sonuçları

Örnek No	Özgül Ağırlık (g/cm ³)
1	2,49
2	2,52
3	2,53
Ortalama	2,51



Şekil 2.19: Piknometrenin vakum motoru ile havasının alınması ve numuneler

2.6.3. Porozite (Gözeneklilik)

Deney TS EN 1936 (Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini) standardı kullanılarak yapılmıştır. Porozite tayini 6 adet 50x50x50 ± 5 mm ölçülerinde küp şeklindeki numunelerin saf su içerisine daldırılarak ve yeterince doyurularak (Şekil 2.20) elde edilen sabit ağırlığı ve 70 ± 5 derece etüvde kurutulmuş ağırlıklarının farkının numunenin hacmine oranı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2.5).

Numunenin doygun haldeki emdiği su kütlesinin, numunenin toplam hacmine oranıdır.

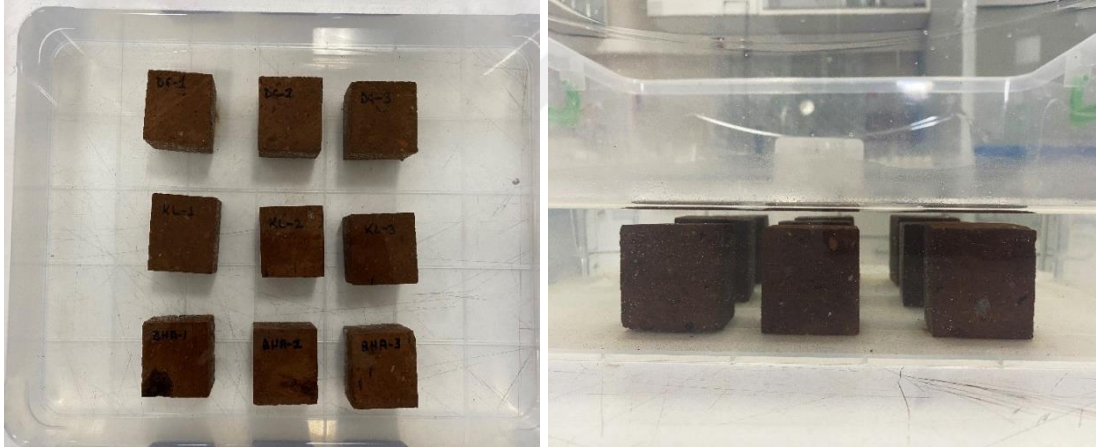
$$n = \frac{m_s - m_d}{v}$$

m_d : Kuru örnek ağırlığı, (g)

m_s : Doymuş örnek ağırlığı, (g)

v : Örneğin hacmi, (cm³)

n : Porozite (Boşlukluluk)



Şekil 2.20: Saf su içerisinde suya doyurulan numuneler

Çizelge 2.5: Ahlat taşının birim hacim ağırlık ve açık porozite değerleri

Örnek No	Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k) (g/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d) (g/cm ³)	Açık Porozite (n) %
1	1,41	1,79	37,73
2	1,40	1,82	41,51
3	1,59	1,93	34,21
4	1,51	1,85	34,80
5	1,48	1,83	34,92
6	1,51	1,86	35,00
Ortalama	1,48	1,85	36,36

2.6.4. Mohs Sertliği

Bir sertlik cetveline adı verilen ölçek ile belirlenen Mohs sertliği, mineralin üzerine etki yapan aşındırıcı bir kuvvet etkisinde çizilmeye karşı gösterdiği dayanma ölçüsünü derecelendirir. Sertlik genel olarak çizilme kuvvetine gösterilen tepki ile ölçülür. Mohs sertlik cetveline göre bir mineralin sertliğini bulmak için, sertliği bilinen mineral veya minerallerle, sertliği saptanacak olan mineral birbirine sürtölür ve sertliği bilinmeyen mineralin hangi minerali çizdiği ve hangisiyle çizildiği belirlenir (Şekil 2.21). Sonuçta bu işleme göre mineralin sertliği bulunmuş olur. Mohs sertlik skalasına göre Ahlat taşının sertliği 6.0-7.0 Mohs aralığındadır.



Şekil 2.21: Ahlat taşının Mohs sertliğinin belirlenmesi

2.7. MEKANİK ÖZELLİKLERİ

2.7.1. Tek Eksenli Basınç Mukavemeti

Deneyde TS EN 126 (Tek eksenli basınç dayanım tayini) standardı uygulanmış ve 6 adet 70x70x70 mm küp numune kullanılmıştır. Yükün uygulanacağı yüzeyler düz olmalıdır ve $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'ta sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmalıdır. Örnek boyutları en, boy ve yükseklik ölçölürü alınır ve numunelerin alanı hesaplanır. Deney cihazının başlık yüzeyleri temizlenir ve varsa numunenin temas yüzeylerinde bulunan gevşek taneler uzaklaştırılır. Yük, $(1 \pm 0,5) \text{ MPa/s}$ şeklinde sabit bir yükleme hızıyla devamlı olarak uygulanmış ve numunenin kırıldığı azami yük kaydedilmiştir (Şekil 2.22).

Elde edilen değerler formülde yerine konarak hesaplanır (Çizelge 2.6).

$$R = F/A$$

R: numunenin tek eksenli basınç dayanımı, (N/mm²)

F: Ekrandan okunan kırılma anındaki yük, (N)

A: Yüklemenin yapıldığı kesit alanı, (mm²)



Şekil 2.22: Tek eksenli basınç deneyi cihazı ve deney sonrası numune

Çizelge 2.6: Ahlat taşının tek eksenli basınç mukavemeti değerleri

Örnek No	Örnek Boyutları (mm)			Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (MPa)
	En	Boy	Yükseklik	
1	65,0	70,0	68,0	10,04
2	65,0	67,0	68,0	10,37
3	68,0	69,0	68,0	11,05
4	68,0	69,0	68,0	11,08
5	69,0	68,0	68,0	10,79
6	68,0	70,0	68,0	10,37
Ortalama				10,62

2.7.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi

Deney ASTM D5731–08 (Standart Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications) standardına göre yapılmıştır. Yöntem, düzgün şekilli olmayan doğal taş numunelerinin dayanımının belirlenmesini sağlar. Kesilip hazırlanmış numunelerin genişlik, yükseklik ve uzunluk değerleri ölçülüp, numune nokta yük cihazındaki konik uçlar arasına yerleştirilerek kuvvet yüklemeye başlanmış, kırılmanın gerçekleştiği yenilme yükü değeri kaydedilmiştir (Şekil 2.23). Nokta yük dayanımı kayacın boyutuna bağlı olarak değiştiğinden 50 mm’lik çapa göre düzeltilmesi gerekmektedir. Deney numunelerinden elde edilen sonuçlar eşdeğer karot çapı değerlerine göre belirli katsayı (K) ile çarpılarak, yaklaşık eşdeğer tek eksenli basınç dayanımı değeri (σ_c) bulunur (Çizelge 2.7).

$$I_s = P / D_e^2 \quad I_{s(50)} = F \times I_s \quad F = (D_e / 50)^{0,45}$$

I_s : Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa)

P: Yenilme yükü (N), D_e : yüklemenin yapıldığı kesit alanı

$I_{s(50)}$: Düzeltilmiş nokta yük dayanımı (MPa), F: Düzeltme faktörü

Çizelge 2.7: Ahlat taşının nokta yük dayanımı sonuçları

Örnek No	W (mm)	D (mm)	P (kN)	$I_{s(50)}$ (MPa)	Katsayı (K)	σ_c (MPa)
1	30,00	22,00	1,20	1,12	16	17,88
2	32,00	22,00	1,09	0,97	16	15,45
3	33,00	24,00	1,21	0,93	16	14,82
4	30,00	30,00	1,69	1,17	16	18,75
5	30,00	35,00	1,15	0,71	16	11,32
6	30,00	23,00	1,17	1,00	16	15,95
7	30,00	20,00	1,08	1,03	16	16,41
8	34,00	23,00	1,29	1,00	16	15,96
9	32,00	22,00	1,01	0,85	16	13,56
10	30,00	33,00	1,52	0,98	16	15,66
Ortalama				0,97		15,58

Nokta yük mukavemeti indeksi deneyi sonucunda yaklaşık eşdeğer tek eksenli basınç dayanımı değeri, tek eksenli basınç mukavemeti değerine göre ~%50 oranında daha fazla çıkmıştır (Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7).



Şekil 2.23: Nokta yük deneyi uygulaması

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN SU İTİCİLERİN ÖZELLİKLERİ

3.1. SU İTİCİLER VE KULLANIM AMAÇLARI

Tarihi yapılardaki doğal taşların korunmasında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar arasında önemli bir yere sahip olan yüzey koruma yöntemi sağlamlaştırıcı ve su itici malzemelerin kullanılmasını içermektedir. Sağlamlaştırıcı kimyasal malzemeler, doğal taşın ayrışan kısmını sağlam yüzeye bağlayarak korumayı sağlar (Ersen, 2011). Su itici malzemeler ise doğal taşların maruz kaldığı suların taşın bünyesine geçirmesini engellemek veya azaltmak için kullanılan malzemelerdir. Bu uygulama taşın bozulma sürecini yavaşlatmaktır.

Doğal taşlar incelendiğinde çok farklı nedenlerle bozulmalar olduğu görülmektedir. Genel olarak çevre koşulları ve zamana bağlı etkilerle bozulmalara maruz kalan doğal taşların sahip olduğu fiziki ve mekanik özellikleri zayıflar (Hasbay ve Hattap, 2017).

Doğal taşlarda bozulmalara neden olan ana etkenlerden biri de su ve içerisinde bulunan zararlı kimyasallardır. Hava kirliliğine neden olan baca ve egzoz gazlarındaki kimyasallar, yağmur suyu vasıtasıyla doğal taşın nüfuz ederek taşın bozulmasını hızlandırır (Özgünler ve Gürdal, 2008; Dal ve Umuroğulları, 2014).

Su etkisine bağlı olarak doğal taşlarda görülen bozulmalar:

- Suyun kılcal etkiye bağlı hareketi taşın zayıflamasına neden olur.
- Yapı zeminindeki suyun içinde bulunan tuzlar buharlaşma ile tuz kristalleri şeklinde çiçeklenmelere neden olur.
- Sular yapıda yosun ve biyolojik oluşumlara sebep olur.
- Boşluklarda bulunan sular donduğunda hacimce daha fazla yer kaplayarak parça kaybına yol açar.

Bu etkileri en aza indirmek için doğal taşlara su itici malzemeler uygulanarak uzun süreli koruma sağlanmalıdır.

3.2. SU İTİCİ SEÇİM KRİTERLERİ VE UYGULAMA KOŞULLARI

Su itici seçiminde önce uygulama yapılacak taş ve bulunduğu çevre incelenerek özellikleri belirlenmelidir.

Su iticiler, su buharının taşıdaki gözeneklerden dışarı çıkmasına engel olmadan, yüzey gerilimini azaltarak su ve sulu çözeltilerin taşa nüfuz etmesini önler veya azaltır (BS EN 16581:2014). Ayrıca, su iticilerin kolay uygulanması, zararlı gaz salınımına neden olacak kimyasal bulundurmaması, biyolojik etkileri tetiklememesi, etkisini kaybettiğinde çıkarılabilir veya uygulama tekrarını sağlayacak nitelikte olması önemlidir (SWRI, 1994).

Uygulamaya geçilmeden önce doğal taşın maruz kaldığı çevresel koşullar altında beklenen performans kriterlerinin tanımlanması gerekmektedir. Su itici malzemelerden beklenen performansın elde edilebilmesi için taşın cinsi, kimyevi bileşimi, mineralojik yapısı ve fiziki özellikleri ayrıntılı olarak incelenmelidir. (Ersen, 2011)

İtalyan standartlar komisyonunun 20/85 sayılı tavsiye kararına ve BS EN 16581:2014 standardına göre bir su itici için gereken gereksinimler şu şekilde belirtilmiştir (NORMAL 20/85 , 1985, BS EN 16581:2014):

- Farklı bozulmaların oluşmasına yol açmamalıdır.
- Kirleticilere ve oksijene karşı iyi bir kimyevi stabiliteye sahip olmalıdır.
- UV radyasyonuna karşı iyi stabiliteye sahip olmalıdır.
- Sıvı emilimini azaltmalıdır.
- Su buharı geçirgenliğini azaltmamalı ve minimum değişikliğe neden olmalıdır.
- Yüzeyin optik-kromatik özelliklerini değiştirmemelidir.
- Taşın fiziki ve kimyevi kararlılığını korumalıdır.
- İlerleyen aşamalarda bile organik çözücülerde iyi çözünürlüğe sahip olmalıdır.

Su itici seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar genel olarak (ASTM E2167- 01, 2008);

- a) Su itici uygulamanın amacı ve beklenen performans kriterleri belirlenmelidir. Yapılan uygulama doğal taş üzerinde olumsuz etkilere neden olmamalıdır.
- b) Tarihi yapıları koruma yönetmelikleri, standartları ve kuralları dahilinde su itici uygulamaları kontrollü olarak yapılmalıdır.
- c) Uygulama yapılacak doğal taş ve bulunduğu yapının çevre koşullarının özellikleri bir bütün olarak ele alınmalıdır.
- d) Su itici malzemenin belirli taş cinsi üzerindeki geçmiş döneme ait performansı iyi araştırılmalı ve incelenmelidir. Yapılacak uygulamanın başarısı için bu durum önem arz etmektedir.
- e) Su itici seçiminde, belirli bir doğal taş için önerilen standart uygulama yönteminin uygulanabilirliği, uygulama yapılacak bölgenin alanı, uygulamada görev alacak kişilerin tecrübesi dikkate alınmalıdır.
- f) Tehlikeli madde salınımı olmayan su iticilerin kullanılması için gayret gösterilmelidir. Uygulamalar, yürürlükteki tüm çevre düzenlemelerine uygun olmalıdır.
- g) Su itici ürünlerin teknik dokümanları incelenmesi oldukça önemlidir. Uygulamaların hangi koşulda, hangi cins taşlara, hangi yöntemler ile ne şekilde uygulama yapılacağına dair verilere dikkat edilmeli ve beklenen sonuç için uygun kriterler seçilmelidir.

Yüzeye uygulanan su itici kimyasalların seçimi, laboratuvarlarda yapılan deneyler ile belirlenmelidir. Deneylerin içeriği, numunelerin boyutlarına göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte; doğal taşların, kimyasal uygulamadan önceki ve sonraki su emme davranışı ve su buharı geçiş direnci belirlenerek sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Ayrıca, kimyasal uygulanan örneklerle, UV testi ile eskitme deneyi yapılmalı ve malzemenin birim sarfiyatı ile su iticinin penetrasyon ve konsolidasyon derinlikleri belirlenmelidir (Verdön ve Ersen, 2009). Deney sonuçları doğrultusunda hangi doğal taşlara uygulanabileceği değerlendirilerek seçim yapılmalı, uygulanacak yüzeyin özelliğine bağlı olarak fırça, spre, kılcal emdirme ve basınçlı sızma yöntemleri ile su iticiler uygulanmalıdır (Verdön ve Ersen, 2009).

Yapılan uygulamalar düzenli aralıklarla kontrol edilerek ihtiyaç duyulduğunda gerekli bakım sağlanarak sürdürülebilir koruma temin edilmelidir.

3.3. SU İTİCİ ÜZERİNE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dolmabahçe Sarayı cephelerinde kullanılan Şirinçavuş volkanik tüflerini koruma amaçlı, silan-siloksan içeren su itici kimyasallar uygulamış, uygulamanın yeteri kadar tüflere tesir etmediği için başarılı sonuç alınamadığı ve taşlarda meydana gelen bozulmanın hızını artırdığı belirlenmiştir (Acun Özgünler, 2007).

Başka bir çalışmada, Karamürsel volkanik tüflerinde (Od taşı), emülsiyon tipi silan-siloksan bazlı su itici kullanılmış ve kılcal su emme katsayısının %88, su buharı geçirgenliğinin de %24 azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte su itici uygulanan numunelerin SiO₂ içeriğinin %80-90 civarında olduğu ve mekanik özelliklerinde iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir (Acun Özgünler 2007).

Başka bir çalışmada, kireçtaşı ve volkanik tüflere florlu polisiloksan (FPS) bazlı su itici uygulamaları yapılmış, taşlarda renk değişimine yol açmadığı, florlu karbon bileşiminin bir sonucu olarak yüzeylerde su geçişinin engellendiği belirlenmiştir (Uğur, 2014).

Tuteja ve arkadaşları hibrid siloksan ve silikon polimer olarak bilinen sentetik polimerlerin su itici etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu nanomalzemelere alüminyum oksit (Al₂O₃), silikon dioksit (SiO₂), kalay dioksit (SnO₂) ve titanyum dioksit (TiO₂) eklenmesiyle etkisi arttırılmış, daha fazla yüzey alanı sağlayarak ve küçük boyutta parçacıklar oluşturma gibi avantajlar sağladıkları için doğal taş eserlerin korunmasına önemli katkılar sağladığını belirtmişlerdir. Su itici uygulamaları sonrasında ise, taşların yüzeylerinde ölçülen temas açısı 90°C'den fazla ise hidrofobik ve 150 °C'den fazla olduğunda ise süperhidrofobik olarak tanımlamışlardır (Tuteja ve diğ., 2007).

3.4. DENEYLERDE KULLANILAN SU İTİCİLERİN ÖZELLİKLERİ

Araştırma kapsamında incelenen, piyasadan temin edilmiş su itici malzemelere SEM-EDS ve FTIR analizleri yapılmıştır (Şekil 3.1-3.18 ve Çizelge 3.2-3.7). Piyasadan temin edilen 6 adet su itici ve su iticilere ait kısaltmalar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Çalışmada kullanılan su itici malzemeler ve kısaltmaları

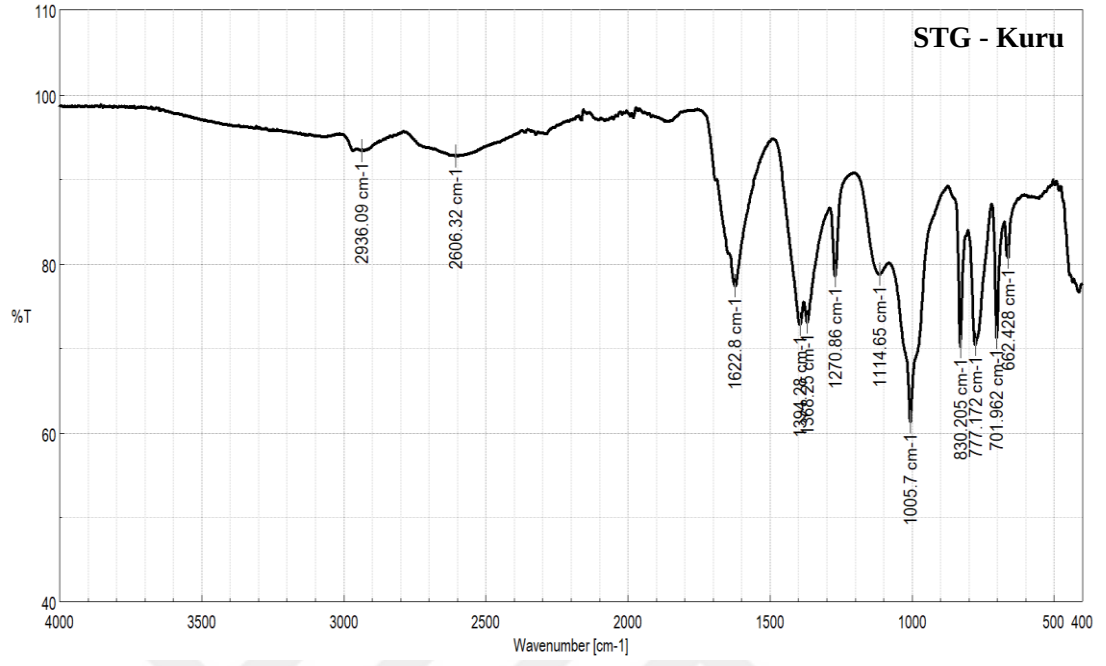
Su İtici	Kısaltma	Su İtici	Kısaltma
StoneGuard	STG	Emülzer	EMZ
TeknoSil	TKN	MaxiRenova	MRN
Köster	KTR	Wacker BS 290	WCK

SEM-EDX analizi ile çalışılan malzemelerin içerisindeki elementlerin dağılımı yüzde olarak tespit edilmiştir. Örneklerin incelenmesi amacıyla farklı bölgelerinden SEM görüntüleri alınmış ve bu görüntüler üzerinde işaretlenen alanlarda EDX analizleri yapılmıştır. Tüm sonuçlar karşılaştırılmış ve her bir örnek için SEM görüntüsü ve örneğin genel yapısını temsil eden EDX spektrumu verilmiştir.

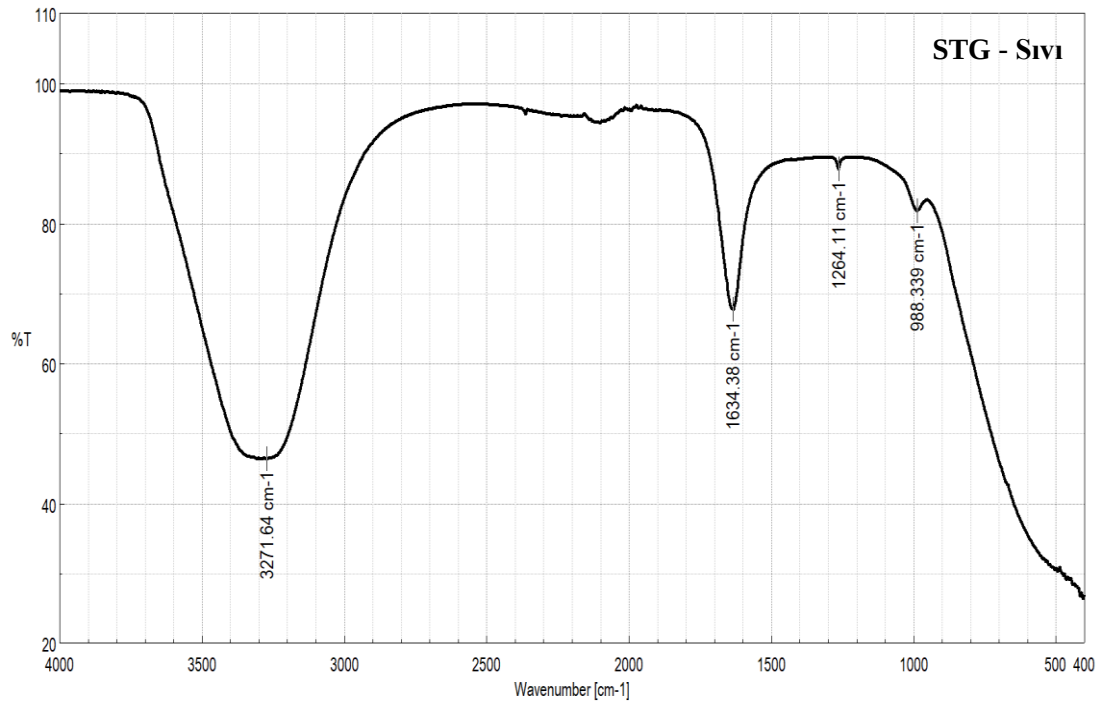
FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) analizi ile çalışılan malzemelerin içerisindeki element ve/veya bileşiklerin varlığı tespit edilmektedir. FTIR spektroskopisi ile örneklerin MID bölge (4000-400 cm⁻¹ dalga aralığında) analizleri ATR (Attenuated total reflectance/ zayıflatılmış toplam yansıma) ünitesi ile çekilmiş ve spektrumları verilmiştir.

3.4.1. STG

Teknik dokümanda ürün, her türlü doğal ve sentetik taşa uygun, renk değişimi yapmayan, çok yüksek emilmeye sahip uzun ömürlü, iç ve dış mekanlarda kullanıma uygun ve her iklim koşuluna uygun, yüksek UV dayanımına sahip, su geçirimsizliği sağlayan su bazlı emprenye ürün olarak tanımlanmaktadır. Uygulanacak yüzeylerin temiz, kuru ve önceden uygulanmış koruyuculardan arındırılmış olması ve yeterli miktarda su itici yüzeye sünger, rulo veya fırça ile nüfuz ettirilmesi tavsiye edilmiştir. Ayrıca iyi sonuç almak için yüzeyin 24 saat boyunca kuru ve kirletici etkilerden uzak tutulması gerektiği de belirtilmiştir.

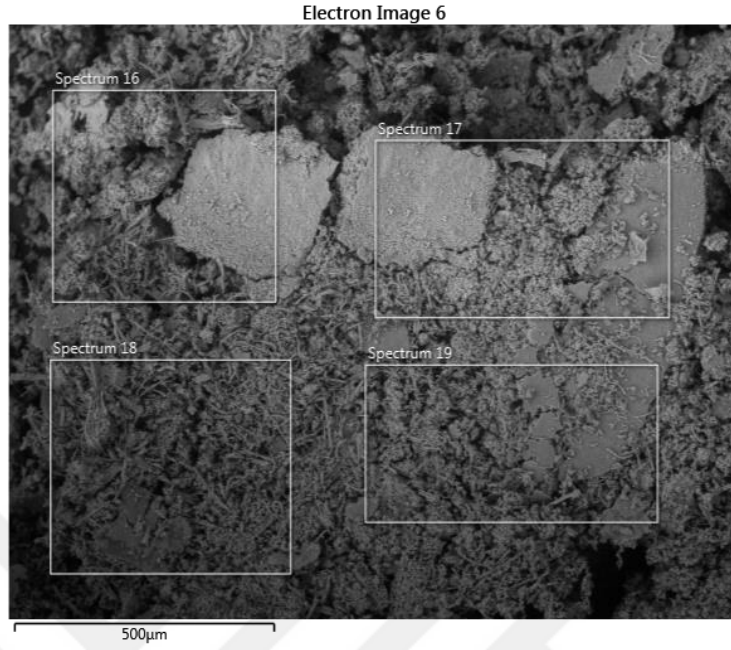


a)

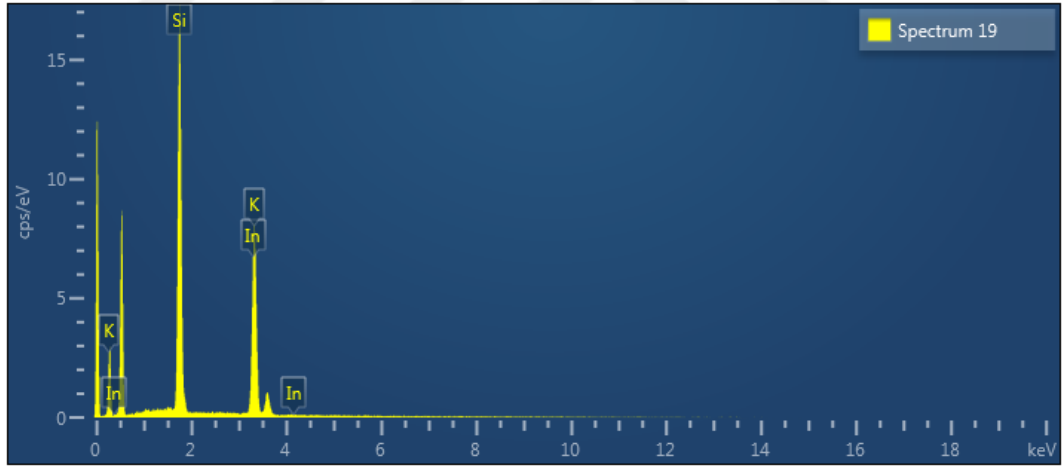


b)

Şekil 3.1: STG örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.2: STG (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



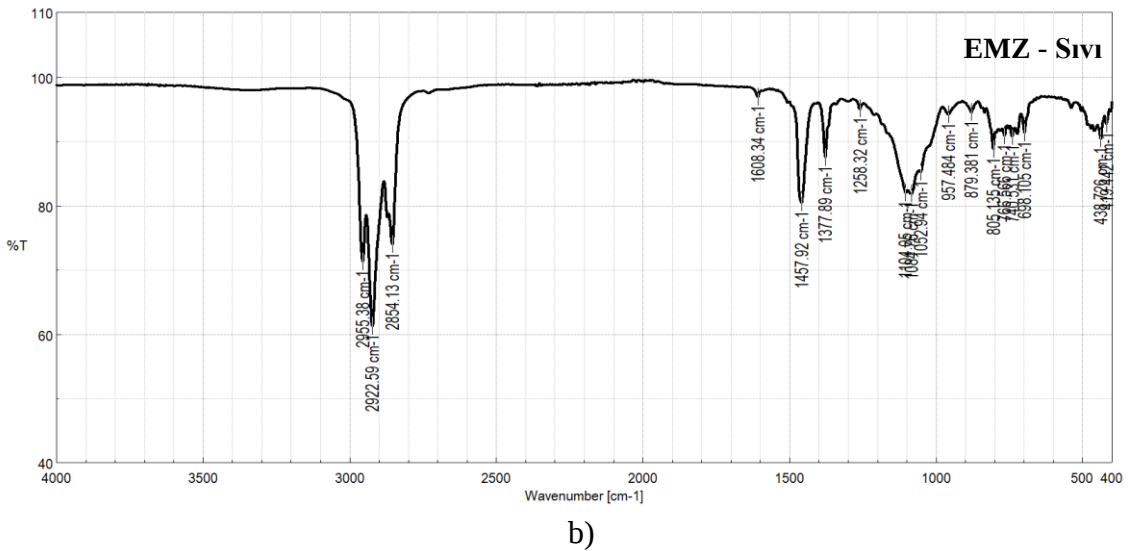
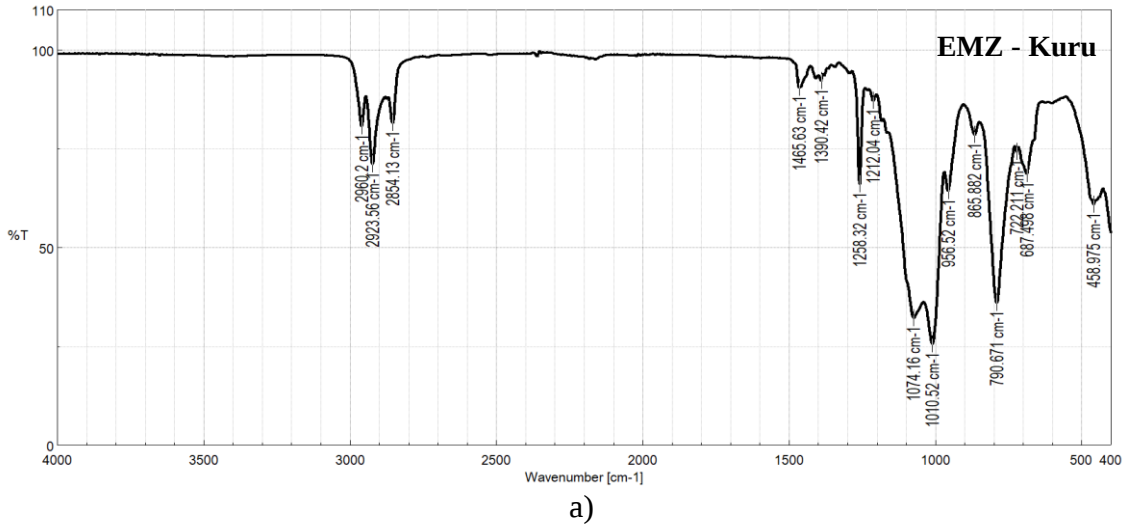
Şekil 3.3: STG (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

Çizelge 3.2: STG (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

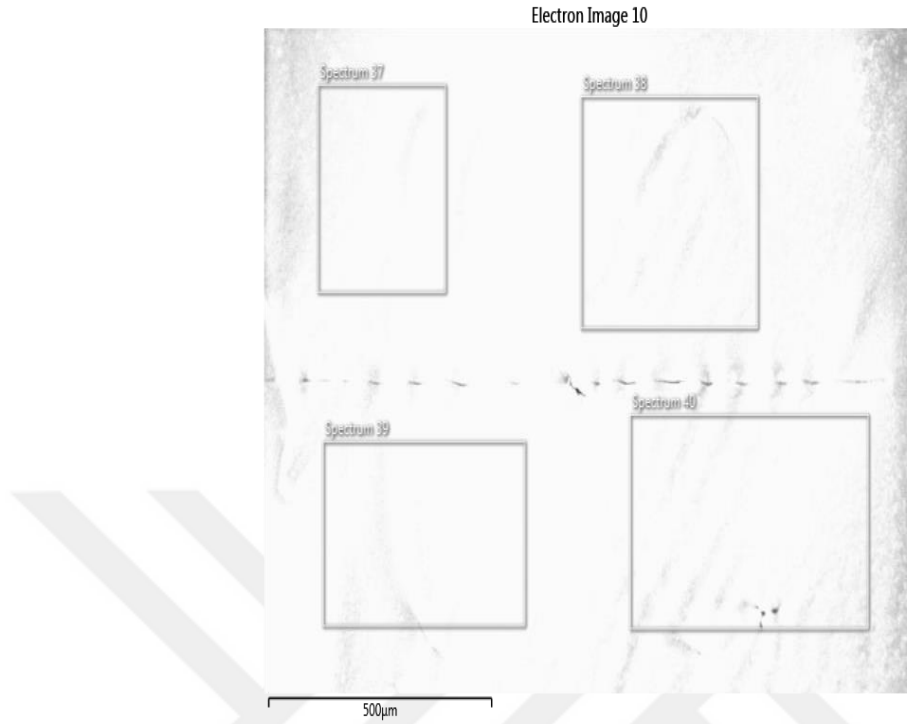
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	38.95	0.45	57.92			
Si	K series	28.28	0.34	23.96	SiO ₂	60.50	0.72
K	K series	28.22	0.37	17.17	K ₂ O	33.99	0.45
In	L series	4.55	0.70	0.94	In ₂ O ₃	5.50	0.84
Total		100.00		100.00		100.00	

3.4.2. EMZ

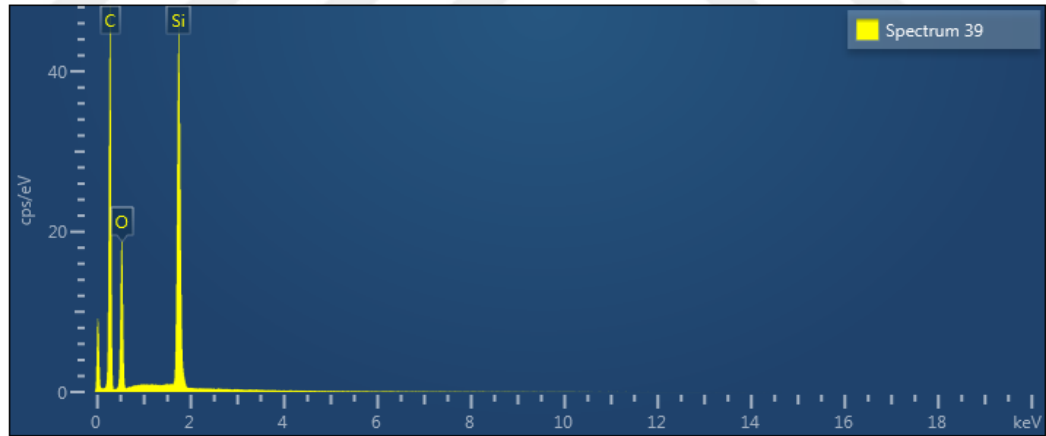
Ürün teknik dokümanda, solvent ve silan-siloxan esaslı, sürüldüğü yüzeye nüfuz ederek kılcal kanallarda suya karşı şeffaf bir bariyer oluşturan ve su iticilik sağlayan yüzey emprenye ve astar malzemesi olarak tanımlanmaktadır. Yüzeyin su buharı geçirgenliğini etkilemediği ve böylece yüzeyin nefes almasına da engel olmadığı belirtilmiştir. Mineral esaslı doğal ve yapay taşlar üzerinde, mineral esaslı boyalı yüzeylerde, bu tarife uyan anıt, heykel ve tarihi yapılarda kullanıldığı belirtilmiş olup, uygulanacak yüzey temiz olması ve ez az iki kat uygulama yapılması tavsiye edilmiştir. Uygulama fırça, rulo veya tabanca ile yapılabilir. Uygulamadan sonra bir gün kuruması önerilmiştir.



Şekil 3.4: EMZ örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.5: EMZ (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



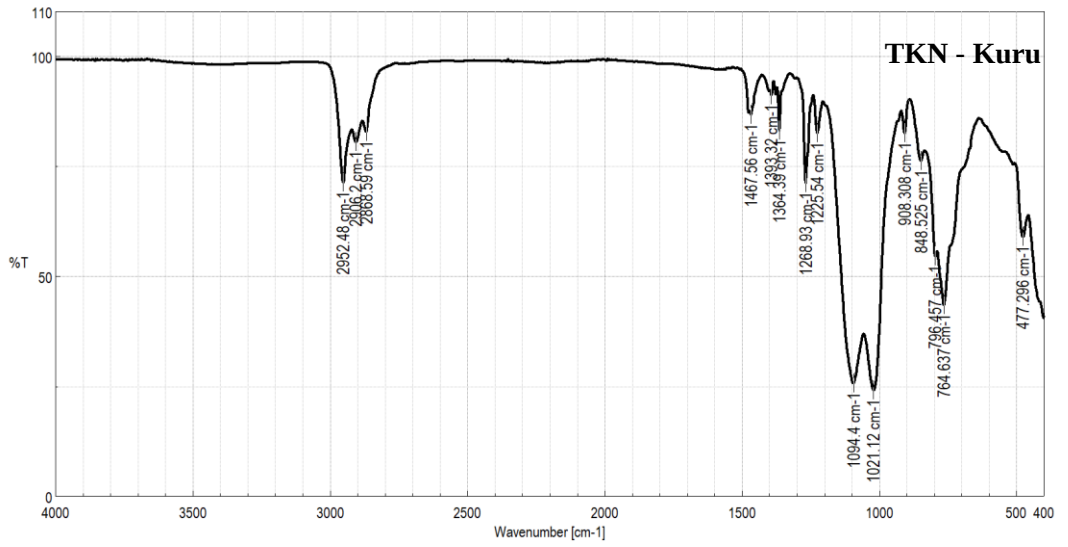
Şekil 3.6: EMZ (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

Çizelge 3.3: EMZ (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

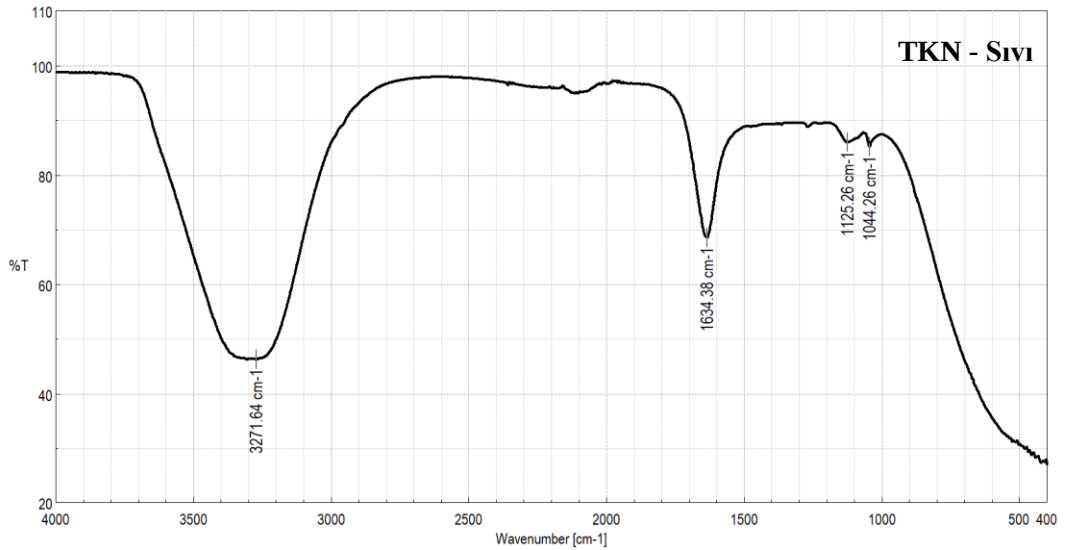
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	53.26	0.17	66.67			
Si	K series	46.74	0.17	33.33	SiO ₂	100.00	0.36
Total		100.00		100.00		100.00	

3.4.3. TKN

Teknik dokümanda ürün, silan-siloksan esaslı, yapı elemanlarının yüzeylerine emprenye edilerek su itici özellik kazandıran, beyaz renkli malzemedir. Kuru ve temiz yüzeylere uygun rulo, fırça veya püskürtme makinesi ile uygulanması önerilmektedir. İki kat uygulanması ve 4 saat sonra ikinci kat uygulamaya geçilmesi tavsiye edilmektedir.

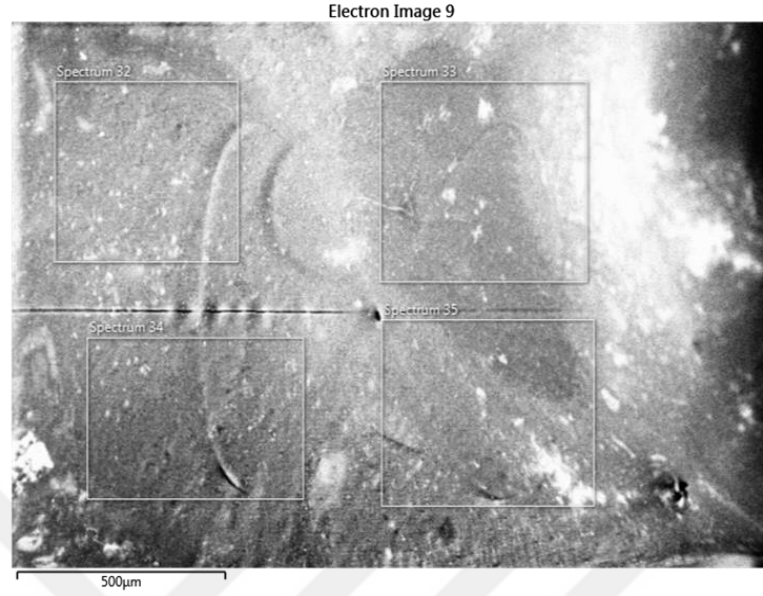


a)

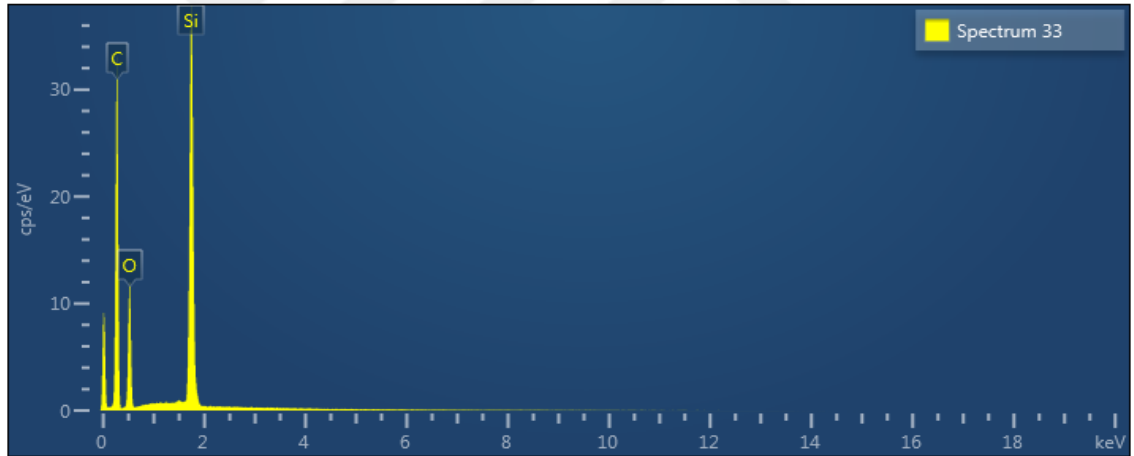


b)

Şekil 3.7: TKN örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.8: TKN (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



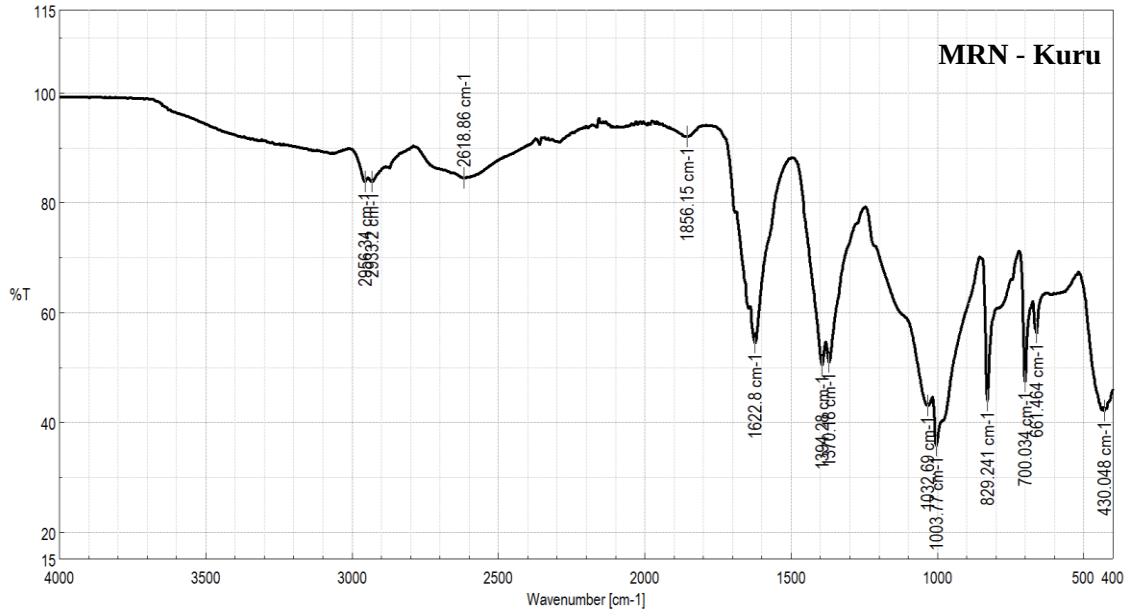
Şekil 3.9: TKN (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

Çizelge 3.4: TKN (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

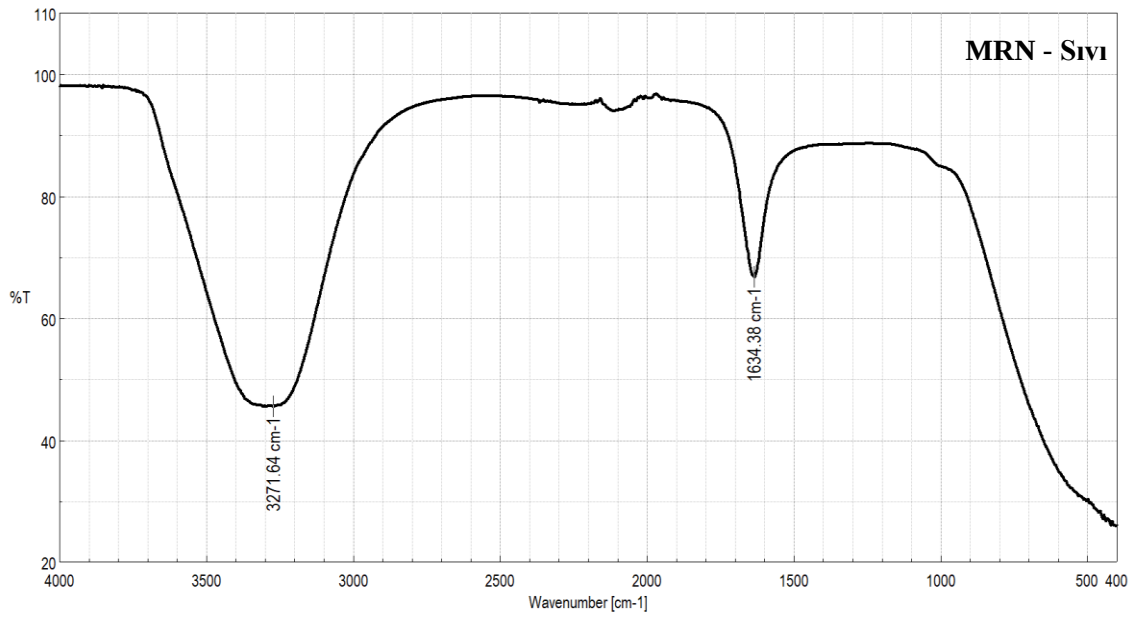
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	53.26	0.16	66.67			
Si	K series	46.74	0.16	33.33	SiO ₂	100.00	0.33
Total		100.00		100.00		100.00	

3.4.4. MRN

Teknik dokümanda ürün, silan-siloksan esaslı, yapı elemanlarının yüzeylerine emprenye edilerek su itici özellik kazandıran, beyaz renkli malzeme olarak tarif edilmektedir. Yüzey doygun hale gelene kadar fırça, rulo veya püskürtme tabancası ile uygulanması tavsiye edilmektedir.

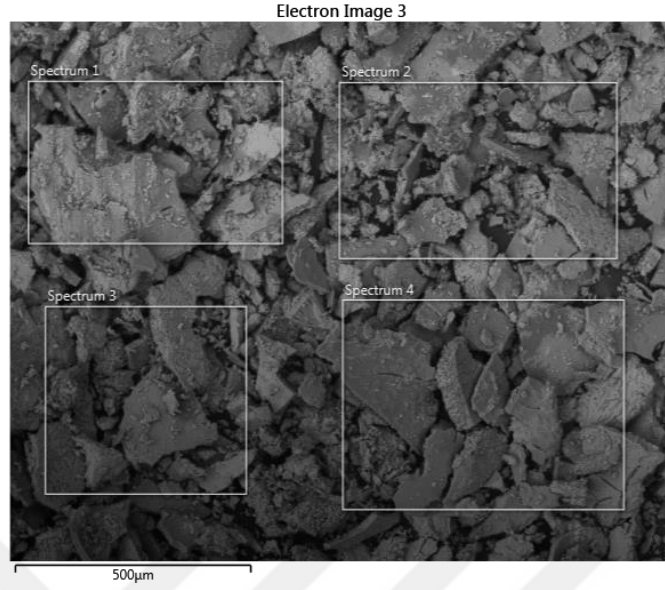


a)

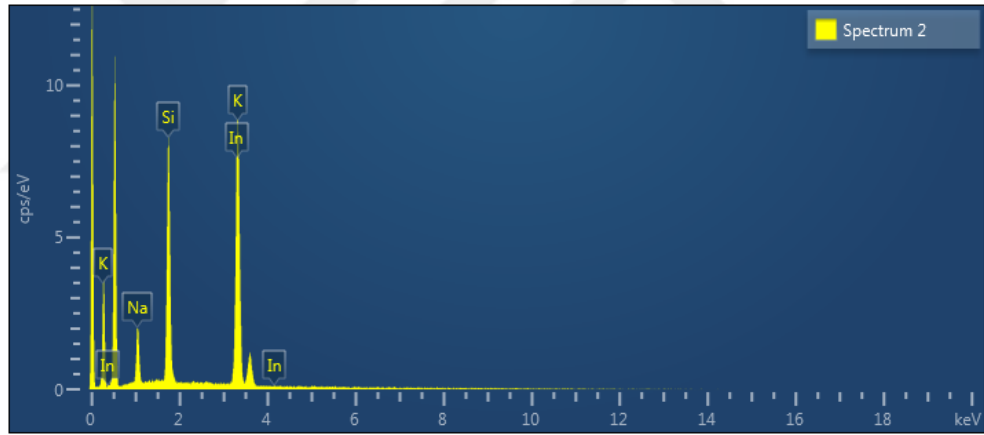


b)

Şekil 3.10: MRN örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.11: MRN (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



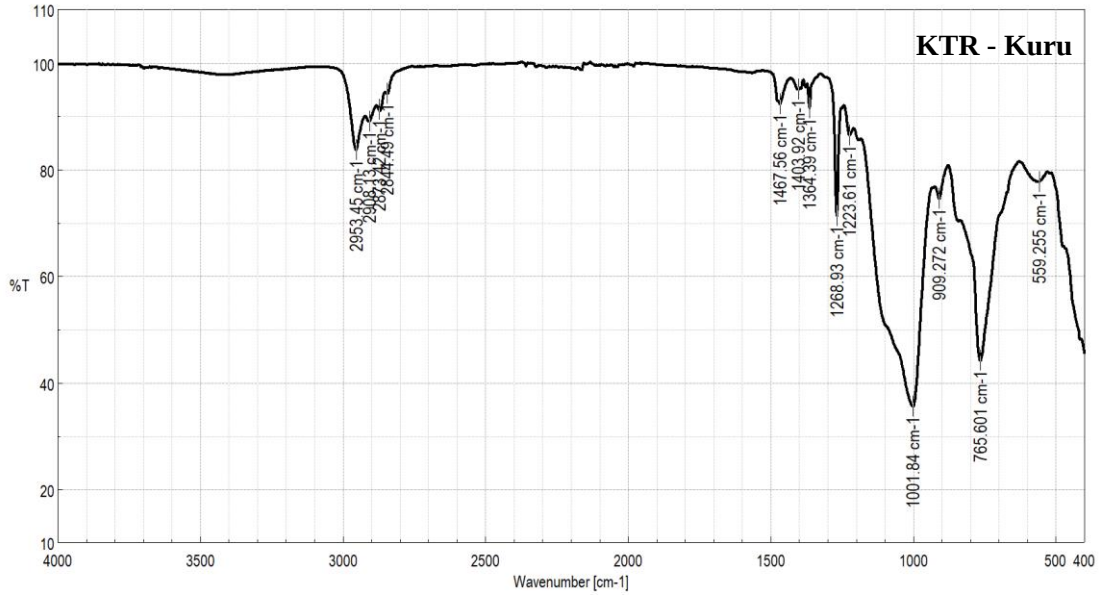
Şekil 3.12: MRN (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

Çizelge 3.5: MRN (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

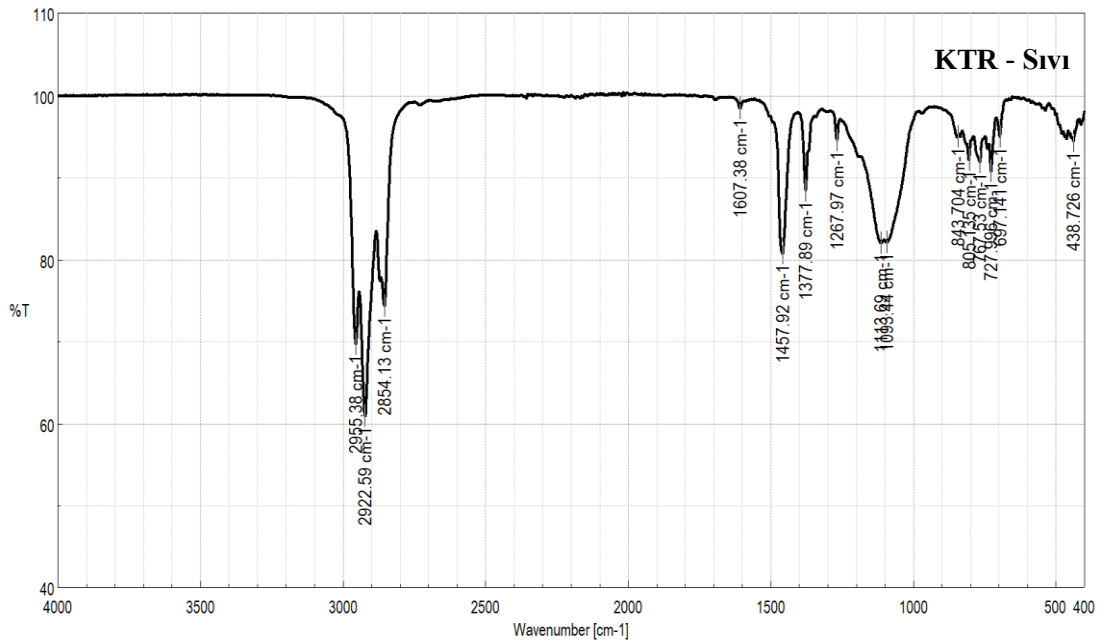
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	31.37	0.53	50.67			
Na	K series	5.54	0.21	6.23	Na ₂ O	7.47	0.28
Si	K series	17.66	0.31	16.24	SiO ₂	37.77	0.66
K	K series	38.18	0.54	25.23	K ₂ O	45.99	0.65
In	L series	7.25	0.88	1.63	In ₂ O ₃	8.77	1.07
Total		100.00		100.00		100.00	

3.4.5. KTR

Teknik dokümanda ürün, siloksan-solvent esaslı, uygulandığı dış cephelerin, görüntüsünü değiştirmeden, su geçirimsiz hale getiren şeffaf ve su itici (hidrofob) ürün olarak tarif edilmektedir. Uygulanan yukarıdan aşağıya doğru fırça veya püskürtücü ile yapılması önerilmektedir.

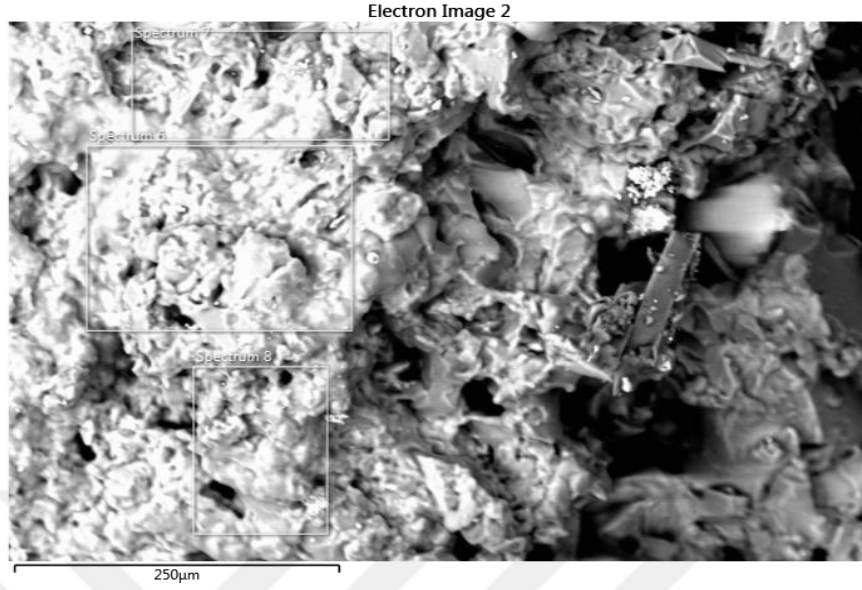


a)

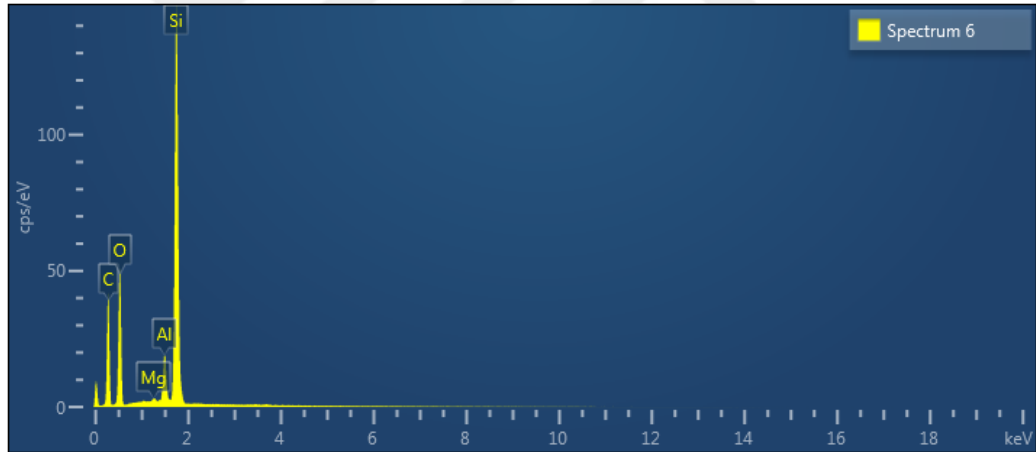


b)

Şekil 3.13: KTR örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.14: KTR (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



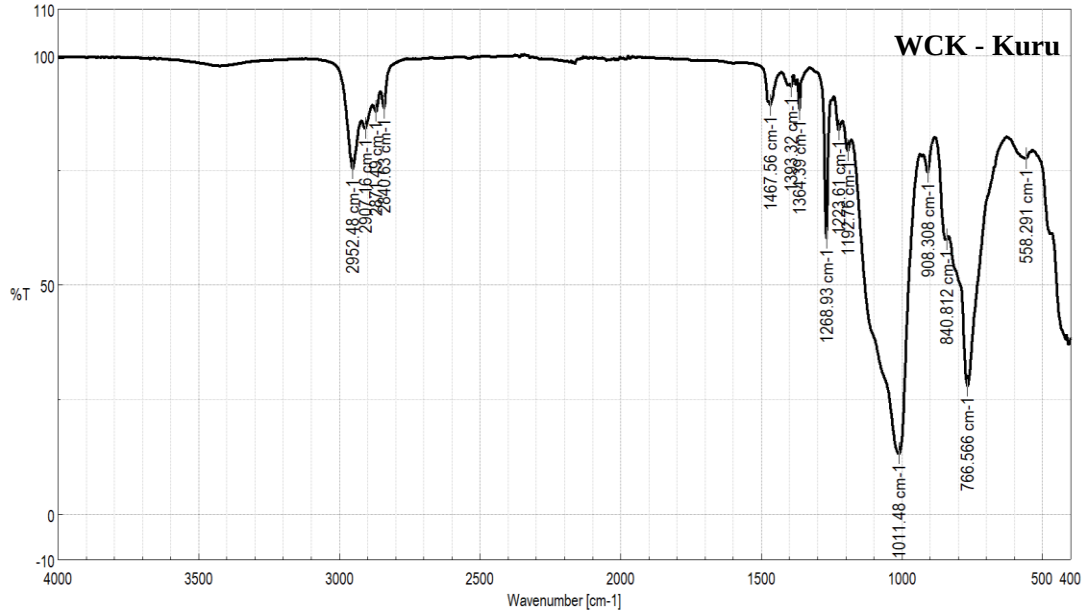
Şekil 3.15: KTR (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

Çizelge 3.6: KTR (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

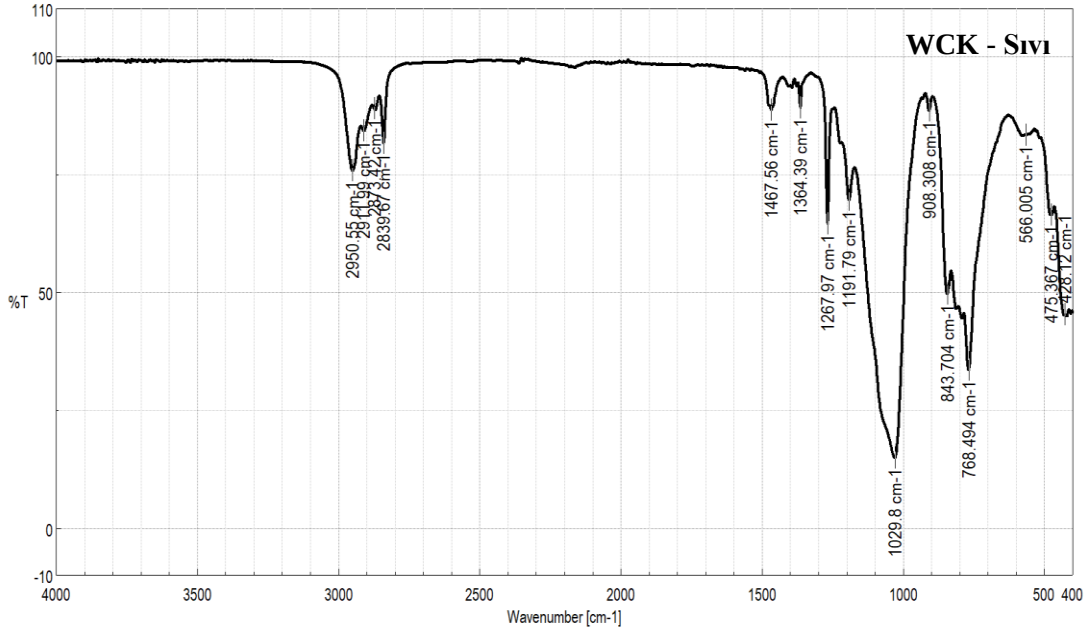
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	52.64	0.14	66.00			
Al	K series	4.64	0.07	3.45	Al ₂ O ₃	8.78	0.13
Si	K series	42.39	0.13	30.28	SiO ₂	90.69	0.28
Mg	K series	0.32	0.04	0.26	MgO	0.53	0.07
Total		100.00		100.00		100.00	

3.4.6. WCK

Teknik dokümanda ürün, silan-siloksan esaslı, uygulandığı dış cephelerin, görüntüsünü çok az değiştirerek, su geçirimsiz hale getiren şeffaf ve su itici (hidrofob) su yalıtımı ürünüdür. Uygulamanın fırça veya püskürtücü ile yapılması önerilmektedir.

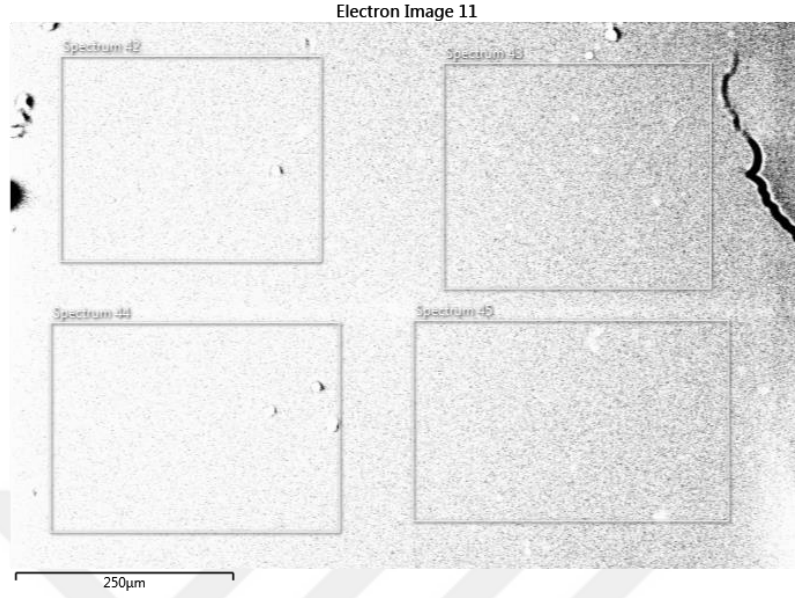


a)

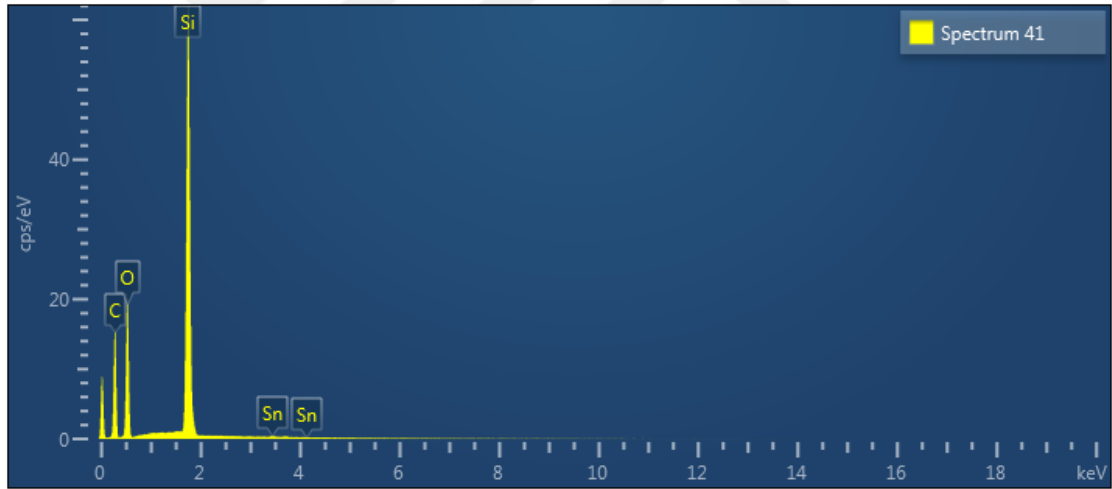


b)

Şekil 3.16: WCK örneğinin FTIR spektrumu, a) Kuru, b) Sıvı



Şekil 3.17: WCK (Kuru) örneğinin SEM görüntüsü



Şekil 3.18: WCK (Kuru) örneğinin EDX spektrumu

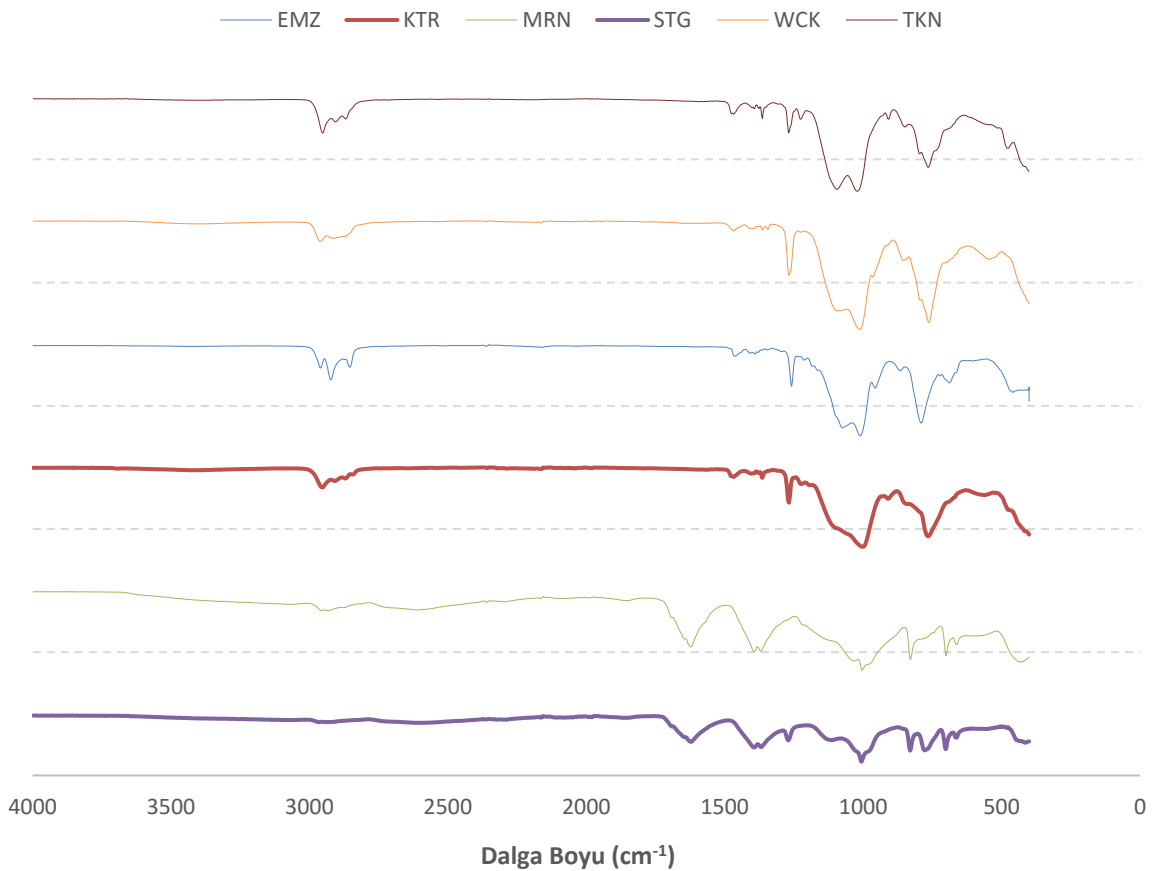
Çizelge 3.7: WCK (Kuru) örneğinin EDX analizinde tespit edilen element ve oksitler

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	53.01	0.15	66.67			
Si	K series	46.39	0.14	33.23	SiO ₂	99.24	0.31
Sn	L series	0.60	0.12	0.10	SnO ₂	0.76	0.15
Total		100.00		100.00		100.00	

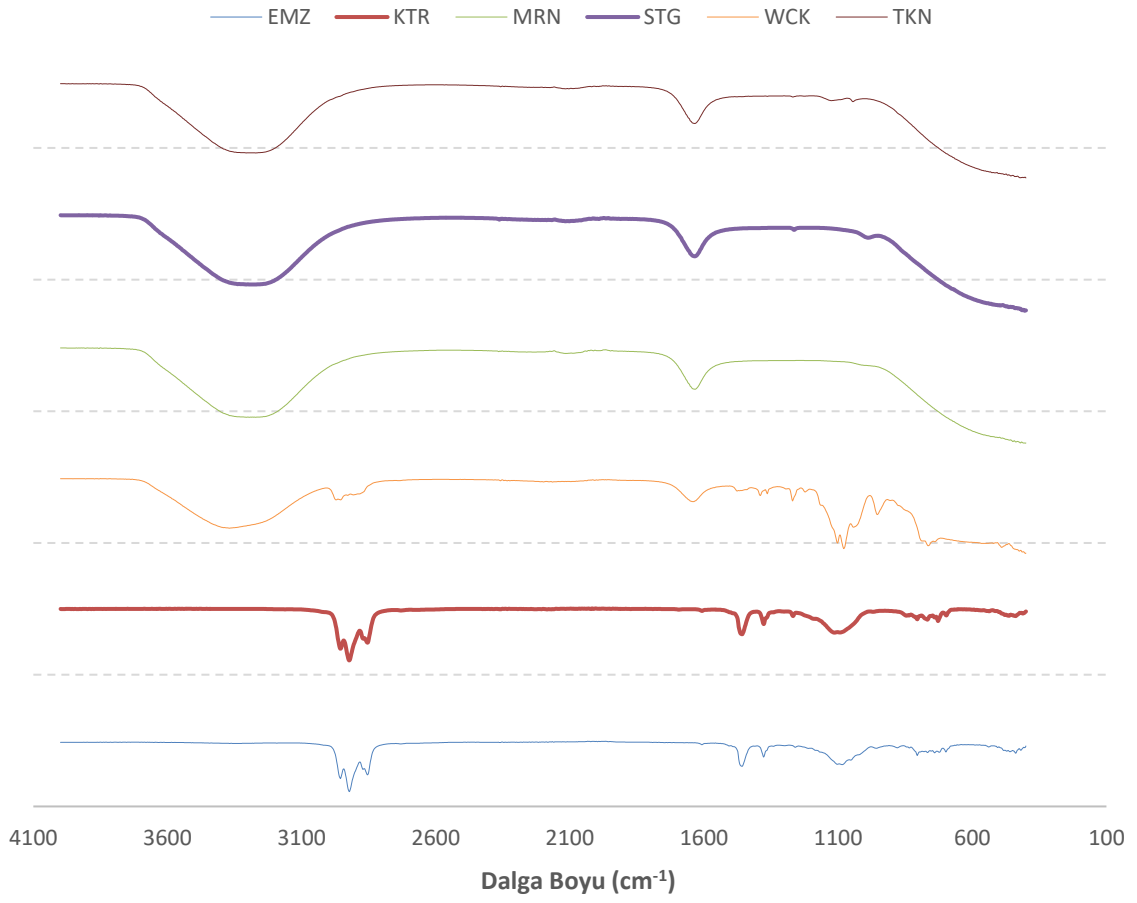
3.5. SU İTİCİLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Su itici malzemeler silan siloksan esaslı malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Silanlar, temel maddesi silikon hidrit ($\text{SiH}_4(\text{gaz})$) olan, hidrojen açığa çıkararak, temel sulu çözeltilerle tepkimeye giren malzemelerdir. Siloksan ise moleküllerinde $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ atom grubunu içeren kumtaşının temel bileşeni olan ve oksijen-silikon bağı dışında başka bir şey içermeyen saf silis dışındaki bütün maddelere **siloksan** denir (Acun Özgünler, 2007).

Su iticilere yapılan FTIR analizi sonucuna göre malzemeler genel olarak silisyum dioksit içermektedir (Şekil 3.19 ve 3.20, Çizelge 3.8). Ayrıca deney sonuçlarında az miktarda WS, PU ve TEMS kimyasalları bulunmaktadır. WS (White Spirit); petrol türevi organik çözücü olarak kullanılan berrak sıvıdır. PU (Poliürethan); su tutucu özelliğe sahip polimerdir. TEMS (Trimetoksisilan) ise silan bağlanmasını sağlayan silan birleştiricidir.



Şekil 3.19: Su itici malzemelerin (kuru) FTIR analizi karşılaştırması



Şekil 3.20: Su itici malzemelerin (sıvı) FTIR analizi karşılaştırması

Çizelge 3.8: Su itici malzemelerin SEM-EDX analiz sonuçlarının karşılaştırması

Oksit / Malzeme	STG	EMZ	TKN	MRN	KTR	WCK
SiO₂	60,50	100,00	100,00	37,77	90,69	99,24
K₂O	33,99	-	-	45,99	-	-
In₂O₃	5,50	-	-	8,77	-	-
Na₂O	-	-	-	7,47	-	-
Al₂O₃	-	-	-	-	8,78	-
MgO	-	-	-	-	0,53	-
SnO₂	-	-	-	-	-	0,76

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. AHLAT TAŞININ SU İTİCİ UYGULAMASI SONRASI ÖZELLİKLERİ

Bitlis' in Ahlat ilçesinde Ovakışla Köyü mevkiinde bulunan ocaktan alınan kırmızı-kahve renkli Ahlat taşı örneklerinin özelliklerini belirlemek için laboratuvar ortamında deneyler yapılmıştır. Ahlat taşına uygulanan deneyler; eskitme deneyleri, fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik özellikler olarak sınıflandırılmıştır. Bu bölümde üzerine su itici uygulanmış ve uygulanmamış taşlar üzerinde yapılan deneylerin yöntemleri, uygulanan standartlar ve deneylere ait sonuçlar verilmiştir.

4.1. ATMOSFER BASINCI ALTINDA AĞIRLIKÇA SU EMME

Deney TS EN 13755 (Doğal taşlar- Deney yöntemleri-Atmosfer basıncında su emme tayini) standardı kullanılarak yapılmıştır. Deneyde su itici kimyasal uygulanmamış ve farklı su itici uygulanmış 50x50x50mm küp numuneler kullanılmıştır. Numuneler sabit kütleye kadar kurutulup tartılmış ve su haznesi içerisindeki desteklerin üzerine yerleştirilmiştir. İlk olarak numune yüksekliklerinin yarısına kadar, 60 dakika sonunda su seviyesi deney numunesi yüksekliğinin ¾'üne ulaşınca kadar, 120 dakikada sonunda numune tamamen suya batınca kadar (20 ± 10) °C sıcaklıkta su ilave edilmiştir. Suda 48 saat bekletilen numuneler hızlı bir şekilde tartılarak tekrar suya konulmuş, 24 saatlik aralıklarla tartıma ve deney numuneleri, sabit bir kütleye ulaşınca kadar deneye devam edilmiştir. Doymuş deney numunesi kütlesinin (sabit kütleye elde edilen), kuru deney numunesi kütlesine oranı şeklinde yüzde olarak ifade edilir.

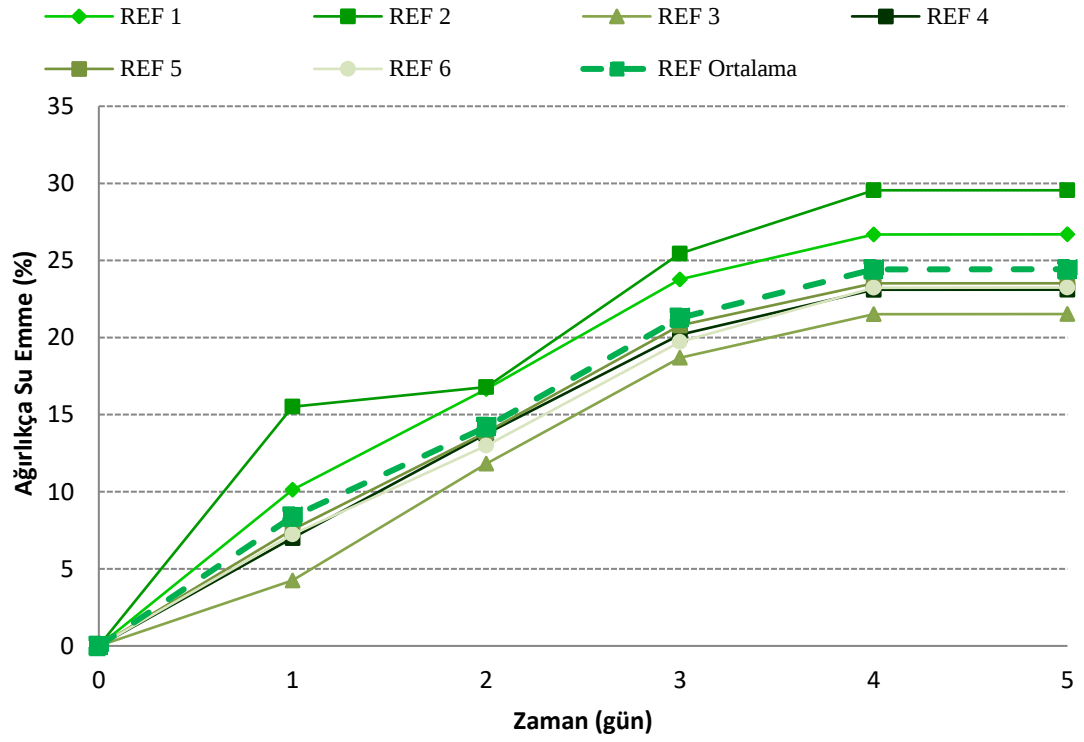
$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \cdot 100$$

m_d: Kuru örnek ağırlığı, (g)

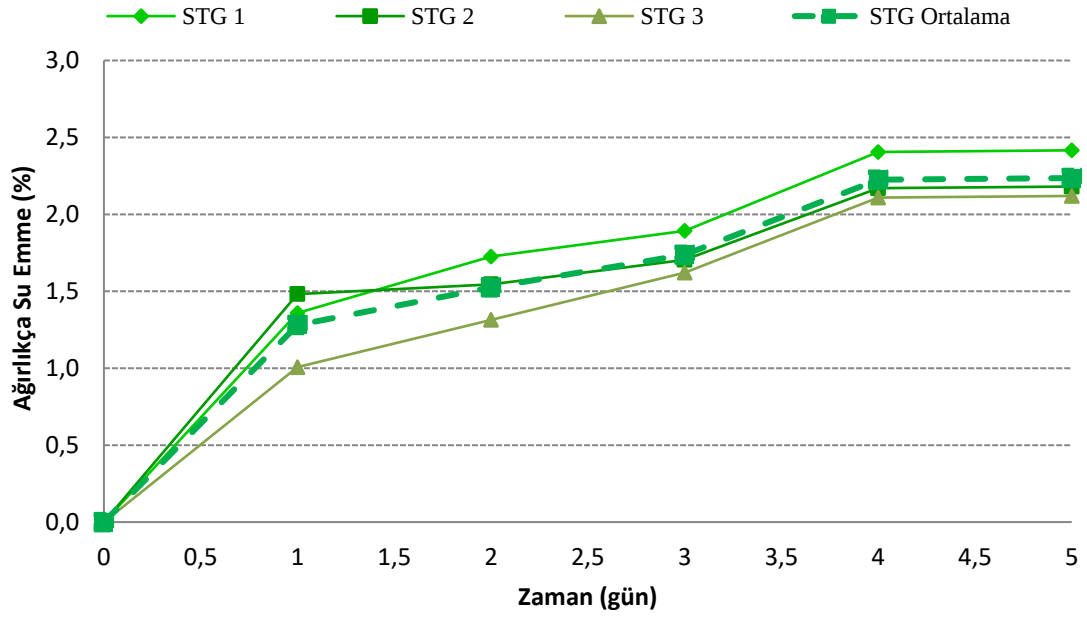
m_s: Doymuş örnek ağırlığı, (g)

A_b: su emme değeri

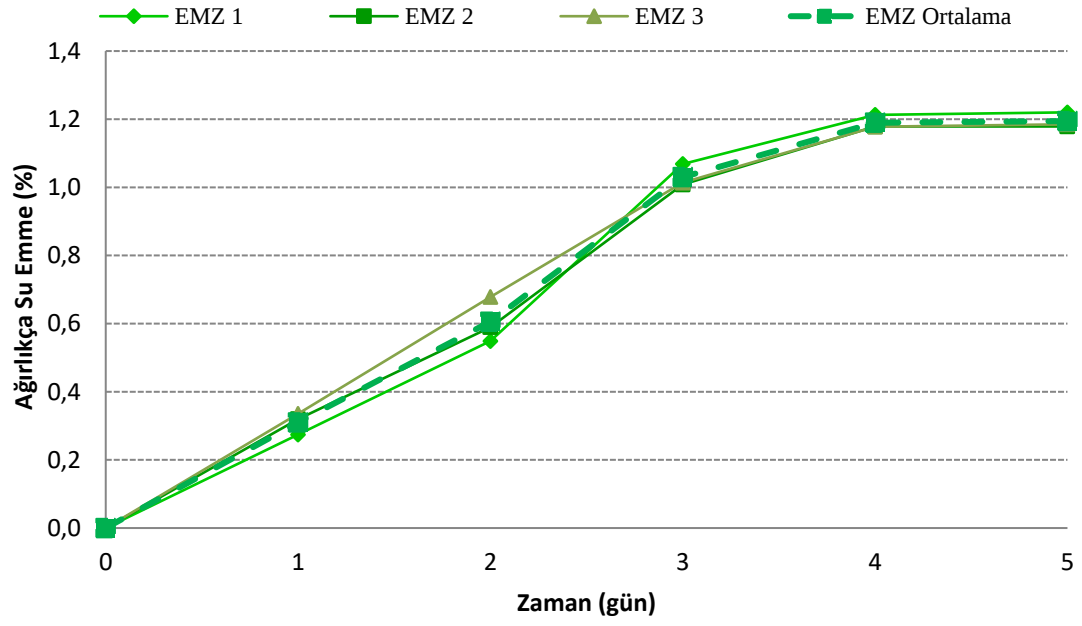
Ahlat taşına ait su itici uygulanmamış numunelere ait ağırlıkça su emme grafiği Şekil 4.1'de, su itici uygulanmış örneklerin grafikleri Şekil 4.2-4.7'de verilmiştir.



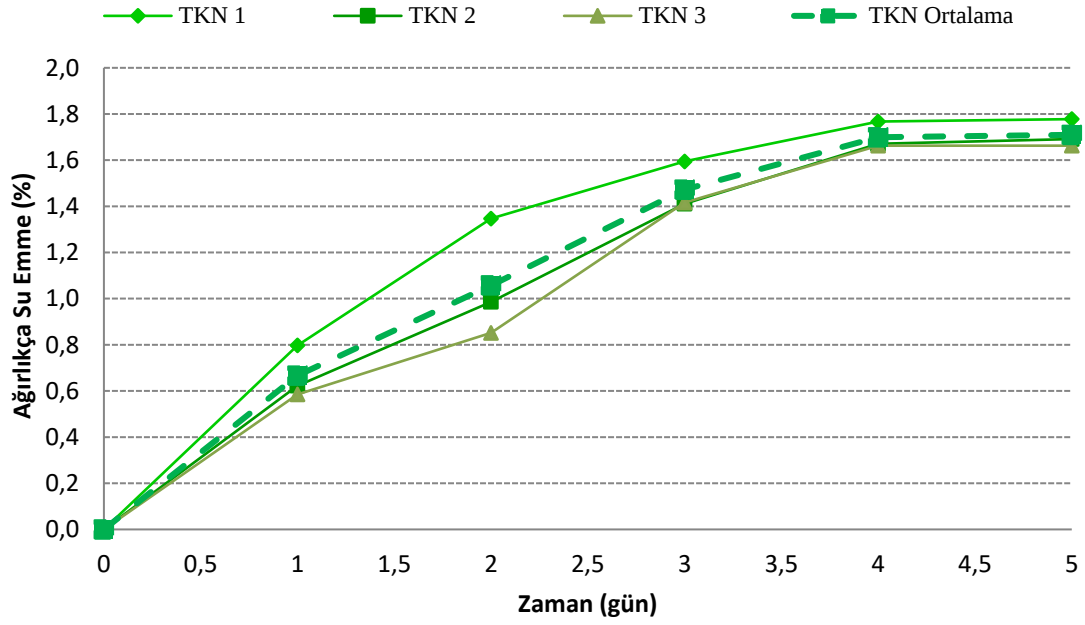
Şekil 4.1: Su itici uygulamadan önceki numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



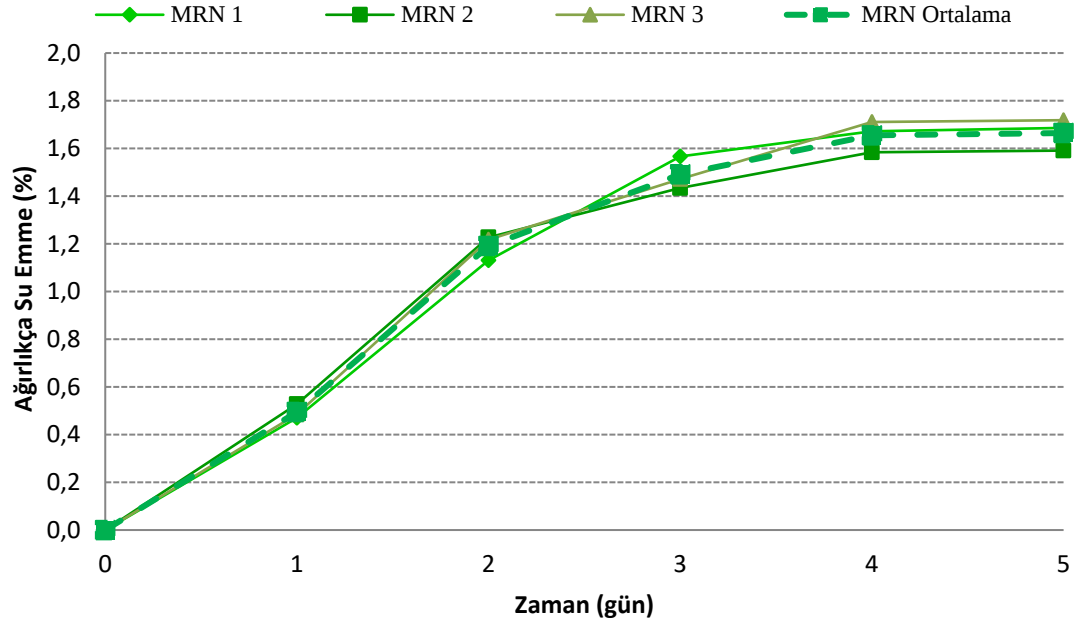
Şekil 4.2: STG su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



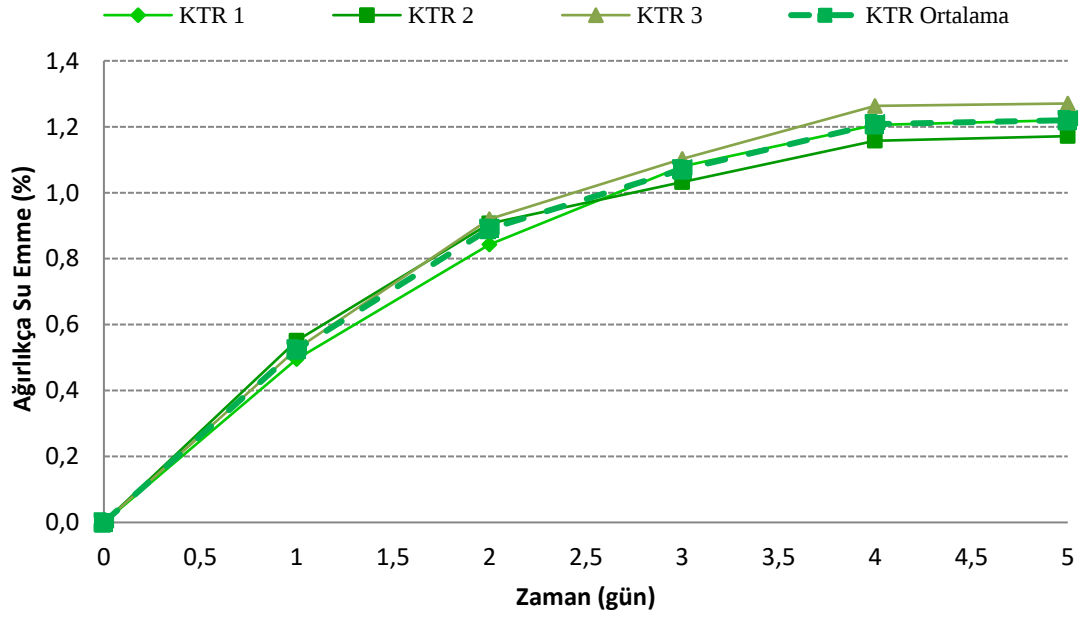
Şekil 4.3: EMZ su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



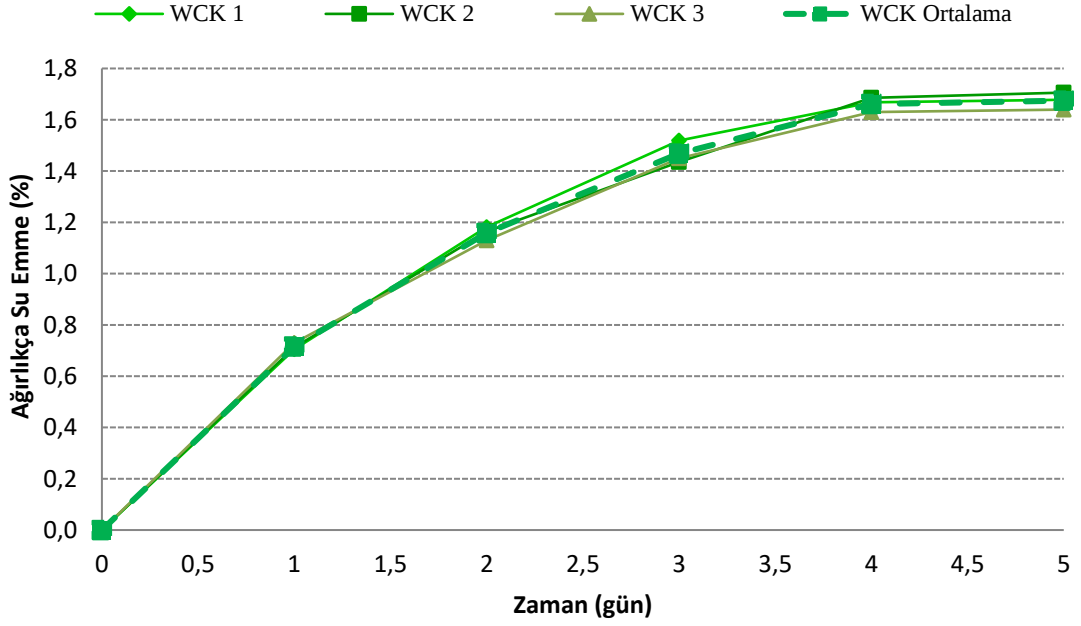
Şekil 4.4: TKN su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



Şekil 4.5: MRN su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



Şekil 4.6: KTR su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri



Şekil 4.7: WCK su itici uygulanmış numunelerin ağırlıkça su emme değerleri

4.2. KILCAL ETKİYE BAĞLI SU EMME TAYİNİ

Deney TS EN 1925 (Doğal taşlar - Deney metodları-Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini) standardı kullanılarak yapılmıştır. Deneyde su itici kimyasal uygulanmamış ve farklı su itici kimyasal uygulanmış 50x50x50mm küp numuneler kullanılmıştır. Deney numuneleri $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'da havalandırmalı etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve numuneler, $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ oda sıcaklığına erişinceye kadar bir desikatörde tutulmuştur. Sıcaklığın sabit olduğu ortamda deney numunelerinin altına mesnet(dayanak) görevi yapacak cam bagetler deney kabına yerleştirilmiş ve numuneler tabandan 3 ± 1 mm yükseklikte su içerisinde kalacak şekilde daldırılmıştır. Deney sırasında su seviyesi kontrol edilmiş ve azalma varsa su eklenerek sabit tutulmuştur. Yüksek su emme özelliğine sahip Ahlat taşının 1,3,5,10,15,30,60,480 ve 1440. dakikalardaki sudan çıkarılan numunelerin yüzeyindeki damlacıklar nemli bir bez yardımıyla taş yüzeylerinden uzaklaştırılır ve 0,01 g yaklaşımla tartılarak su emme miktarları belirlenmiştir. Belirlenen zamanlarda aynı işlem tekrarlanarak deney tamamlanır. Elde edilen değerler aşağıdaki formülde hesaplanır.

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

m_d : Kuru deney numunesinin kütlesi, g

m_i : Deney numunesinin deneydeki su emmiş kütlesi, g

A : Suya batırılmış yüzeyin alanı, m^2

t_i : Deney başlangıcından ardışık m_i kütlelerinin ölçüldüğü süreler, s

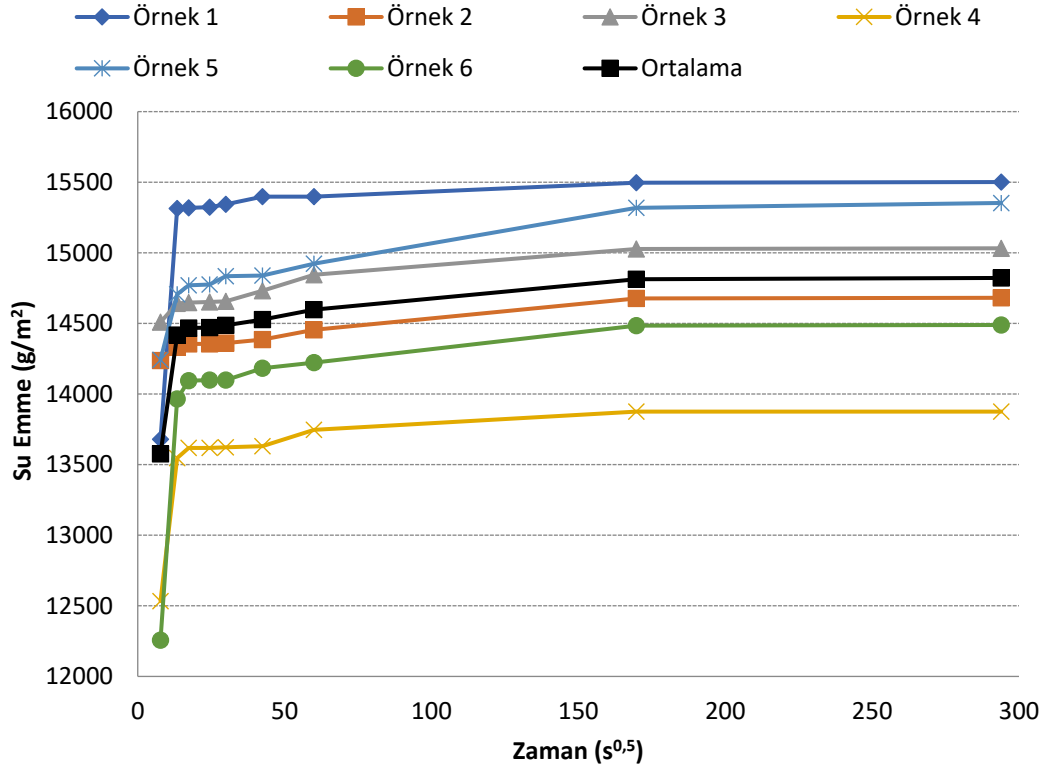
c_1 : Kayacın anizotropi düzlemlerine dik kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, $g/m^2.s^{0,5}$

c_2 : Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, $g/m^2.s^{0,5}$

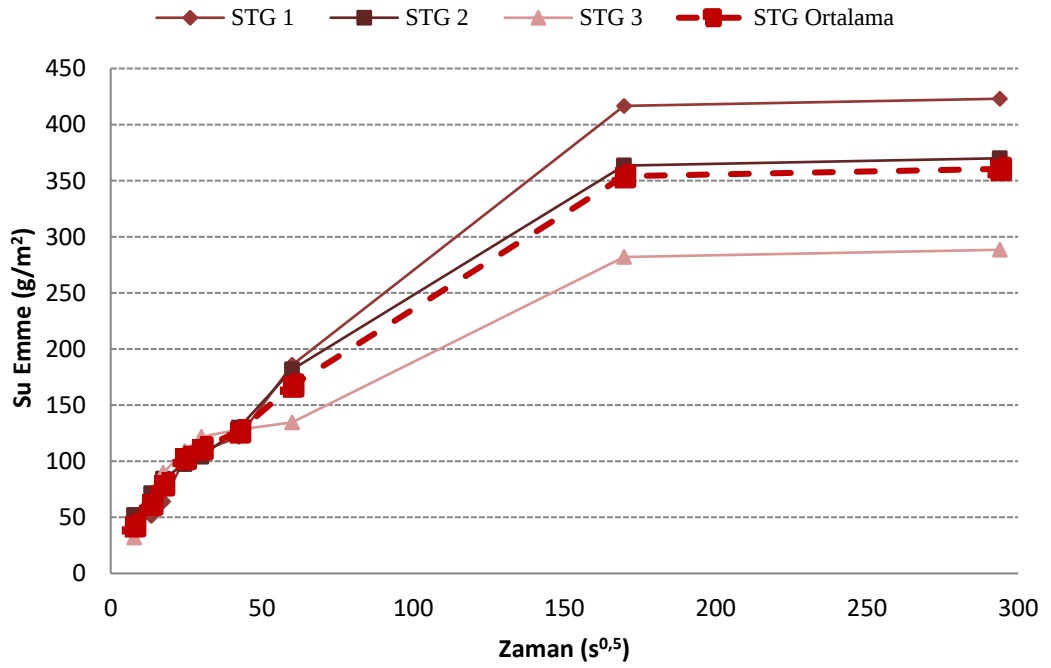
Deney görüntüsü Şekil 4.8’de verilmiştir. Ahlat taşına ait su itici uygulanmamış numunelere ait grafik Şekil 4.9’da, su itici uygulanmış örneklerin grafikleri Şekil 4.10-4.15’te verilmiştir.



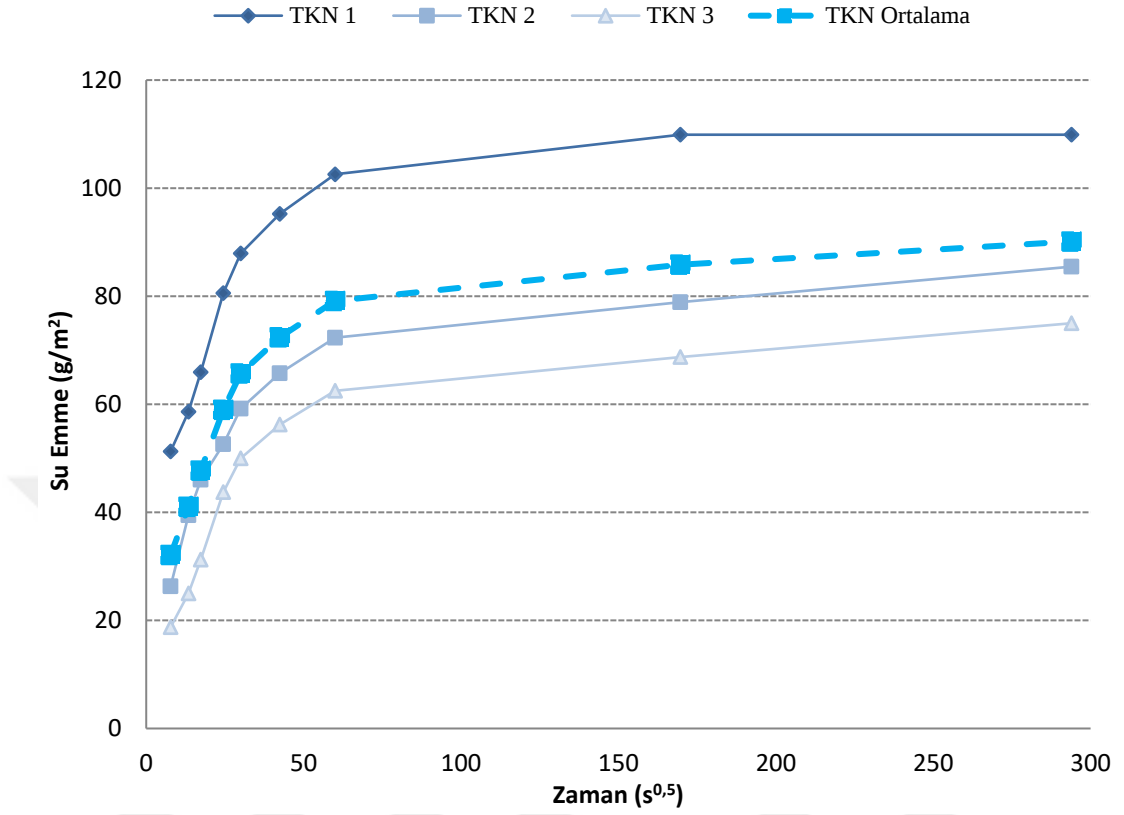
Şekil 4.8: Kılcal etkiye bağlı su emme için suda bekletilen numuneler



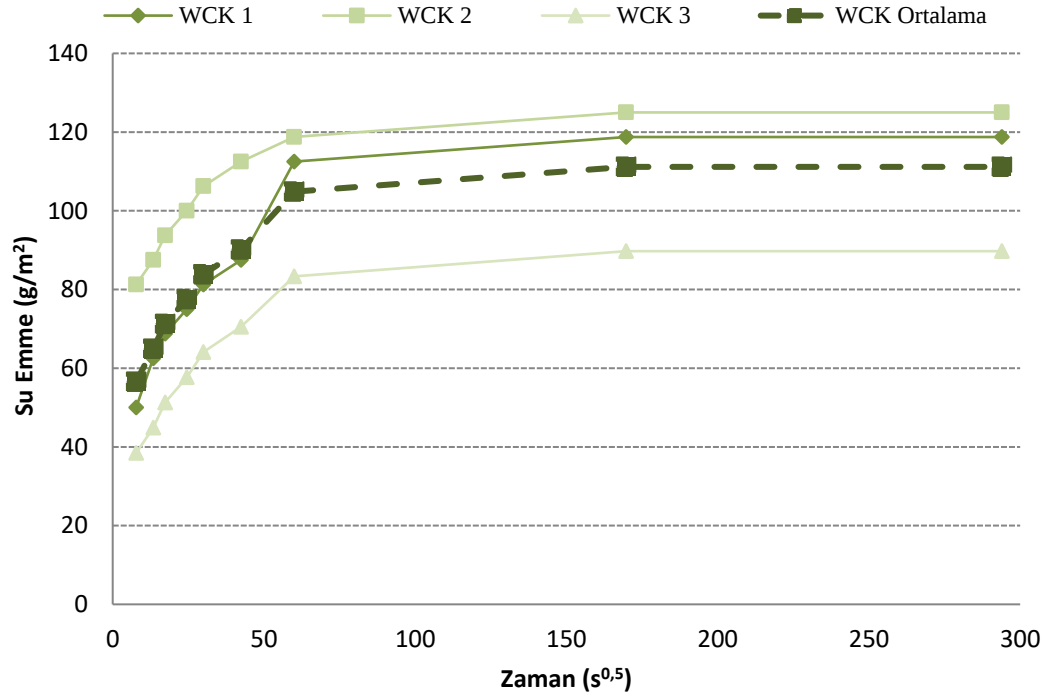
Şekil 4.9: Referans numunelerin kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



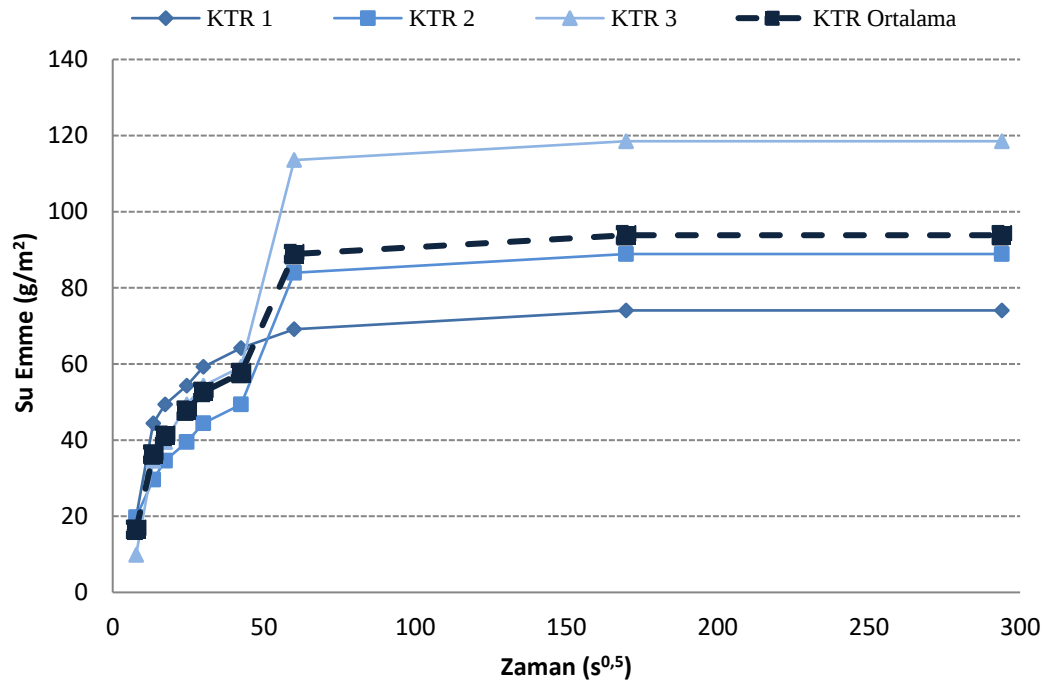
Şekil 4.10: STG su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



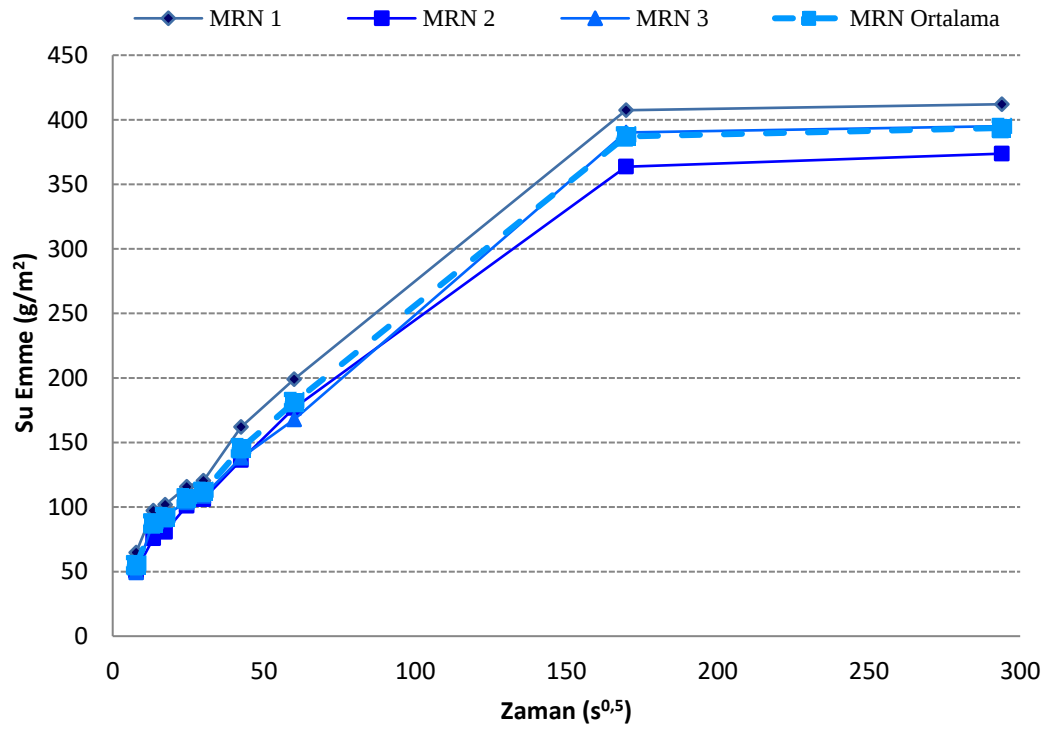
Şekil 4.11: TKN su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



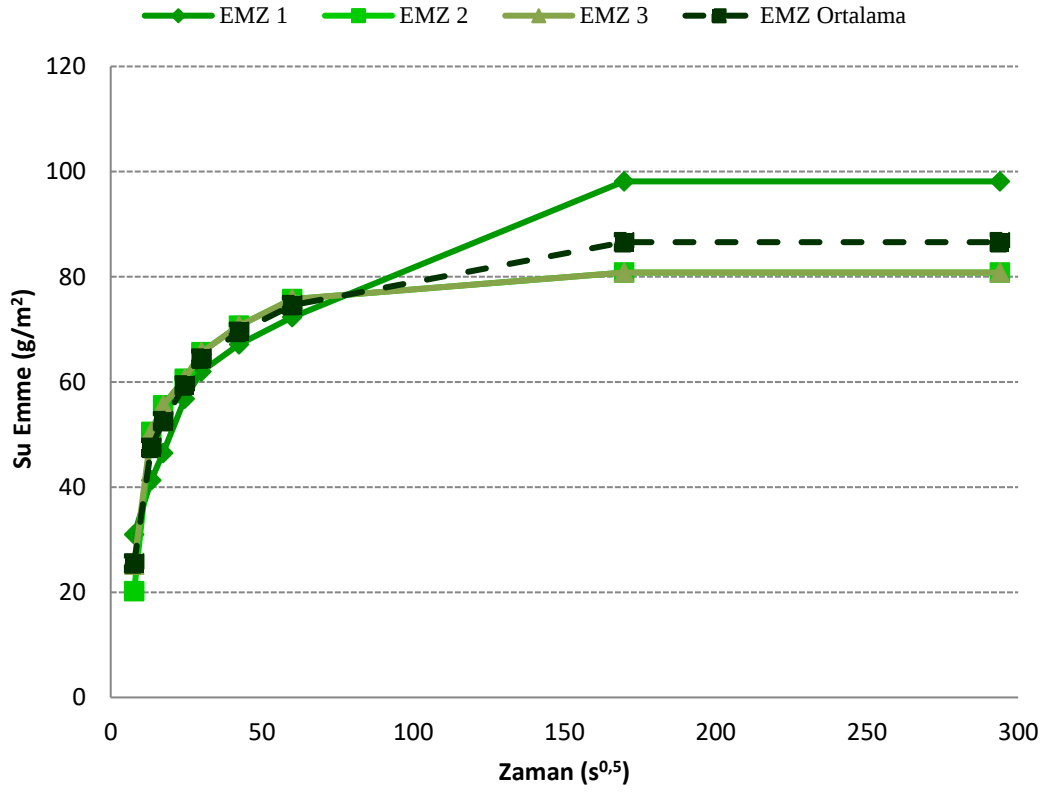
Şekil 4.12: WCK su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



Şekil 4.13: KTR su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



Şekil 4.14: MRN su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri



Şekil 4.15: EMZ su itici uygulaması sonrası kılcal etkiye bağlı su emme değerleri

4.3. SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ

Deney TS EN ISO 12572 (Su buharı iletim özelliklerinin tayini) standardı dikkate alınarak yapılmıştır. Bir santimetre kalınlığında ve 6 cm çaplı su itici kimyasal uygulanmamış ve farklı su itici uygulanmış dairesel numuneler hazırlanmıştır. Numuneler iklimlendirme kabininde 23 ± 5 °C sıcaklıkta, 50 ± 5 bağıl nemde bekletilmiştir. Deney kabının (kuru kap) içerisine nem çekici kalsiyum klorür (CaCl_2) 15 mm yükseklikte olacak şekilde konulmuş ve kabın ağzı deney numunesi ile sızdırmaz şekilde kapatılmıştır. Deney numunesi ile kap arasında kalan boşluklar geçirimsiz malzeme olan parafin ile doldurulmuştur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: Su buharı geçirgenliği deneyi için numunelerinin hazırlanması

Hazırlanan numune kapları tartılır ve sıcaklık ve nemin kontrol edildiği iklimlendirme kabineye yerleştirilmiştir (Şekil 4.17). Her gün aynı saatte 4 haneli hassas tartıda tartım yapılarak değişim belirlenmiştir. Deney düzeneği ile deney ortamı arasındaki su buharı zamanla deney numunesine geçer. Numunelerin ağırlığı kararlı duruma geldiğinde, su buharı geçirgenliği tayini için belirtilen yöntemle elde edilen değerler hesaplanmıştır.



Şekil 4.17: İklimlendirme kabini içerisindeki numuneler

Deney numunelerinde yapılan tartımlarla her bir numune için ağırlık değişimi:

$$*\Delta m_{1,2} = (m_2 - m_1) / (t_2 - t_1)$$

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

m_1 : Deney düzeneğinin t_1 anındaki ağırlığı (kg),

m_2 : Deney düzeneğinin t_2 anındaki ağırlığı (kg),

t_1 ve t_2 : Ardışık tartımlar arasındaki süre (s)

Deneyin başlangıç aşaması ve doğrusal olmayan kısmı hariç bırakılarak, ağırlık ve zaman arasındaki regresyon doğrusu hesaplanmaktadır. Bu doğrunun eğimi, kg/s cinsinden G 'yi (deney numunesinden geçen su buharının akışı) verir.

Su buharı akış yoğunluğu (g):

$$*g = G / A$$

A : Deney numunesinin etkiye maruz alanı (üst ve alt yüzey alanlarının aritmetik ortalaması) (m^2).

Su buharı geçişi (W),

$$*W = G / (A \cdot \Delta p_v)$$

Δp_v : Su buharı basınç farkı (Pa) (değeri deney süresince ölçülen sıcaklığın ve bağıl nemin ortalamasından hesaplanmalıdır)

Su buharı direnci (Z), su buharı geçişinin tersidir:

$$*Z = 1 / W$$

Su buharı geçirgenliği (δ),

$$\delta = W \cdot d$$

Su buharı geçirgenliği direnç faktörü (μ),

$$\mu = \delta_a / \delta$$

δ : su buharı özgeirgenliği (mg/m.h.Pa), δ_{hava} : havanın su buharı özgeirgenliği (deney sırasındaki ortalama barometrik basına bağlıdır).

Deney sonucunda nem çekici maddenin ($CaCl_2$), deney süresi boyunca çektiği nem ile sıvılaştığı görölmüşür (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Deney sonucunda sıvı hale gelen $CaCl_2$

Deney sonucunda elde edilen su buharı akışı, su akış yoğunluğu, su buharı geçişi, su buharı geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği direnç faktörü sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Su Buharı Akış Hızı ve Akış Yoğunluğu Sonuçları

<i>Örnek No</i>	<i>Su Buharı Akış Hızı (g/s)</i>	<i>Ortalama Su Buharı Akış Hızı (g/s)</i>	<i>Su Akış Yoğunluğu (g/m².s)</i>	<i>Ortalama Su Akış Yoğunluğu (g/m².s)</i>
Referans Numune	0,003229	0,004572	1,14266	1,617913
	0,005921		2,09513	
	0,004567		1,61595	
STG	0,000008	0,000008	0,00294	0,002916
	0,000007		0,00262	
	0,000009		0,00318	
EMZ	0,000010	0,000010	0,00343	0,003385
	0,000010		0,00353	
	0,000009		0,00320	
TKN	0,000007	0,000007	0,00238	0,002638
	0,000007		0,00250	
	0,000009		0,00303	
MRN	0,000011	0,000009	0,00375	0,003141
	0,000007		0,00250	
	0,000009		0,00318	
KTR	0,000008	0,000009	0,00291	0,003157
	0,000010		0,00343	
	0,000009		0,00313	
WCK	0,000005	0,000006	0,00168	0,002068
	0,000006		0,00220	
	0,000007		0,00232	

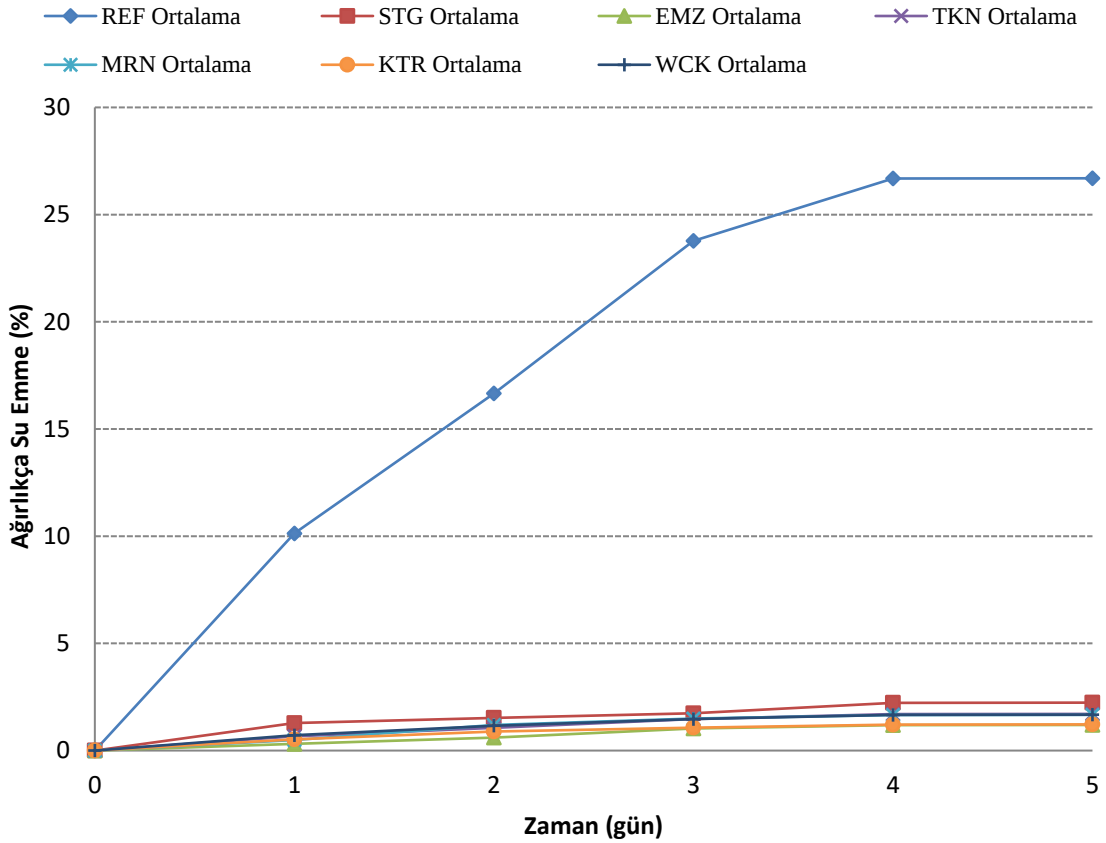
Çizelge 4.2: Su Buharı Geçişi, Su Buharı Geçirgenliği ve Su Buharı Direnç Faktörü

Örnek No	Su Buharı Geçisi (g/m ² .s.Pa)	Ortalama Su Buharı Geçisi (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
Referans Numune	0,0011277	0,0015968	0,000011277	0,000017031	9,809927	10,05996
	0,0020677		0,000020677		9,96972	
	0,0015948		0,000019138		10,40023	
STG	0,0000029	0,0000029	0,000000029	0,000000030	23,84544	22,41797
	0,0000026		0,000000026		23,29015	
	0,0000031		0,000000035		20,11832	
EMZ	0,0000034	0,0000033	0,000000030	0,000000031	13,27665	12,59702
	0,0000035		0,000000035		12,39588	
	0,0000032		0,000000028		12,11852	
TKN	0,0000024	0,0000026	0,000000026	0,000000028	21,48826	19,56205
	0,0000025		0,000000025		19,7661	
	0,0000030		0,000000033		17,43178	
MRN	0,0000037	0,0000031	0,000000037	0,000000033	17,36054	16,48894
	0,0000025		0,000000025		19,78662	
	0,0000031		0,000000038		12,31967	
KTR	0,0000029	0,0000031	0,000000035	0,000000033	14,82213	13,61431
	0,0000034		0,000000034		13,27665	
	0,0000031		0,000000031		12,74413	
WCK	0,0000017	0,0000020	0,000000018	0,000000021	27,64004	24,8663
	0,0000022		0,000000022		24,49634	
	0,0000023		0,000000023		22,46252	

4.4. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde Ahlat taşı üzerinde su itici uygulanmayan ve çeşitli su itici uygulaması yapılan numuneler üzerinde gerçekleştirilen ağırlıkça su emme ve kılcal etkiye bağlı su emme deneylerinin değerlendirilmesi sunulmuştur.

Su itici uygulanmamış numunelere ait ortalama ağırlıkça su emme değerinin %24,61 olduğu, STG su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %2,24, EMZ su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %1,19, TKN su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %1,71, MRN su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %1,67, KTR su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %1,22, WCK su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin %1,67 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu sonuçlar ışığında uygulanan tüm su iticilerin Ahlat taşı üzerindeki ağırlıkça su emme oranını oldukça düşürdüğü görülmüştür (Şekil 4.19).



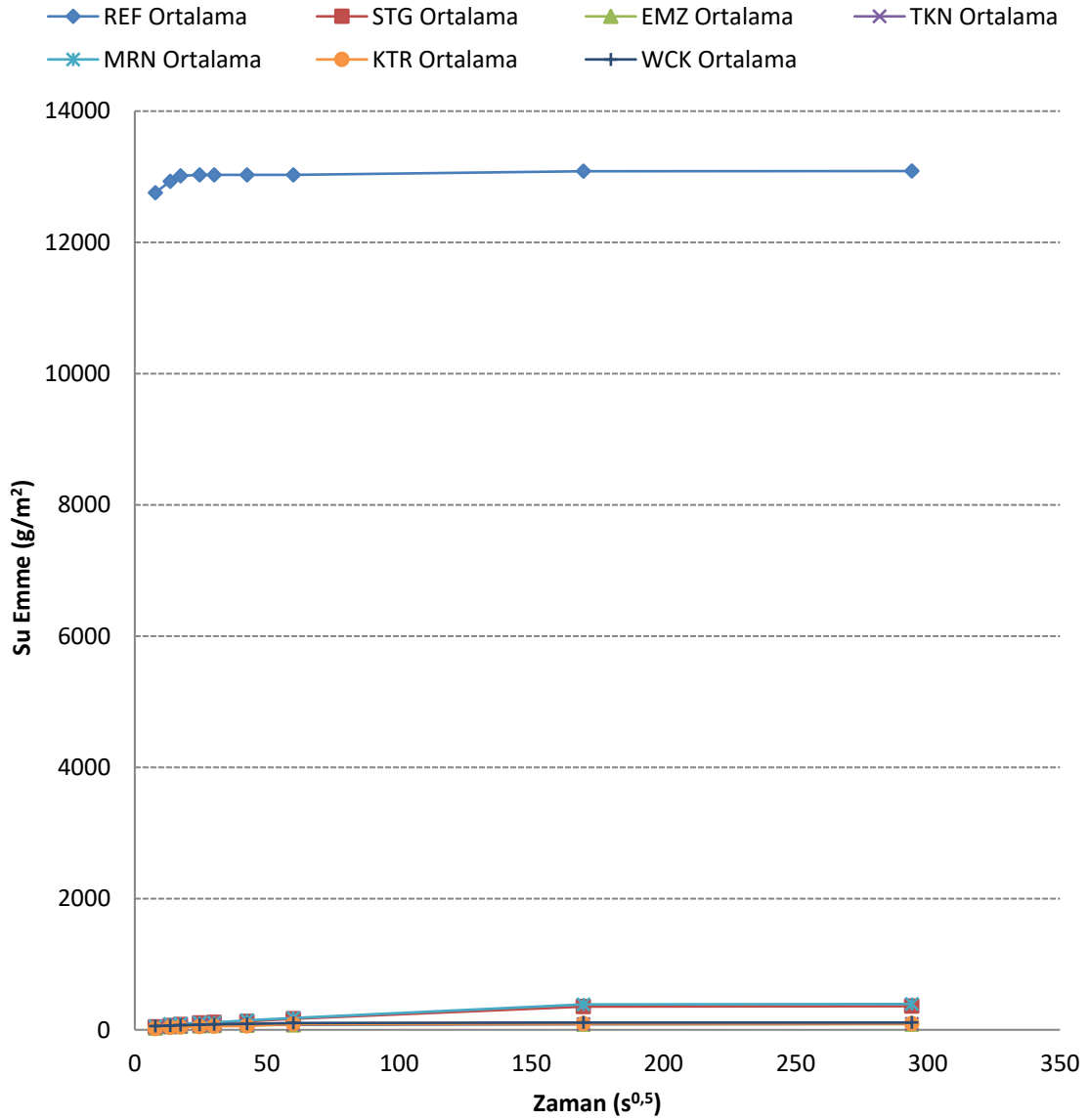
Şekil 4.19: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin su emme değerleri

Çizelge 4.3: Su itici uygulamadan önce ve sonraki su emme değerleri

<i>Örnek No</i>	<i>Ağırlıkça Su Emme (W_a) %</i>	<i>Ortalama Ağırlıkça Su Emme (W_a) %</i>	<i>% Fark</i>
REFERANS NUMUNE	26,69	24,61	-
	29,55		
	21,52		
	23,10		
	23,52		
	23,24		
STG	2,42	2,24	-90,90
	2,18		
	2,12		
EMZ	1,22	1,19	-95,16
	1,18		
	1,19		
TKN	1,78	1,71	-93,05
	1,69		
	1,66		
MRN	1,69	1,67	-93,21
	1,59		
	1,72		
KTR	1,22	1,22	-95,05
	1,17		
	1,27		
WCK	1,68	1,67	-93,21
	1,71		
	1,64		

İlgili sonuçlara göre su itici uygulanmamış numunelere ait ortalama kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı değerinin $606,622746 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$ olduğu, STG su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin $3,531117 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$, EMZ su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin $2,012924 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$, TKN su itici uygulanmış örnekler için ortalama değerin $2,043815 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$, MRN su itici

uygulanmış örneklerle ait ortalama değerin $4,118908 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$, KTR su itici uygulanmış örneklerle ait ortalama değerin $1,624050 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$, WCK su itici uygulanmış örneklerle ait ortalama değerin $3,014165 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$ olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Bu sonuçlar ışığında uygulanan tüm su iticilerin Ahlat taşı üzerindeki kılcal etkiye bağlı su emme katsayısını oldukça düşürdüğü görülmüştür (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin kılcal su emme ortalamaları

Çizelge 4.4: Su itici uygulamadan önceki ve sonraki numunelerin kılcallık katsayısı değerleri

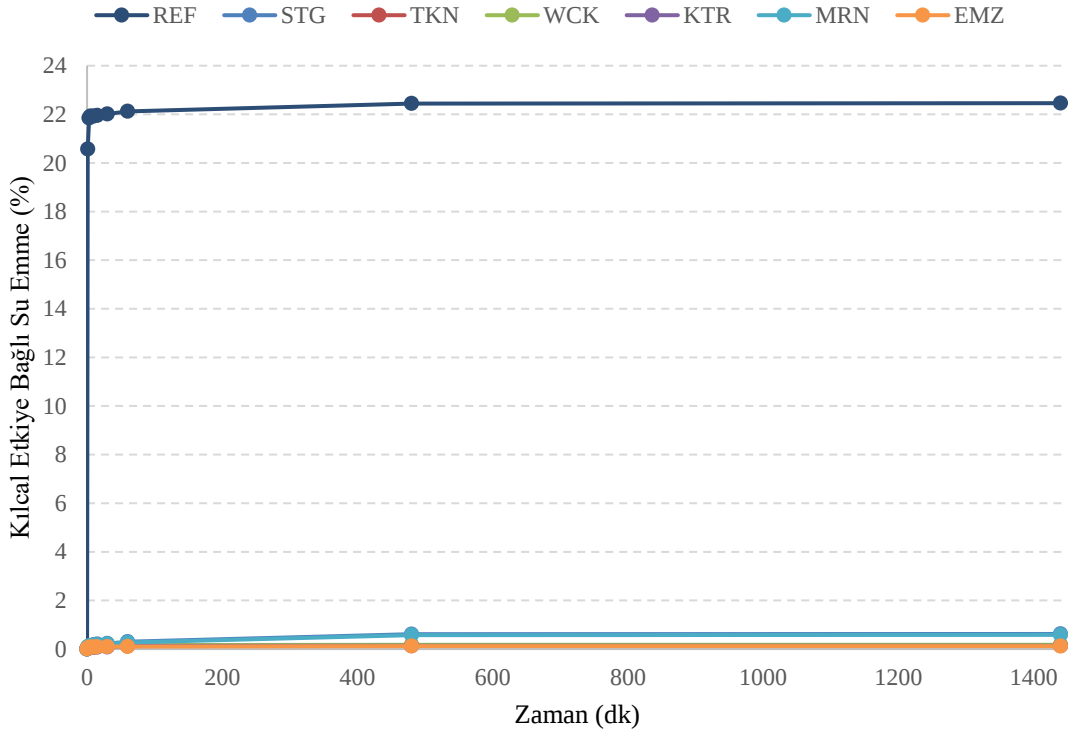
<i>Örnek No</i>	<i>Kılcallık Katsayısı (g/m².s^{0,5})</i>	<i>Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m².s^{0,5})</i>
REFERANS NUMUNE	632,487840	606,622746
	612,901659	
	625,674537	
	567,040351	
	625,134398	
	576,497693	
STG	3,444384	3,531117
	3,758463	
	3,390505	
EMZ	1,983422	2,012924
	1,991452	
	2,063898	
TKN	2,887941	2,043815
	1,846978	
	1,396526	
MRN	4,574615	4,118908
	3,785091	
	3,997018	
KTR	1,806753	1,624050
	1,470888	
	1,594508	
WCK	2,877117	3,014165
	3,982294	
	2,183082	

İlgili sonuçlara göre su itici uygulanmamış numunelere ait deney sonucundaki toplam kılcal etkiye bağlı su emme yüzdesi değerinin %22,46 olduğu, STG su itici uygulanmış örneklerle ait toplam değer %0,62, EMZ su itici uygulanmış örneklerle ait toplam değer %0,12, TKN su itici uygulanmış örneklerle ait toplam değer %0,14, MRN su itici uygulanmış örneklerle ait toplam değer %0,58, KTR su itici uygulanmış örneklerle ait toplam değer %0,14, WCK su itici uygulanmış örneklerle

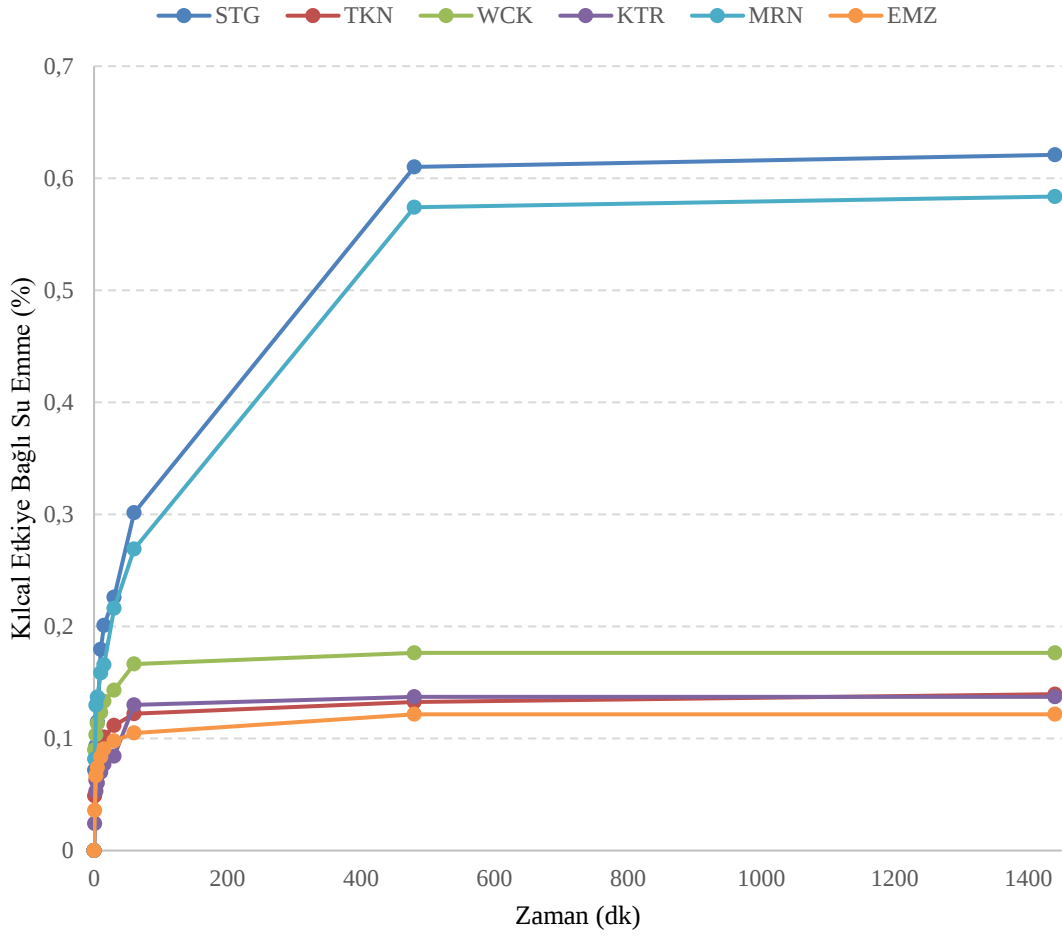
ait toplam değerin %0,18 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu değerlere ait değerlendirme grafikleri Şekil 4.21’de verilmiştir. Sadece su itici uygulanan örneklere ait grafiğin daha net görülmesi için ham örneğe ait verilerin çıkarılmış olduğu grafik Şekil 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.5: Su itici uygulaması öncesi ve sonrası kılcal su emme değerleri

Örnek No	Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme (%)									
Zaman (dk)	0	1	3	5	10	15	30	60	480	1440
REF	0	20,57	21,85	21,92	21,93	21,95	22,01	22,12	22,44	22,46
STG	0	0,07	0,09	0,11	0,18	0,20	0,23	0,30	0,61	0,62
TKN	0	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
WCK	0	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,17	0,18	0,18
KTR	0	0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,13	0,14	0,14
MRN	0	0,08	0,13	0,14	0,16	0,17	0,22	0,27	0,57	0,58
EMZ	0	0,04	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12

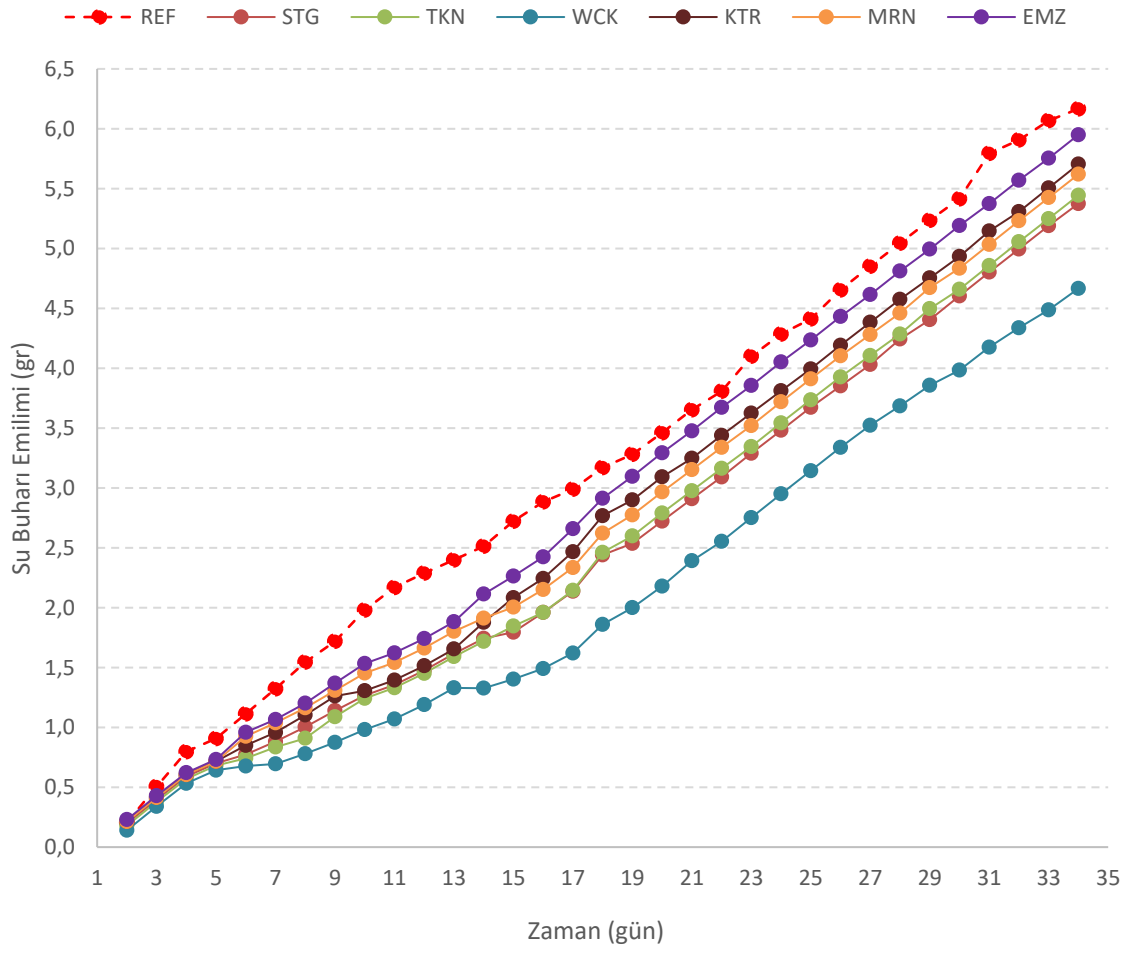


Şekil 4.21: Su itici uygulaması öncesi ve sonrası kılcal su emme değerleri (%)



Şekil 4.22: Su itici uygulanmış numunelerin kılcal su emme değerleri (%)

Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş olan su buharı geçirimliliği deneyi sonucunda örnekler için su buharı emilimi değerleri Şekil 4.23’de verilmiştir. Su itici uygulanmamış numunelere ait deney sonucundaki toplam su buharı emilimi değerinin %6,17 olduğu, STG su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %5,37, EMZ su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %5,95, TKN su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %5,44, MRN su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %5,62, KTR su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %5,70, WCK su itici uygulanmış örnekler için toplam değerin %4,67 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23: Su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde su buharı Emilimi

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SU İTİCİLERİN ETKİNLİĞİNİN İRDELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, su itici uygulanmış örnekler üzerinde tuz kristallenmesi etkisine dayanıklılık, nemli ortamda SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık ve renk analizleri yapılmış olup, yapılan analizlere ait değerlendirmeler verilmiştir.

5.1. TUZ KRİSTALLENMESİ ETKİSİNE DAYANIKLILIK

Deney, TS EN 12370 (Doğal Taşlar- Deney Metotları- Tuz kristallenmesine direncin tayini) standardına göre 40x40x40 mm küp numunelerle yapılmıştır. Numuneler sabit kütleye gelene kadar 105 °C etüvde kurutulmuş, 250 ml kaplara, kapla numune arasında en az 20 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sonra hazırlanan %14'lük sodyumsülfatdekahidrat (Na₂SO₄.10H₂O) çözeltisi numune üzerini 8 mm örtecek şekilde doldurulmuş ve buharlaşmayı azaltmak için ağzı kapatılmıştır. İki saat çözelti içerisinde bekleyen numuneler alınıp etüvde kurutulmuştur. Kurutmanın ilk zamanlarında yüksek bağıl nemlilik sağlayacak tarzda ve numunelerin sıcaklığını 10 saatten az 15 saatten fazla olmayan bir süre içerisinde (105 ± 5)⁰C'a yükseltecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Başlangıçtaki yüksek bağıl nem, soğuk etüve su dolu bir kap yerleştirerek numuneleri koymadan önce 30 dakika süreyle ısıtıcıyı çalıştırarak elde edilebilir. Numuneler en az 16 saat etüvde kalır ve çıkarıldığında desikatörde bekletilerek oda sıcaklığına gelmesi beklenir, sonra çözeltiye daldırılıp 15 kez bu döngü tekrar edilir. 15. işlem sonunda etüvden alınan numuneler 23 °C suda 24 saat bekletilir. Bekletilen numuneler çeşme suyunda yıkanır. Örnekler yıkandıktan sonra kuruması için etüve konulur ve sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Deneyle ilgili kaydedilen değerler standartta belirtilen formülde yerine konarak hesaplamalar yapılmıştır.

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

M_d: Kuru deney numunesinin kütlesi, gr

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

M_f: Onbeşinci işlemde sonra kuru deney numunesinin kütlesi; g

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

Bu deney su itici uygulanmış ve uygulanmamış numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olup ilgili sonuçlar Çizelge 5.1’de verilmiştir.

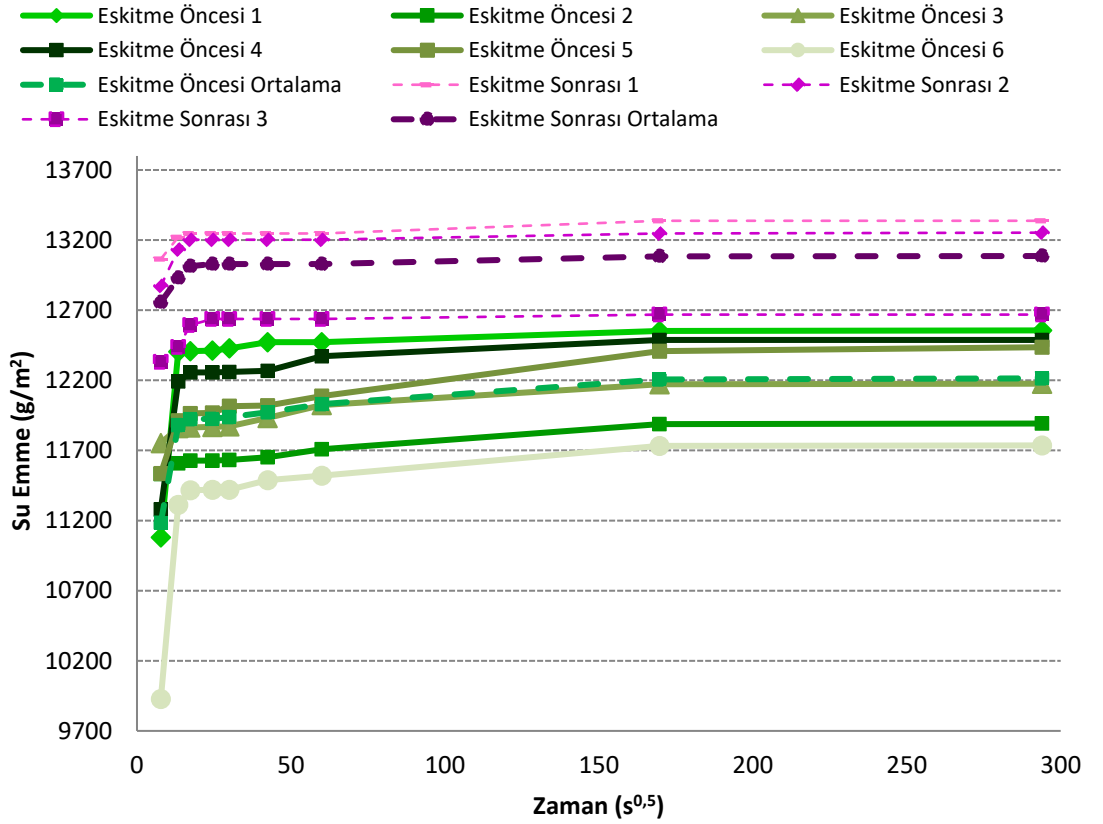
Çizelge 5.1: Tuz kristallenme direnci deneyi sonuçları

<i>Örnek No</i>	<i>Deney Öncesi Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>15. Çevrim Sonrası Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>Bağlı Kütle Farkı (%)</i>	<i>Ortalama Bağlı Kütle Farkı (%)</i>
REFERANS NUMUNE	98,56	98,48	0,08	0,08
	97,29	97,22	0,07	
	99,35	99,27	0,08	
STG	96,48	96,34	0,15	0,15
	99,41	99,29	0,12	
	94,56	94,39	0,18	
EMZ	98,51	98,48	0,03	0,03
	97,25	97,24	0,01	
	94,90	94,85	0,05	
TKN	94,33	94,30	0,03	0,06
	94,85	94,81	0,04	
	99,10	99,00	0,10	
MRN	93,50	93,34	0,17	0,15
	94,67	94,57	0,11	
	93,60	93,45	0,16	
KTR	90,06	89,92	0,16	0,10
	94,00	93,96	0,04	
	91,33	91,23	0,11	
WCK	96,70	96,62	0,08	0,12
	101,16	101,03	0,13	
	98,79	98,65	0,14	

Tuz kristallenmesi direncine bağlı eskitme deneyi gerçekleştirilmeden önce ve gerçekleştirildikten sonra referans numune ve su itici uygulanmış taşlar üzerinde kılcal etkiye bağlı su emme deneyi ile ağırlıkça su emme deneyi yapılmış olup, ilgili deney sonuçları Çizelge 5.2-5.15’te ve Şekil 5.1-5.14’te verilmiştir.

Çizelge 5.2: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
Referans Numune (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	632,487840	606,622746
	612,901659	
	625,674537	
	567,040351	
	625,134398	
	576,497693	
Referans Numune (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	553,587328	545,263832
	546,862037	
	535,342131	

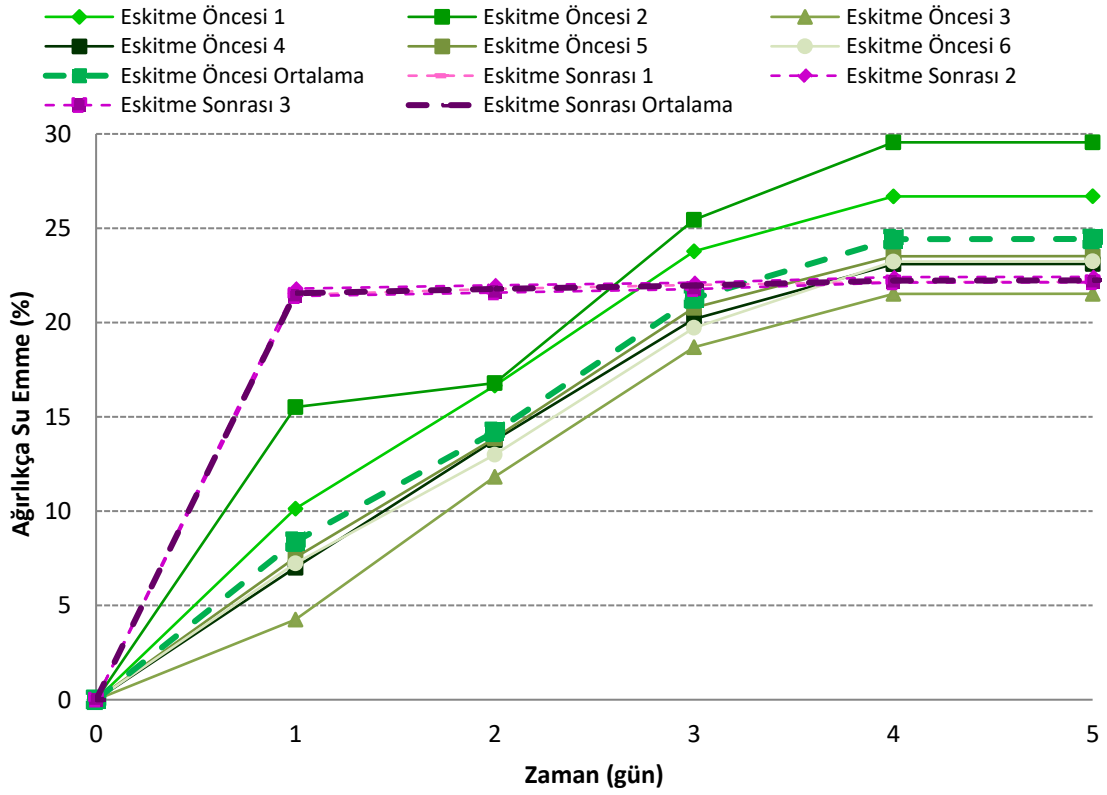


Şekil 5.1: Referans Numune Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.3: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası

Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

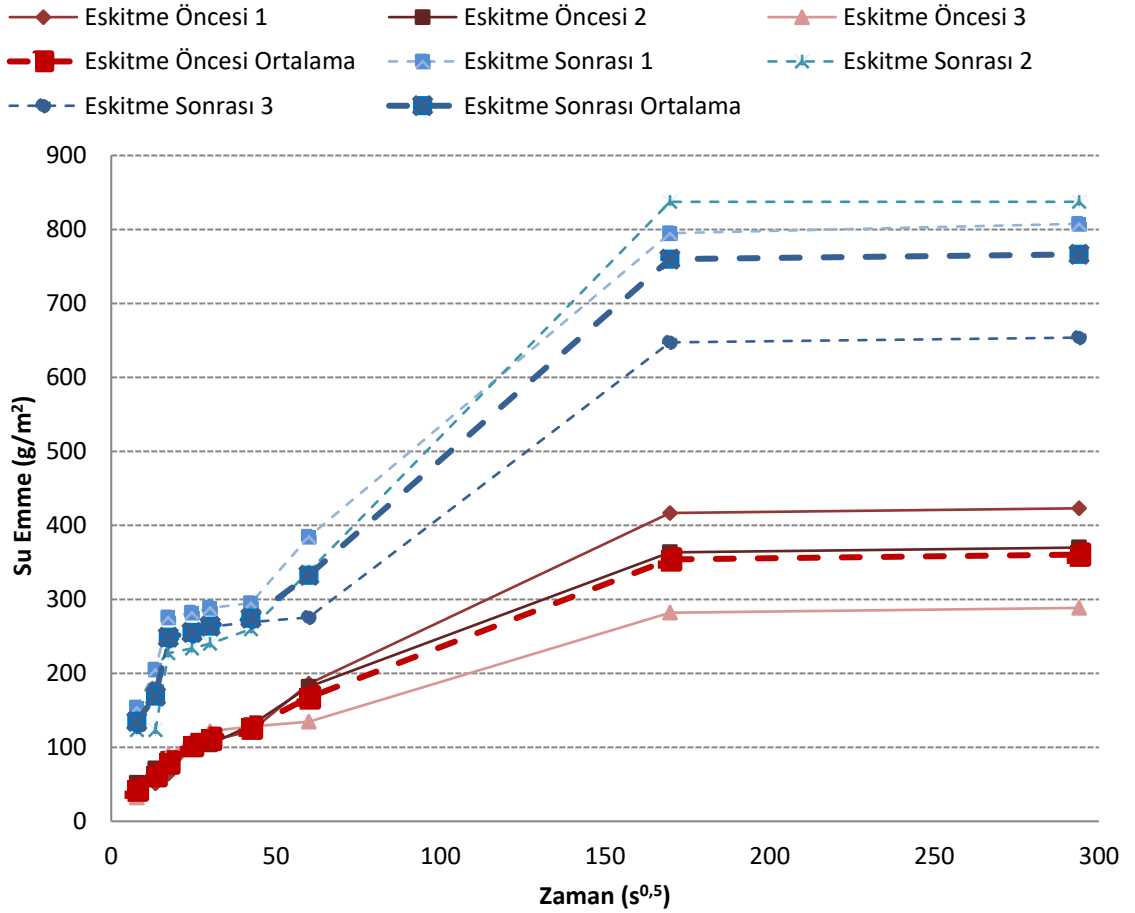
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
Referans Numune (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	26,69	24,61
	29,55	
	21,52	
	23,10	
	23,52	
	23,24	
Referans Numune (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	22,16	22,24
	22,42	
	22,13	



Şekil 5.2: Referans Numuneye Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.4: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

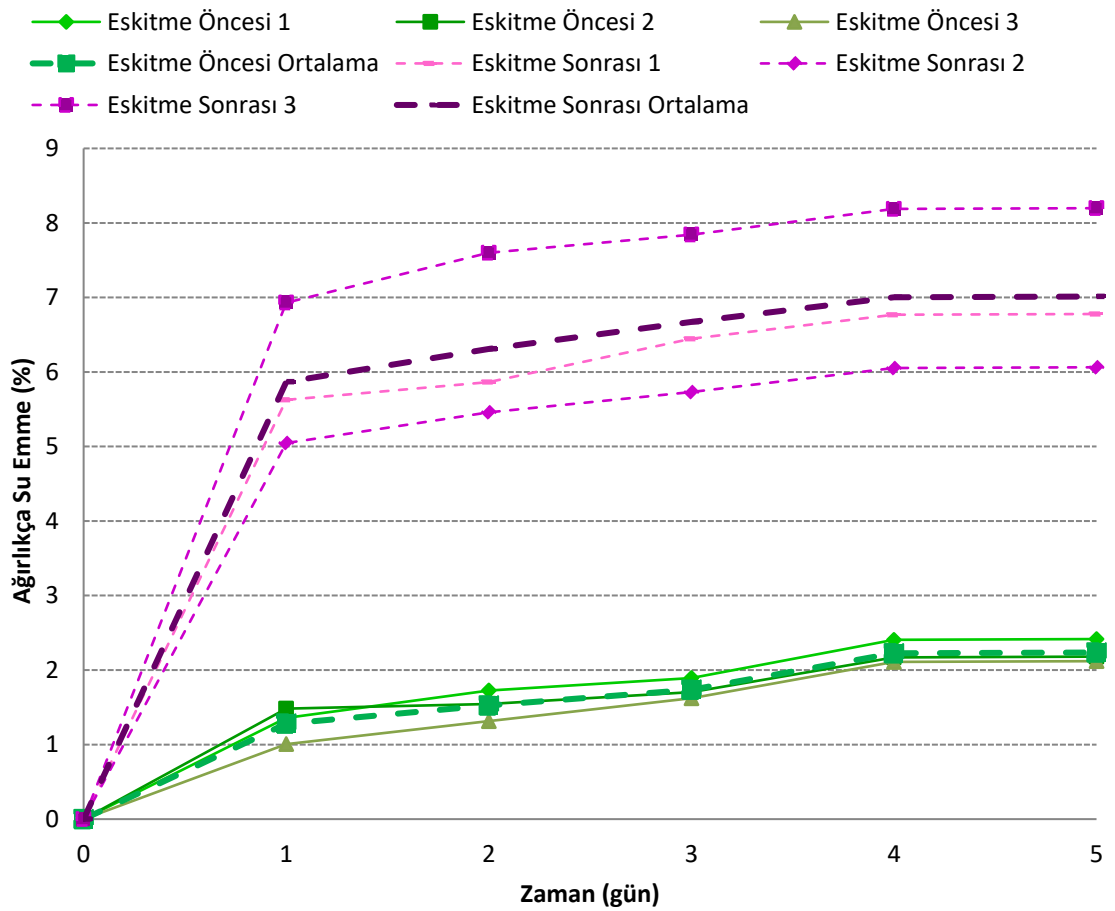
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
STG (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	3,444384	3,531117
	3,758463	
	3,390505	
STG (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	10,331904	8,669937
	8,367631	
	7,310277	



Şekil 5.3: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.5: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

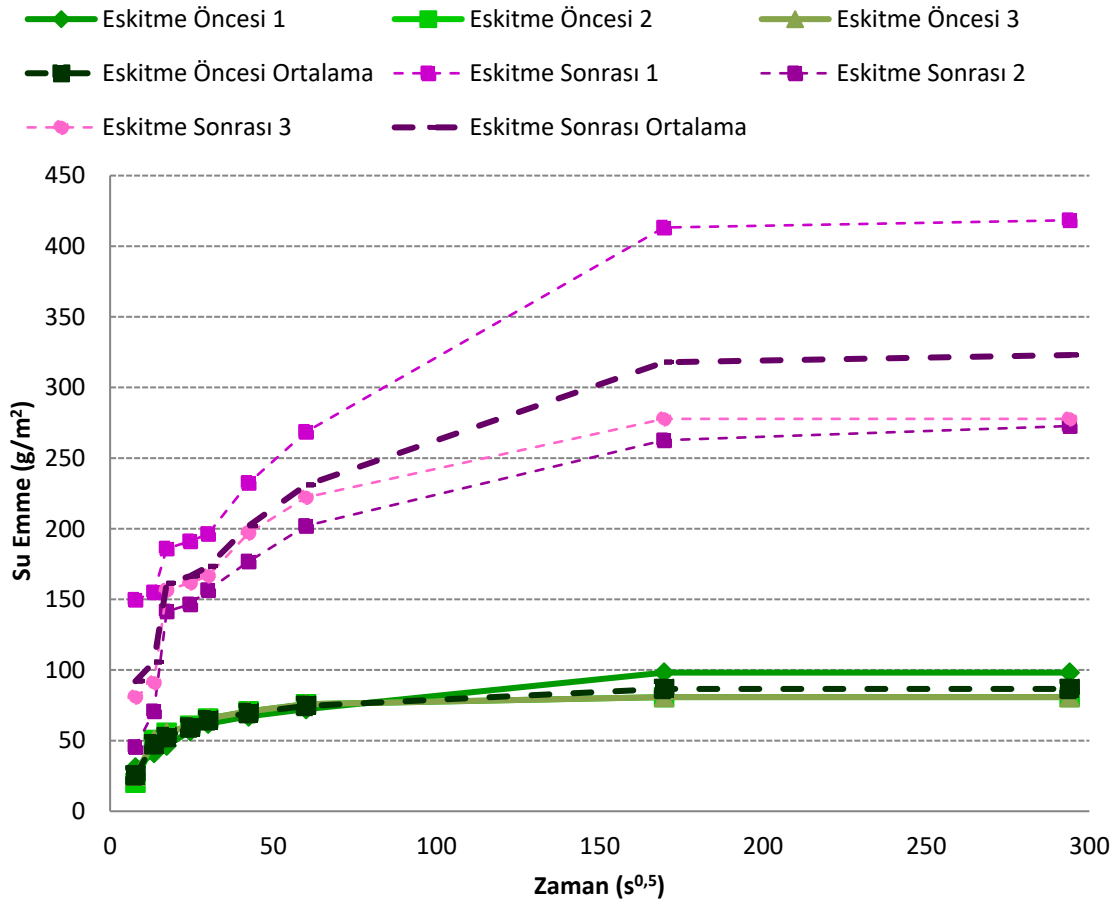
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
STG (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	2,42	2,24
	2,18	
	2,12	
STG (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	6,78	7,01
	6,06	
	8,20	



Şekil 5.4: STG Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.6: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

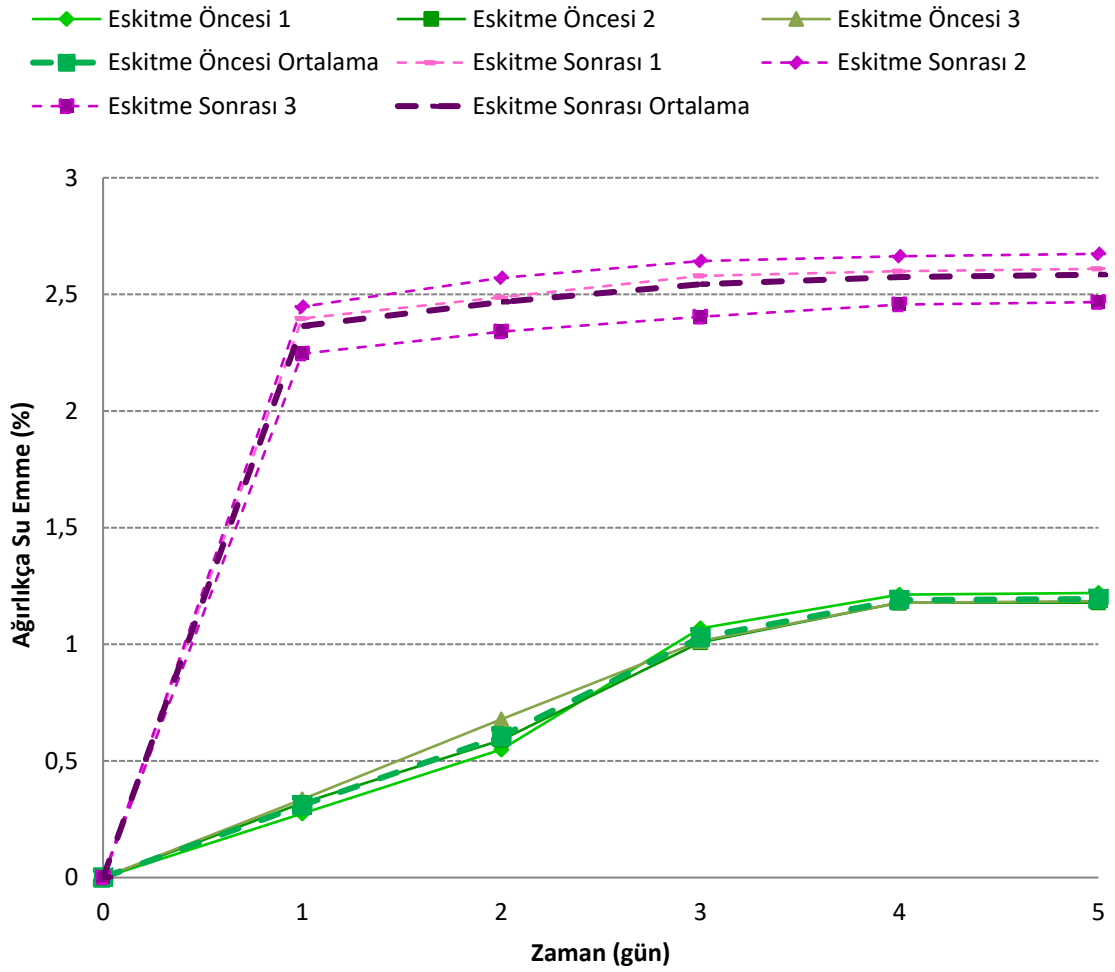
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
EMZ (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,983422	2,012924
	1,991452	
	2,063898	
EMZ (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	7,753614	5,911917
	4,501109	
	5,481026	



Şekil 5.5: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.7: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

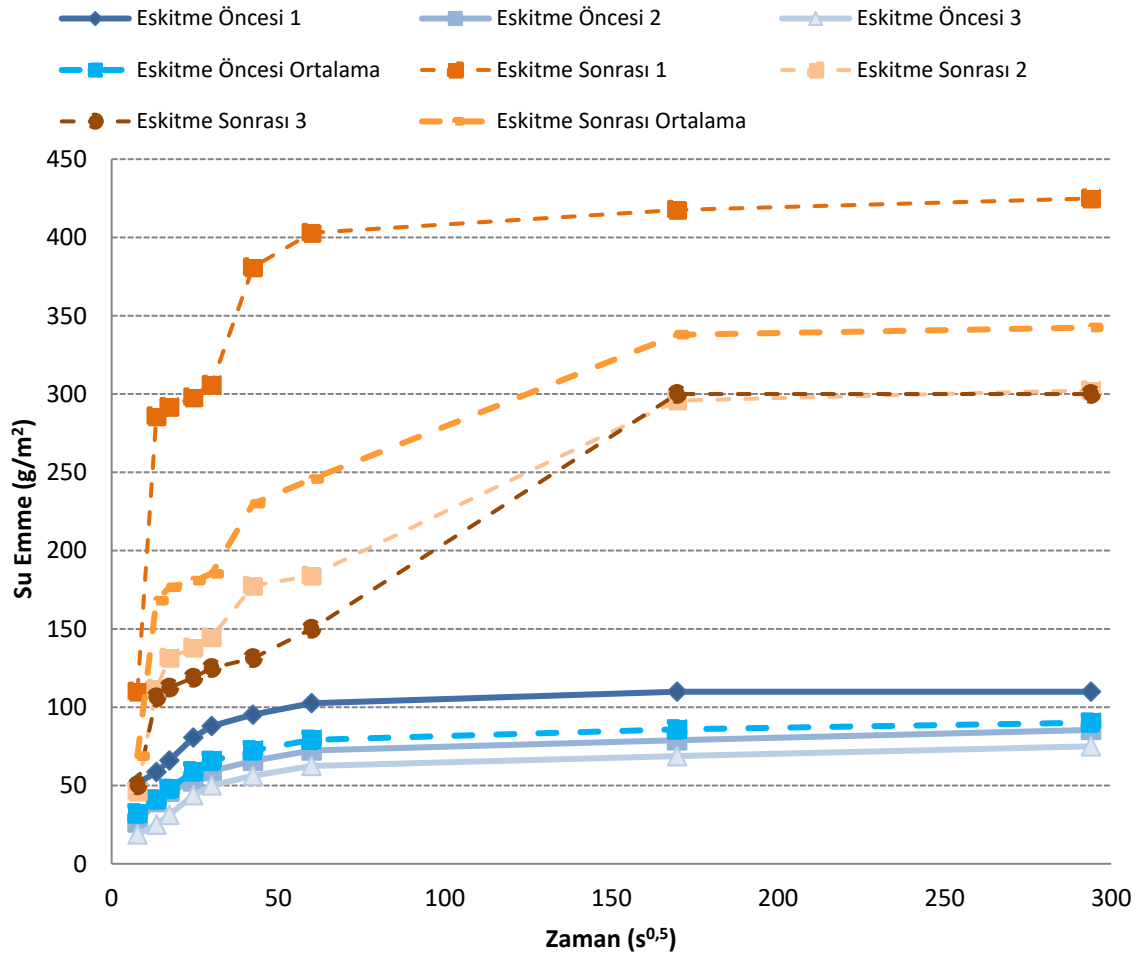
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
EMZ (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,22	1,19
	1,18	
	1,19	
EMZ (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	2,61	2,58
	2,67	
	2,47	



Şekil 5.6: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.8: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

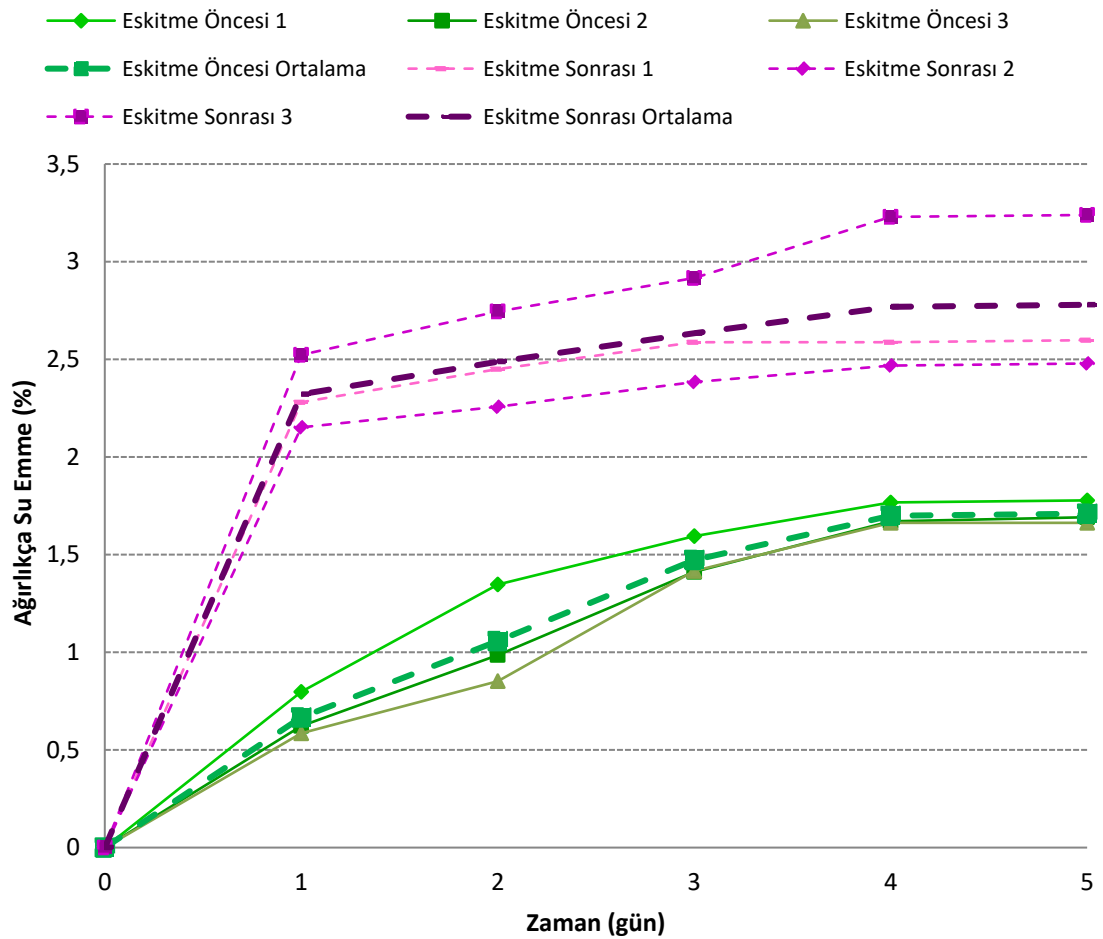
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
TKN (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	2,887941	2,043815
	1,846978	
	1,396526	
TKN (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	10,307471	6,421472
	4,705150	
	4,251796	



Şekil 5.7: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.9: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

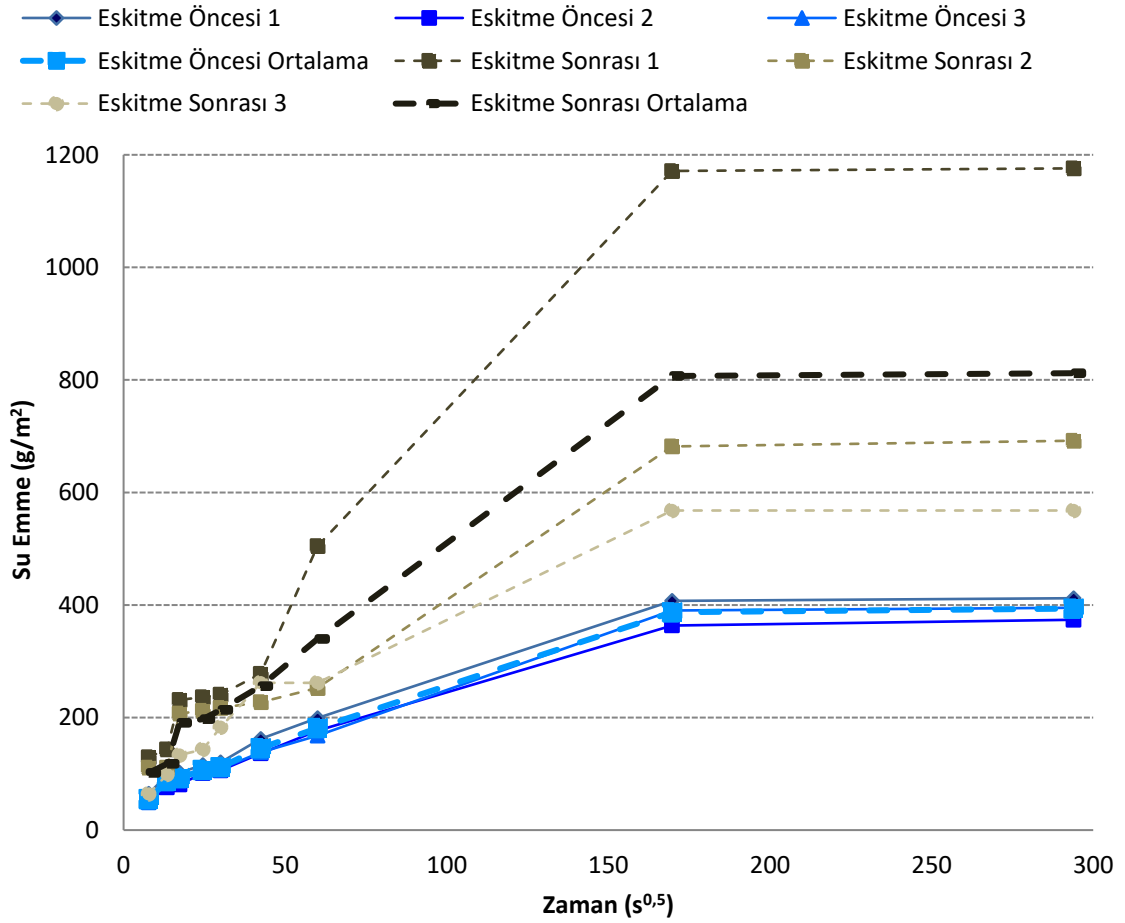
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
TKN (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,78	1,71
	1,69	
	1,66	
TKN (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	2,60	2,77
	2,48	
	3,24	



Şekil 5.8: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.10: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

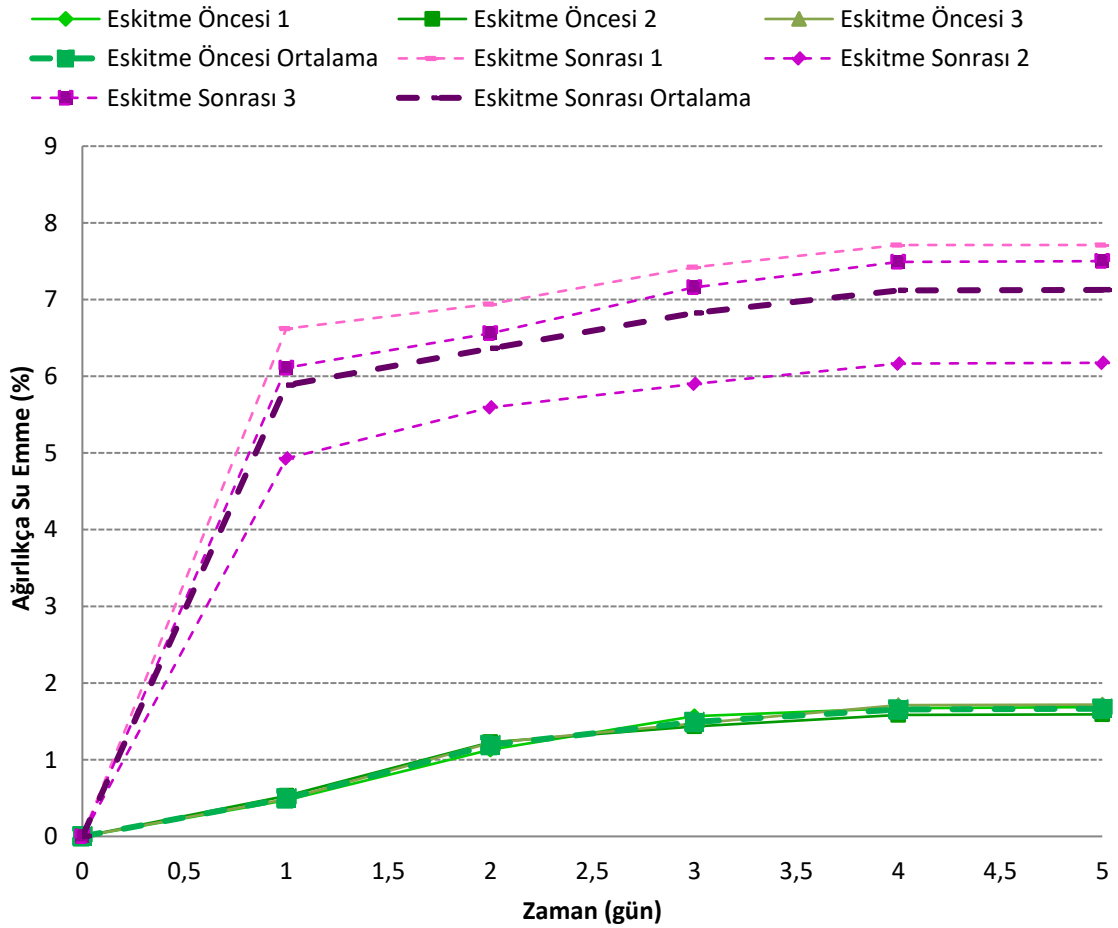
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
MRN (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	4,574615	4,118908
	3,785091	
	3,997018	
MRN (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	9,369013	7,475281
	7,379717	
	5,677114	



Şekil 5.9: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.11: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

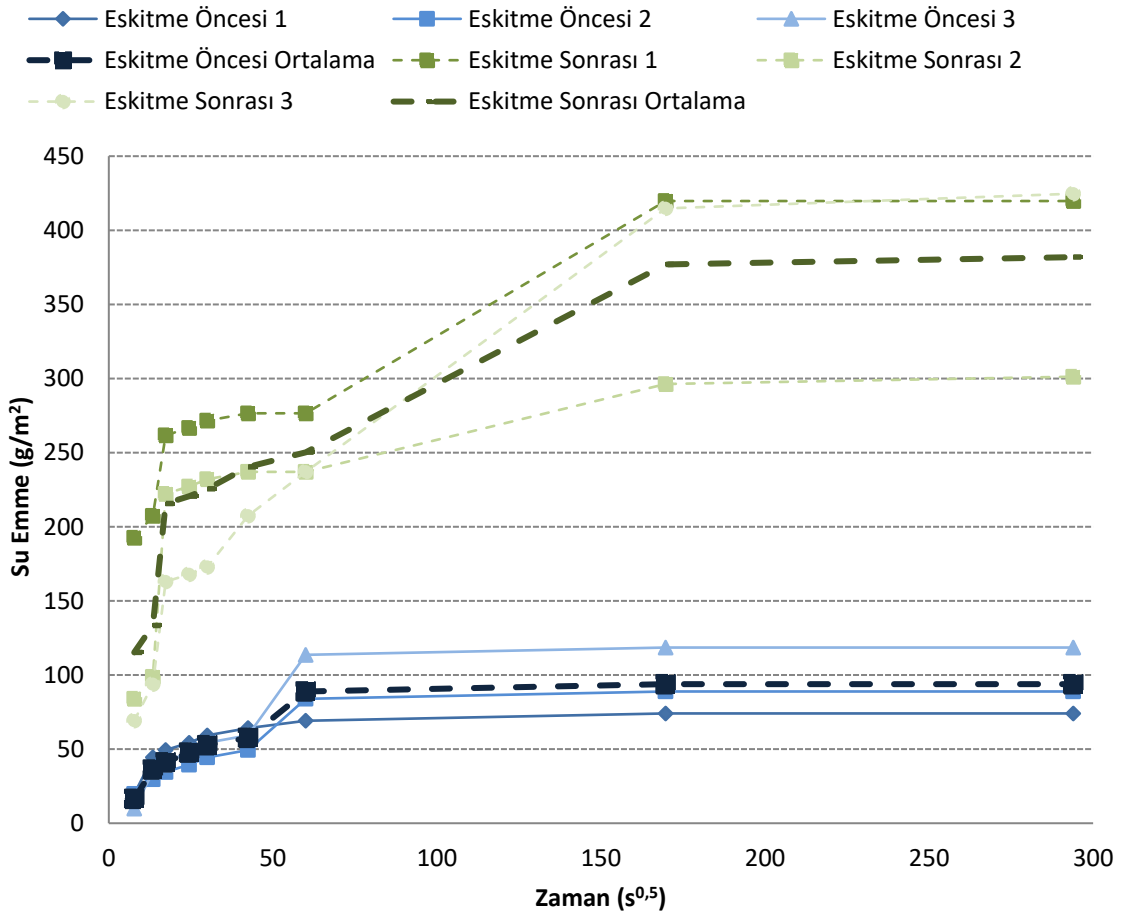
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama (%)
MRN (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,69	1,67
	1,59	
	1,72	
MRN (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	7,71	7,13
	6,18	
	7,50	



Şekil 5.10: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.12: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

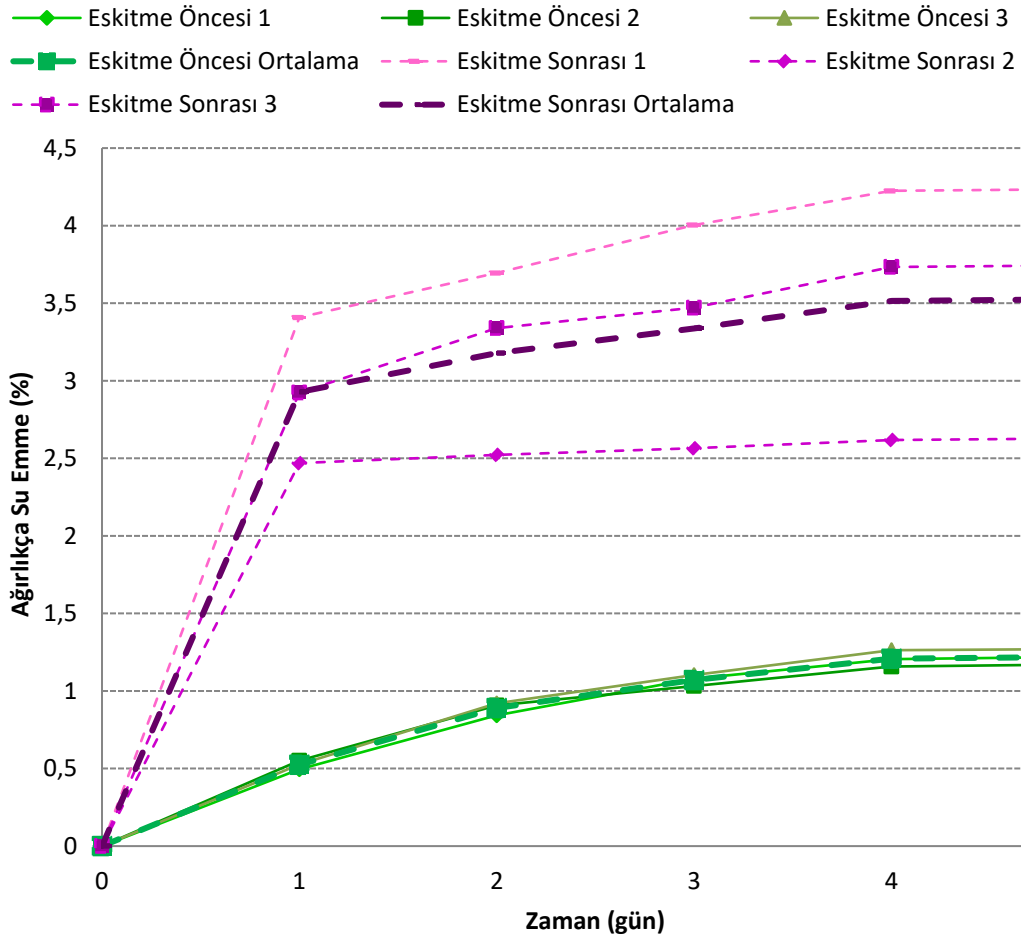
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
KTR (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,806753	1,624050
	1,470888	
	1,594508	
KTR (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	10,044726	7,460099
	6,705371	
	5,630199	



Şekil 5.11: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.13: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

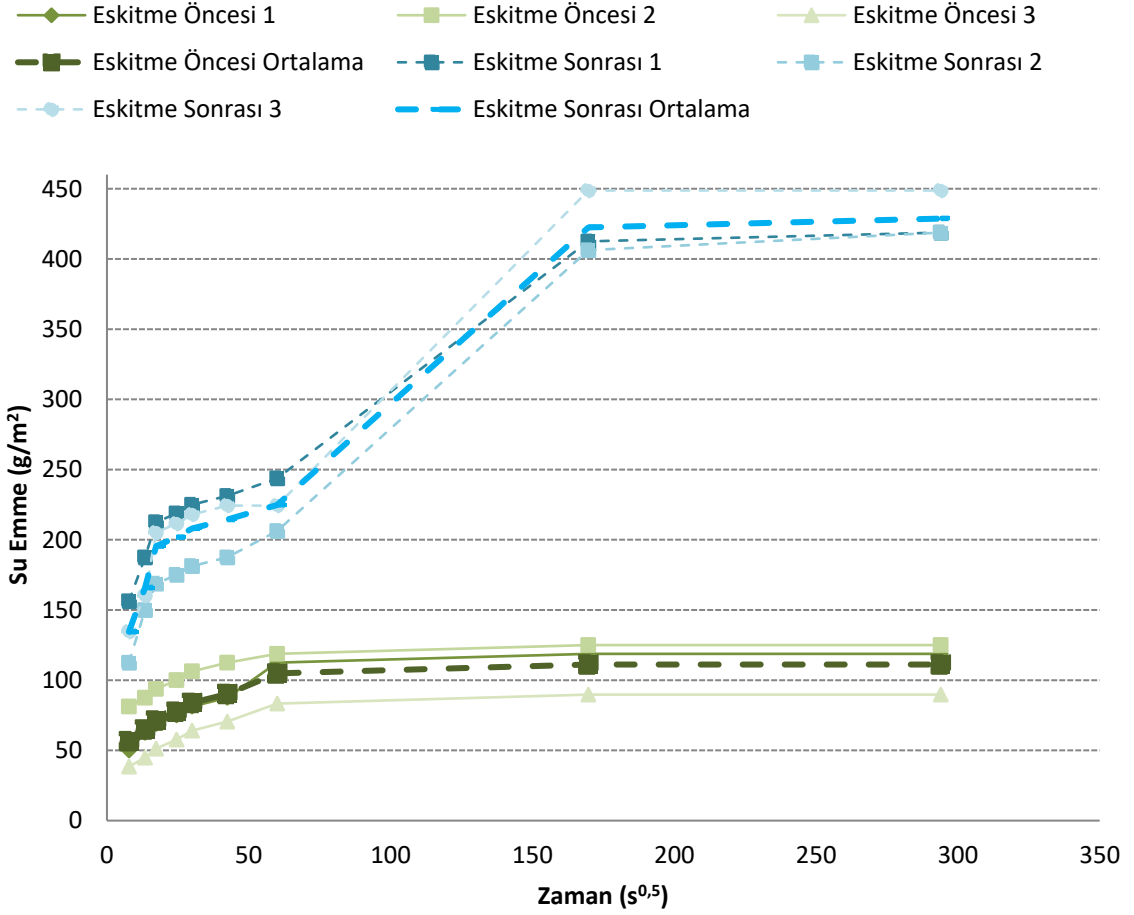
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
KTR (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,22	1,22
	1,17	
	1,27	
KTR (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	4,24	3,54
	2,63	
	3,74	



Şekil 5.12: KTR Su İtici Uygulanmış Taşa Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.14: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

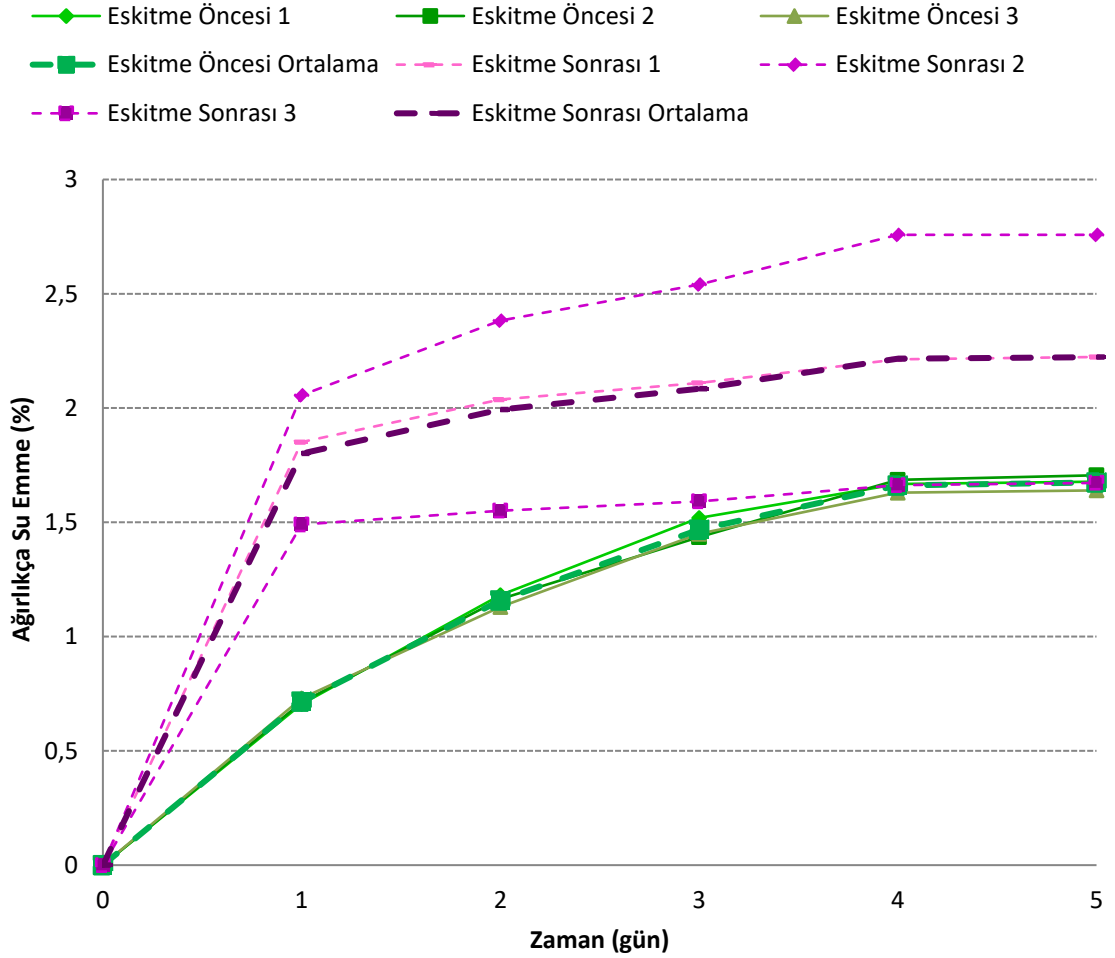
Örnek No	Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)	Ortalama Kılcallık Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)
WCK (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	2,877117	3,014165
	3,982294	
	2,183082	
WCK (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	8,468305	7,658843
	6,700912	
	7,807313	



Şekil 5.13: WCK Su İtici Uygulanmış Taşa Ait Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.15: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
WCK (Tuz Kristallenmesi Öncesi)	1,68	1,67
	1,71	
	1,64	
WCK (Tuz Kristallenmesi Sonrası)	2,22	2,22
	2,76	
	1,67	



Şekil 5.14: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların Tuz Kristallenmesi Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

5.2. NEMLİ ORTAMDA SO₂ YIPRATMASINA KARŞI DAYANIKLILIK

Deney, TS EN 13919 (Doğal Taşlar- Deney Metotları- Nemli ortamda SO₂ yıpratmasına karşı direncin tayini) standardına göre yapılmıştır. 40x40x40 mm küp şeklindeki numunelere su itici kimyasal uygulamadan ve uyguladıktan sonra SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi yapılmıştır. Numuneler 20 °C sıcaklıktaki suda 1 gün bekletilmiş, 2 adet desikatör içerisinde farklı orandaki kükürt dioksit çözeltisi konulmuştur. İlk desikatöre 150 ml saf su + 500ml asit (H₂SO₃) içeren çözelti ve diğer desikatöre 500 ml saf su + 150ml asit (H₂SO₃) içeren çözelti konulmuştur. Numuneler asit çözeltisinin 100 mm üzerindeki çerçeveye konulup, 21 gün bekletilmiş ve kaptan alınmıştır (Şekil 5.15). Kaptan çıkarılan numuneler saf su ile yıkanıp, yeniden sabit kütleyle gelene kadar etüvde kurutulmuştur. Kuru numunelerin son kütlesi tartılmıştır. Her türlü renk değişimleri, çatlama veya aşınma gibi gözlenen farklılıklar kaydedilir. Her bir numune için kütle değişim, kütlece yüzde olarak belirtilen formülde hesaplanır.

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

Δm : Kütledeki değişim, m_0 :Kuru numunenin başlangıç ağırlığı

m_1 : Kuru numunenin son kütlesi

Bu deney su itici uygulanmış ve uygulanmamış numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olup ilgili sonuçlar Çizelge 5.16’da verilmiştir.



Şekil 5.15: Nemli ortamda SO₂ yıpratması deneyi

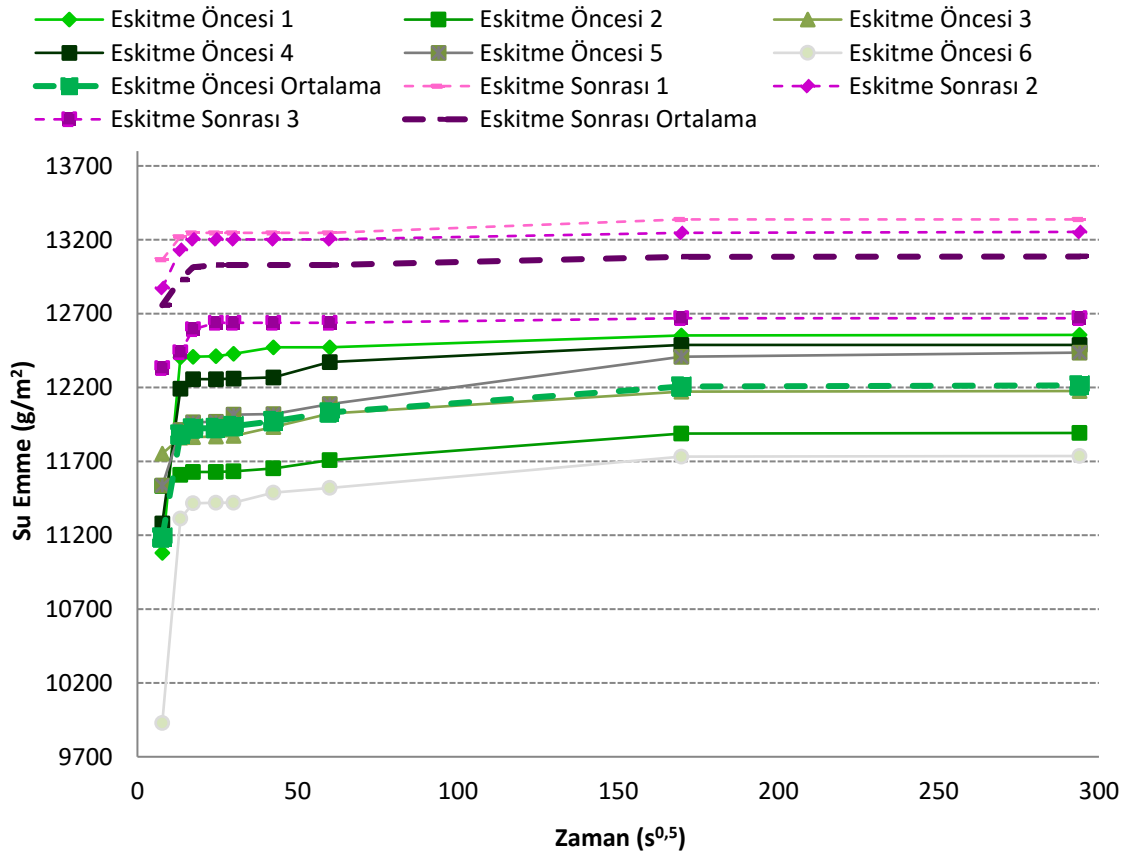
Çizelge 5.16: SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi sonuçları

<i>Örnek No</i>	<i>Deney Öncesi Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>15. Çevrim Sonrası Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>Bağıl Kütle Farkı (%)</i>	<i>Ortalama Bağıl Kütle Farkı (%)</i>
REFERANS NUMUNE	94,43	94,22	0,22	0,18
	94,62	94,47	0,16	
	93,51	93,36	0,16	
STG	89,81	89,60	0,23	0,17
	94,47	94,34	0,14	
	94,36	94,24	0,13	
EMZ	138,52	138,40	0,09	0,09
	140,84	140,69	0,11	
	140,08	139,96	0,09	
TKN	92,81	92,75	0,06	0,07
	96,37	96,31	0,06	
	97,43	97,36	0,07	
MRN	142,34	142,15	0,13	0,13
	140,16	139,96	0,14	
	133,84	133,68	0,12	
KTR	135,22	135,11	0,08	0,08
	143,39	143,29	0,07	
	136,95	136,81	0,10	
WCK	100,72	100,59	0,13	0,14
	99,66	99,54	0,12	
	100,02	99,85	0,17	

SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi gerçekleştirilmeden önce ve gerçekleştirildikten sonra ham ve su itici uygulanmış taşlar üzerinde kılcal etkiye bağlı su emme deneyi ile ağırlıkça su emme deneyi yapılmış olup, ilgili deney sonuçları Çizelge 5.17-5.30'da ve Şekil 5.16-5.29'da verilmiştir.

Çizelge 5.17: Referans Numune SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

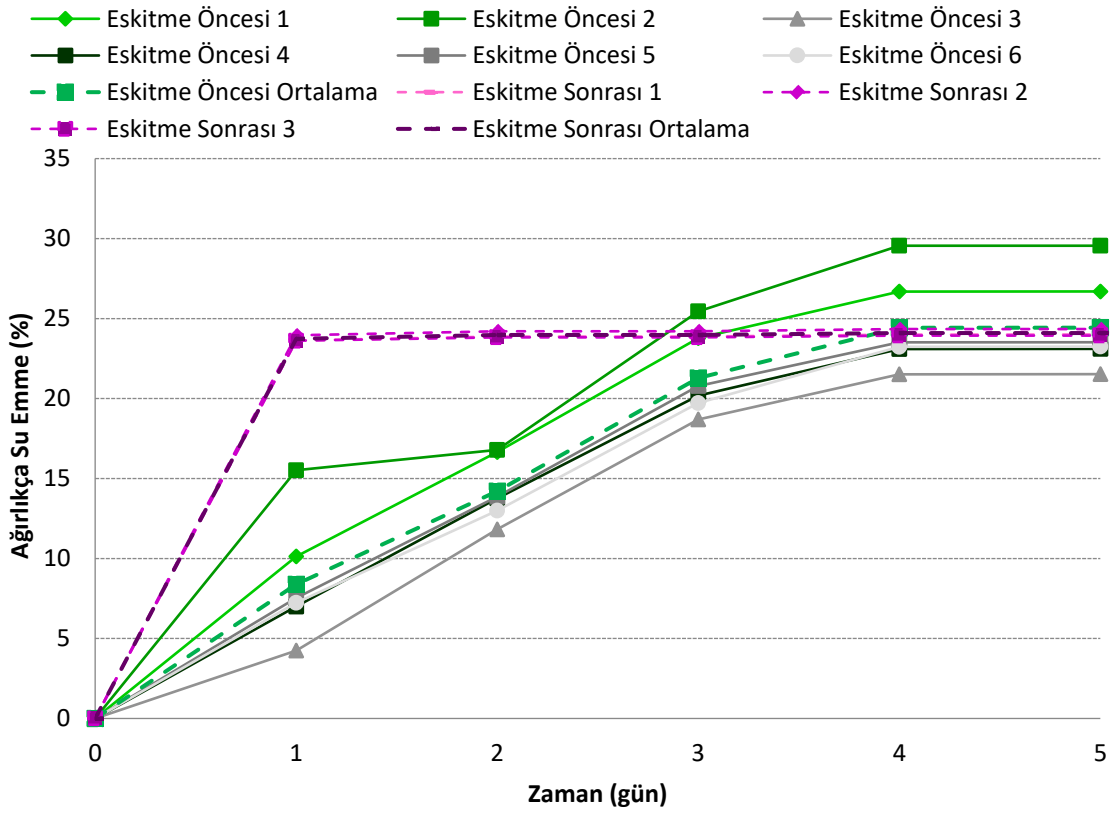
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
Referans Numune (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	632,487840	606,622746
	612,901659	
	625,674537	
	567,040351	
	625,134398	
	576,497693	
Referans Numune (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	564,025318	552,676314
	559,613252	
	534,390371	



Şekil 5.16: Referans Numune SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.18: Referans Numune SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Emme Sonuçları

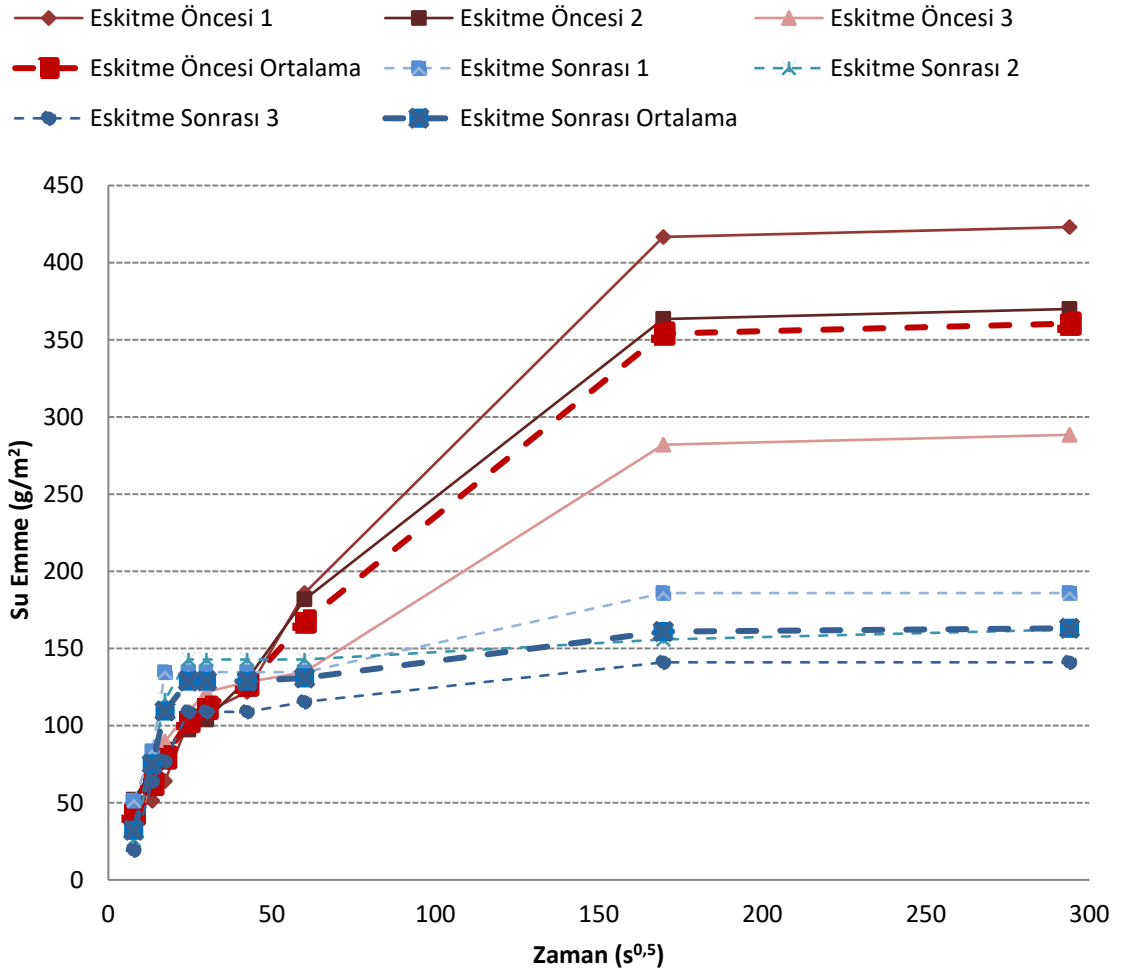
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
Referans Numune (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	26,69	24,61
	29,55	
	21,52	
	23,10	
	23,52	
	23,24	
Referans Numune (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	24,00	24,09
	24,34	
	23,93	



Şekil 5.17: Referans Numune SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.19: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

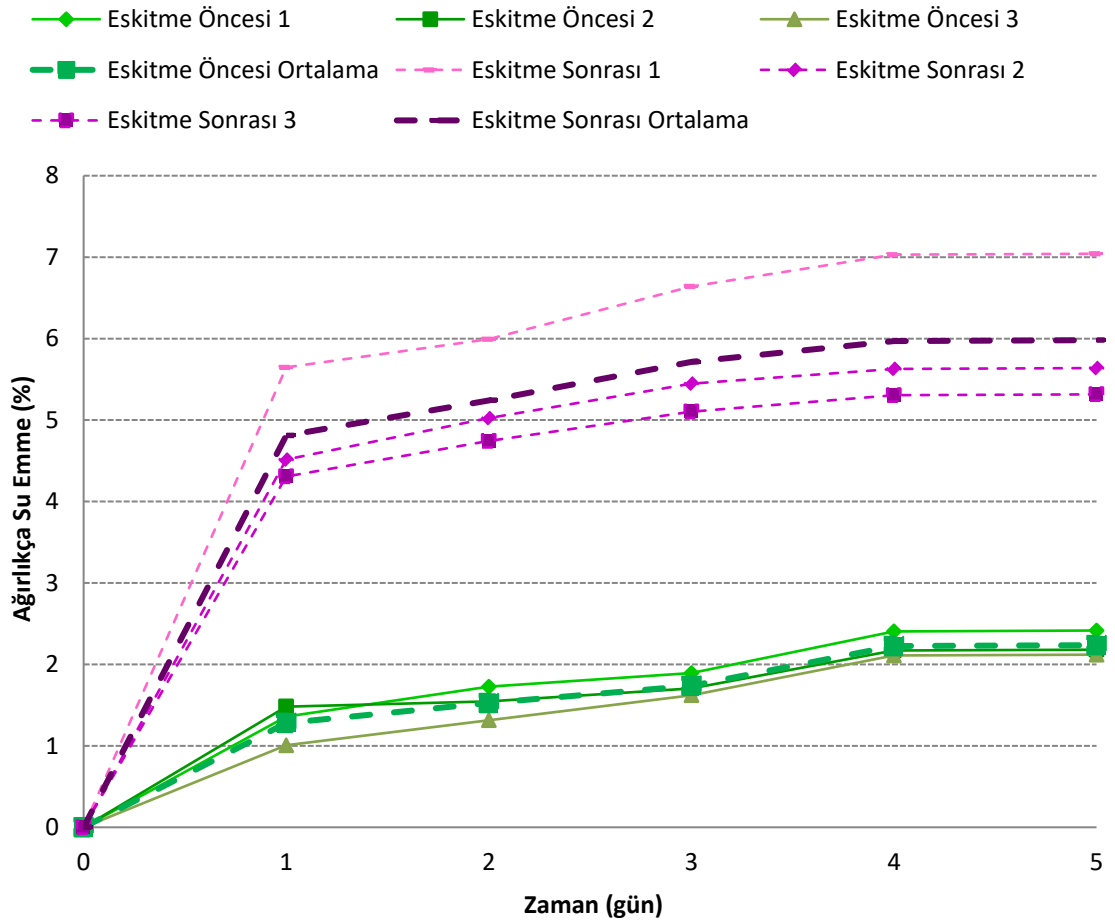
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
STG (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	3,446807	3,517682
	3,756009	
	3,350231	
STG (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	4,192332	3,593621
	3,745696	
	2,842834	



Şekil 5.18: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.20: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

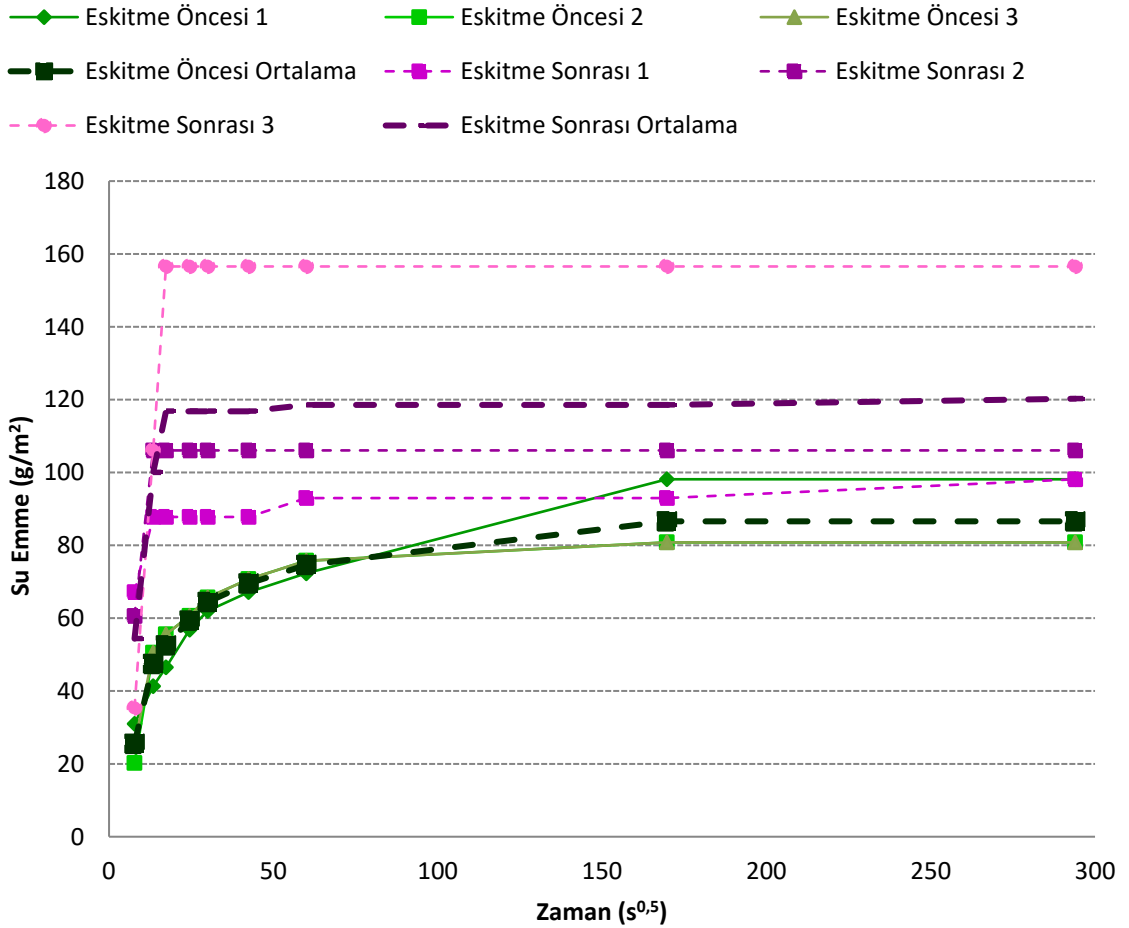
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
STG (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	2,42	2,24
	2,18	
	2,12	
STG (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	7,04	6,00
	5,64	
	5,32	



Şekil 5.19: STG Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.21: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

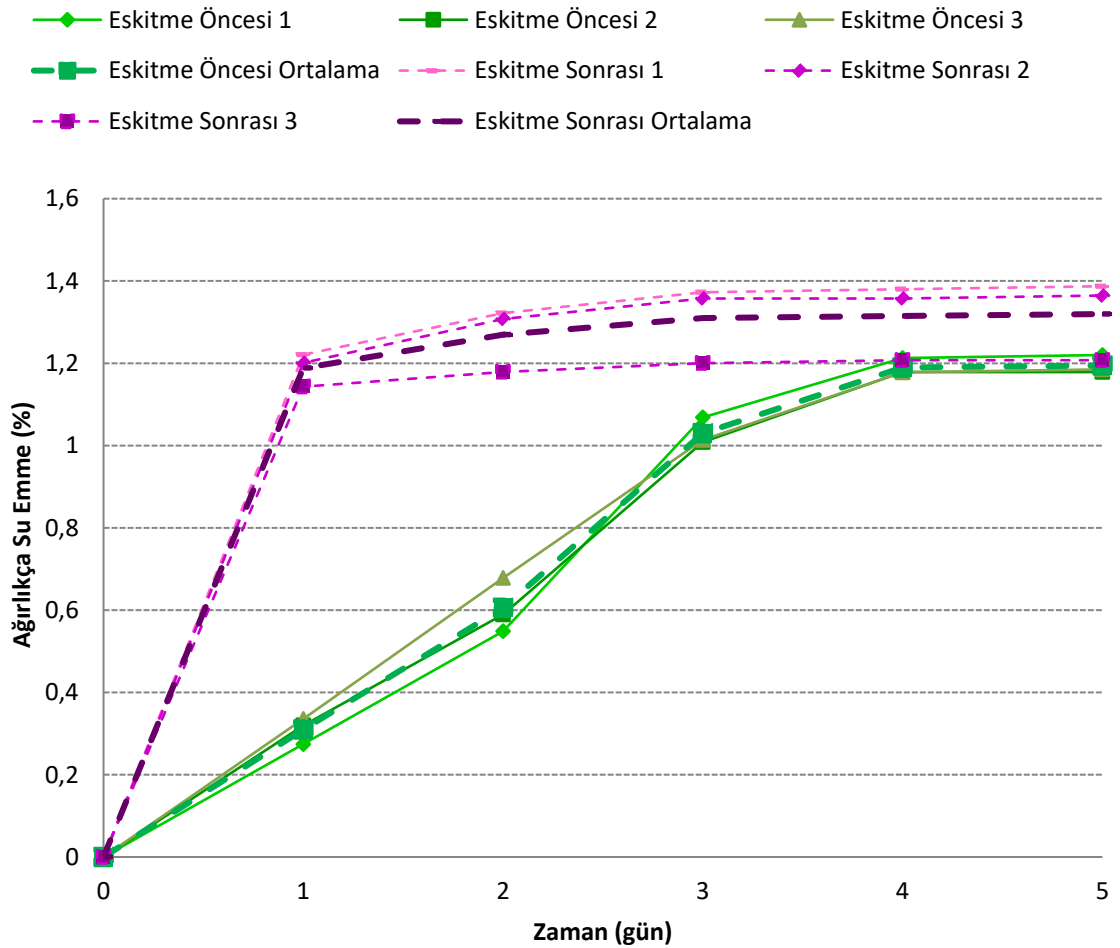
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
EMZ (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	1,983422	2,012924
	1,991452	
	2,063898	
EMZ (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	3,477377	3,968229
	3,885724	
	4,541588	



Şekil 5.20: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.22: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

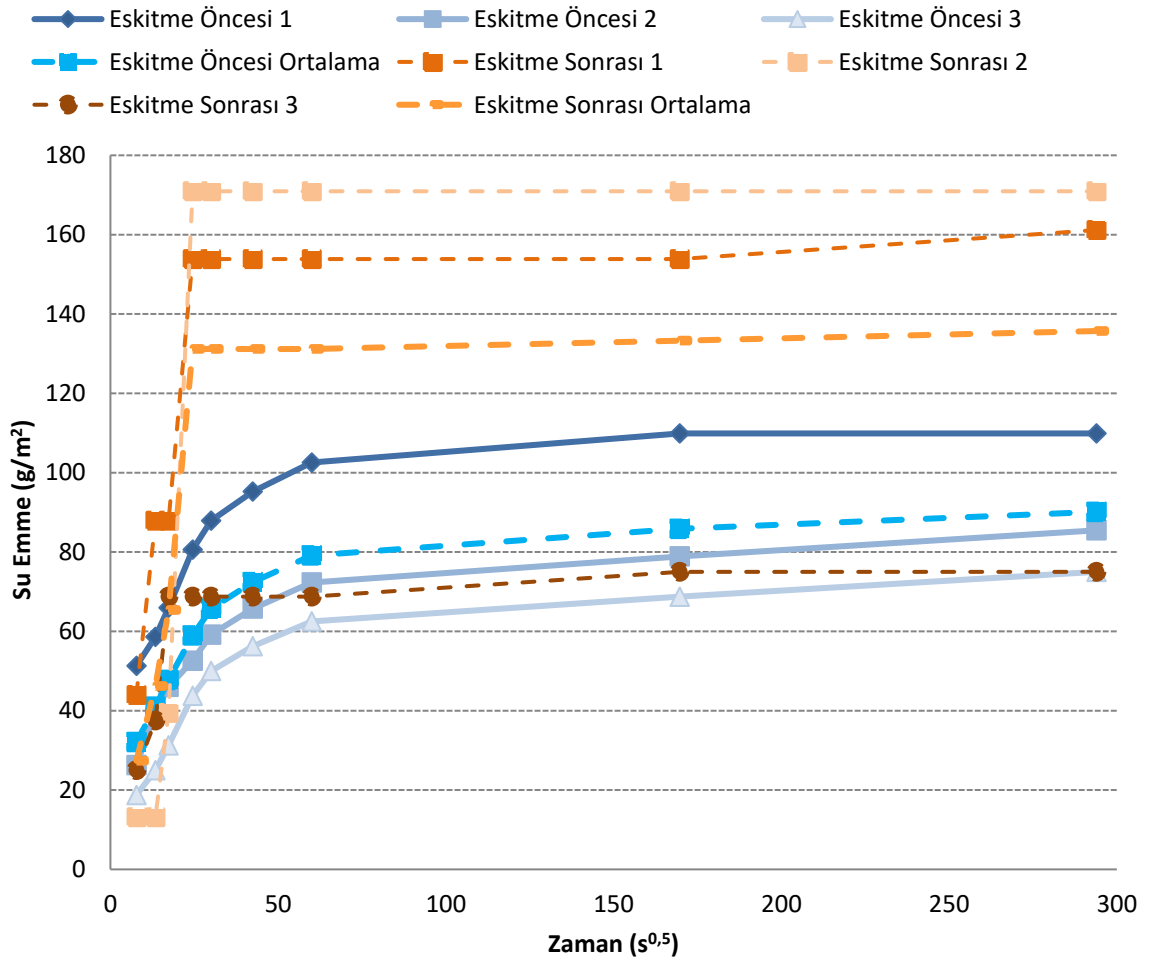
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
EMZ (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	1,22	1,19
	1,18	
	1,19	
EMZ (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	1,39	1,32
	1,36	
	1,21	



Şekil 5.21: EMZ Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.23: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

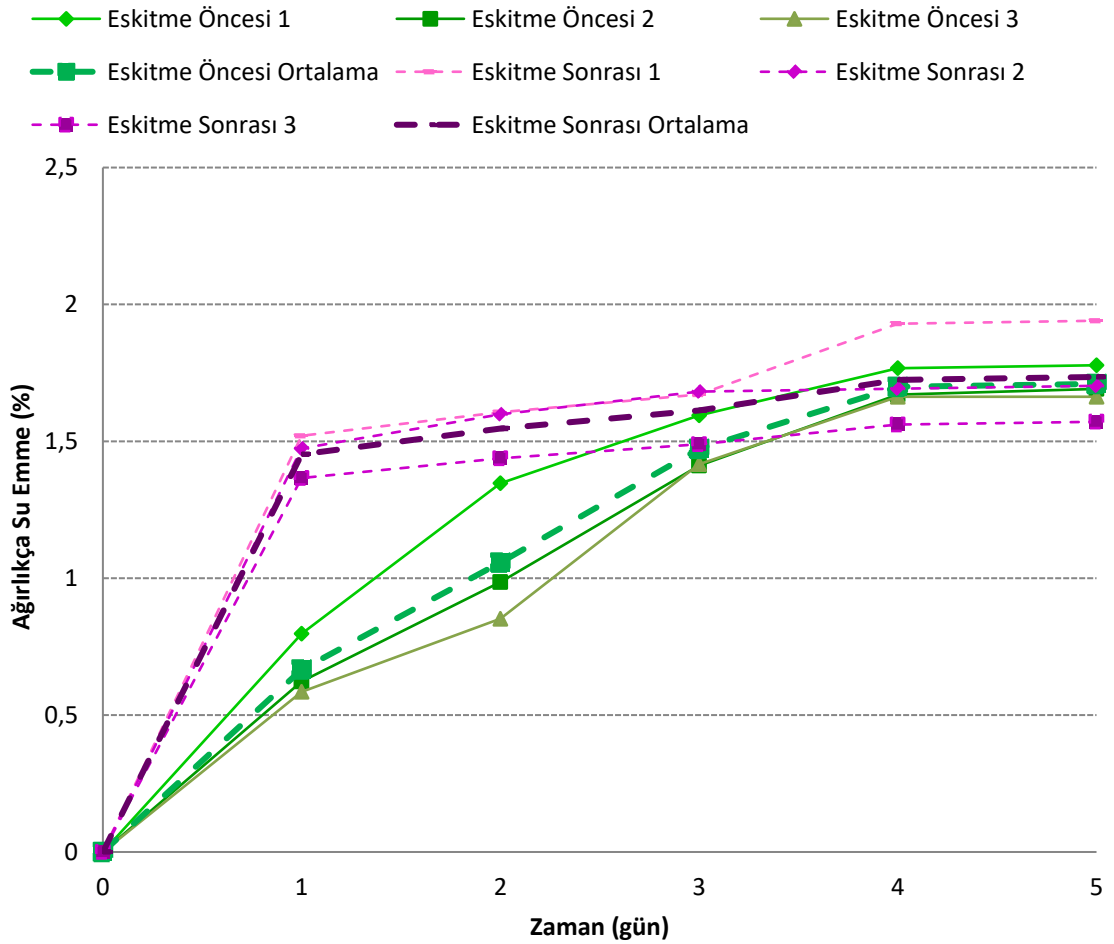
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
TKN (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	2,887941	2,043815
	1,846978	
	1,396526	
TKN (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	4,039666	3,000345
	2,899855	
	2,061512	



Şekil 5.22: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.24: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

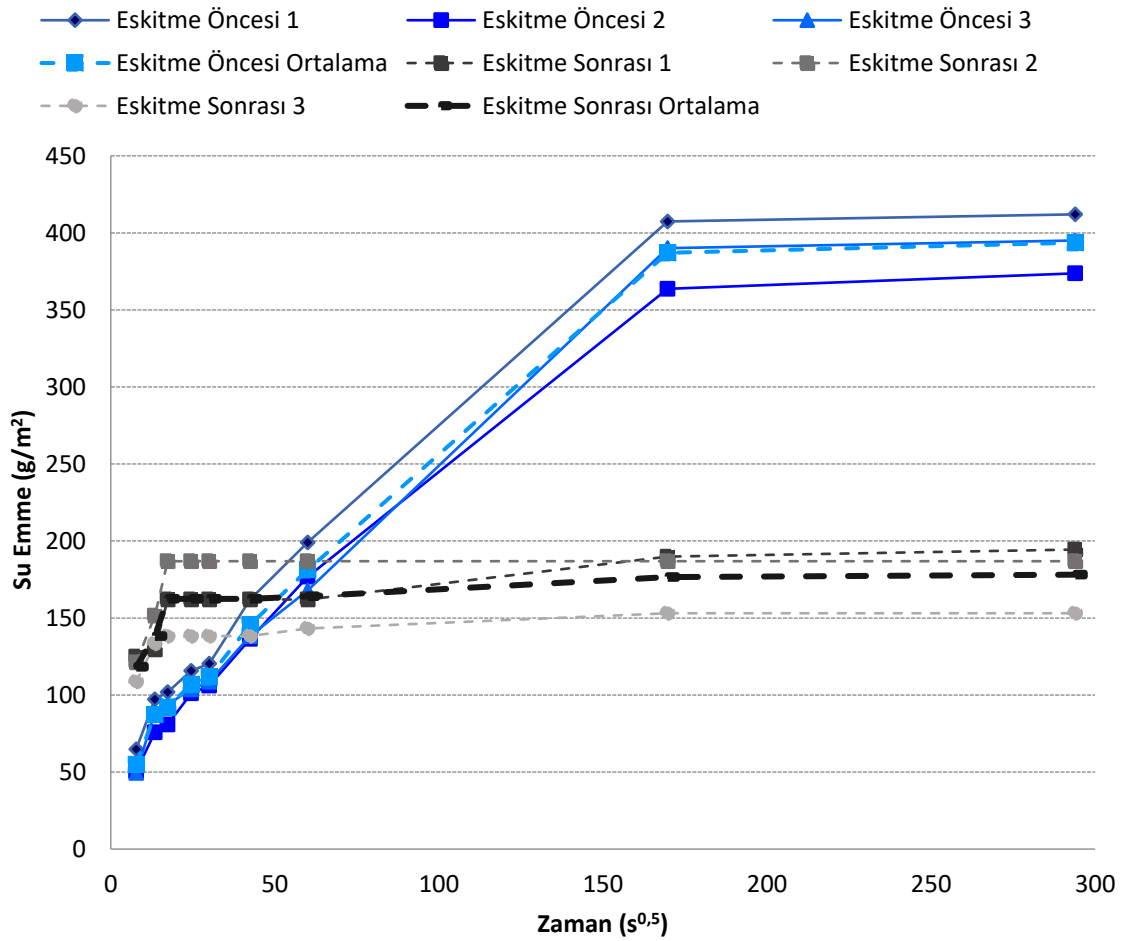
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
TKN (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	1,78	1,71
	1,69	
	1,66	
TKN (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	1,94	1,74
	1,70	
	1,57	



Şekil 5.23: TKN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.25: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

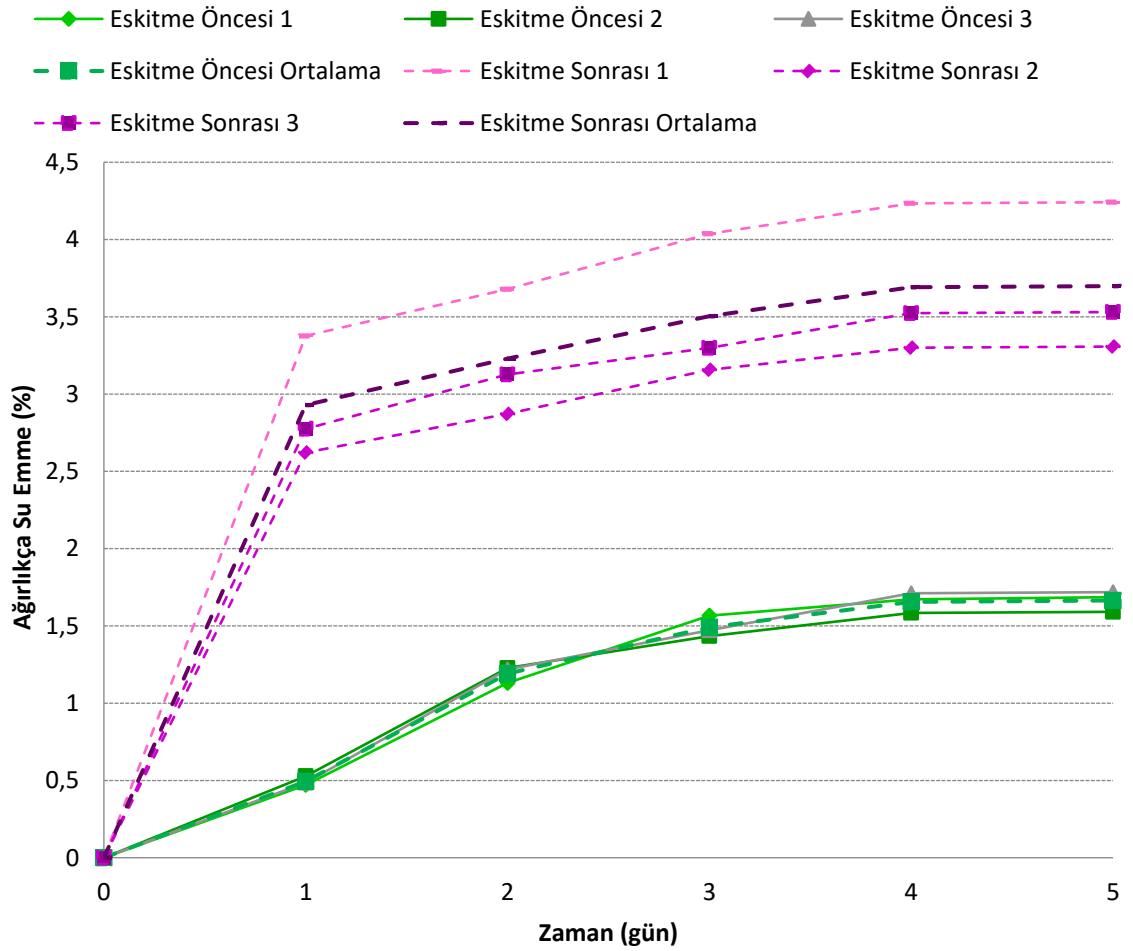
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
MRN (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	4,576365	4,118855
	3,783182	
	3,997018	
MRN (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	6,163434	6,132770
	6,760476	
	5,474399	



Şekil 5.24: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.26: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

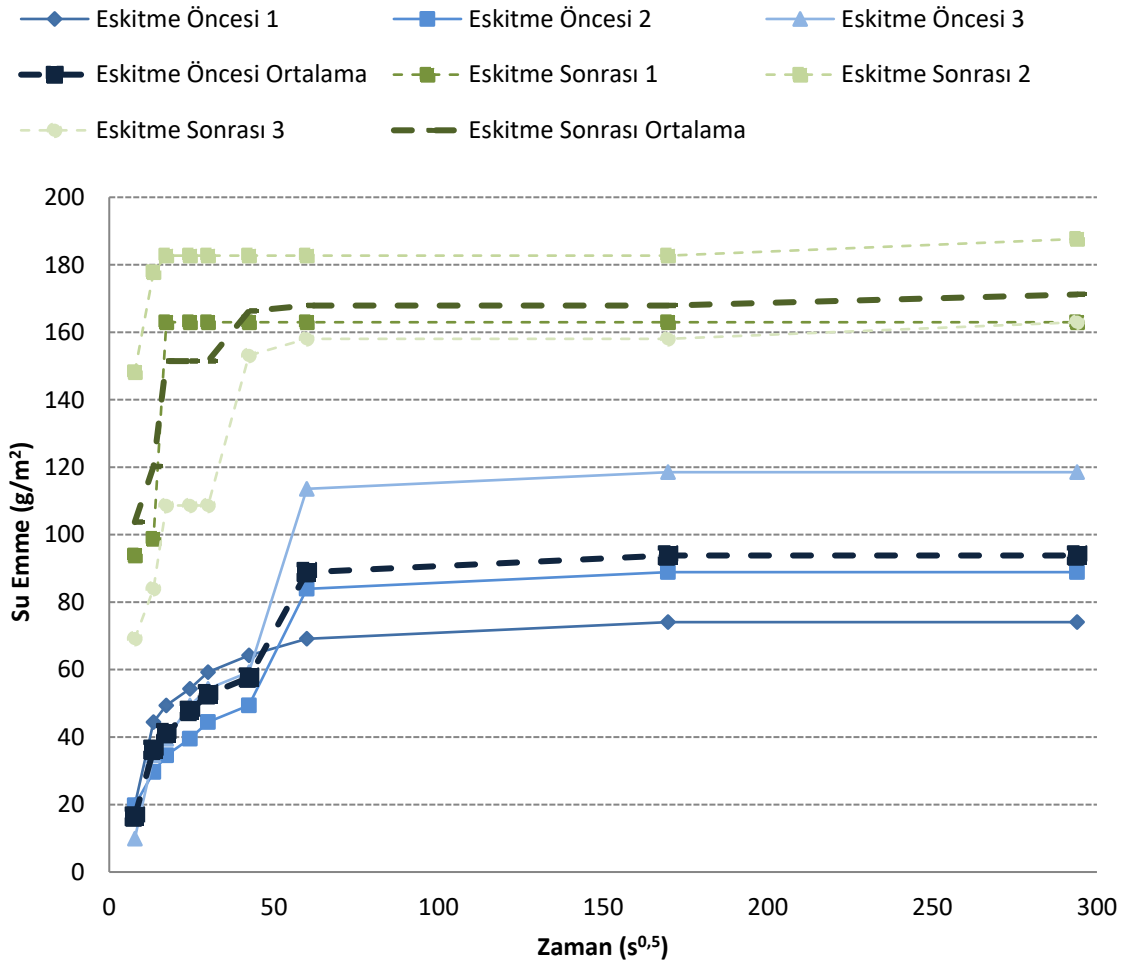
Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
MRN (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	1,69	1,67
	1,59	
	1,72	
MRN (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	4,24	3,69
	3,31	
	3,53	



Şekil 5.25: MRN Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.27: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
KTR (SO₂ Yıpratması Öncesi)	1,806753	1,624050
	1,470888	
	1,594508	
KTR (SO₂ Yıpratması Sonrası)	5,448898	5,623043
	7,282514	
	4,137716	

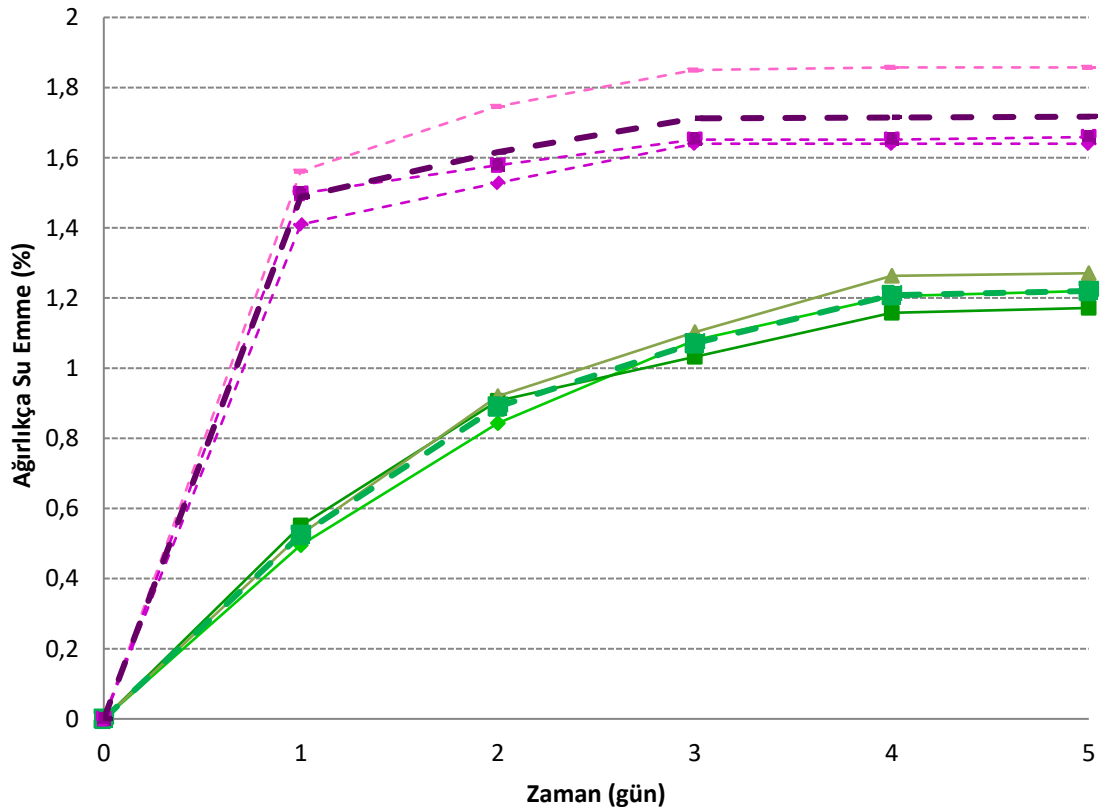


Şekil 5.26: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.28: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama Ağırlıkça Su Emme (%)
KTR (SO ₂ Yıpratması Öncesi)	1,22	1,22
	1,17	
	1,27	
KTR (SO ₂ Yıpratması Sonrası)	1,86	1,72
	1,64	
	1,66	

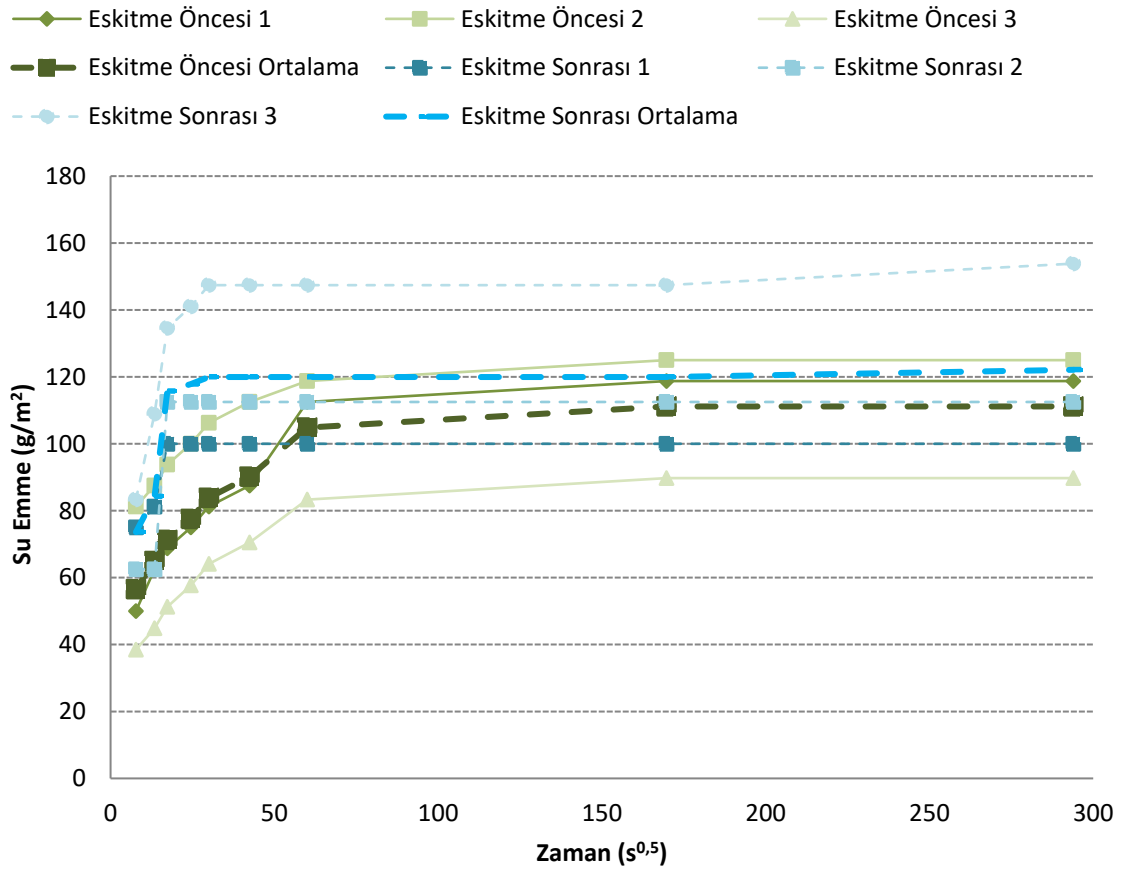
—◆— Eskitme Öncesi 1 —■— Eskitme Öncesi 2 —▲— Eskitme Öncesi 3
—■— Eskitme Öncesi Ortalama - - -◆- - - Eskitme Sonrası 1 - - -◆- - - Eskitme Sonrası 2
- - -■- - - Eskitme Sonrası 3 - - -■- - - Eskitme Sonrası Ortalama



Şekil 5.27: KTR Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

Çizelge 5.29: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Sonuçları

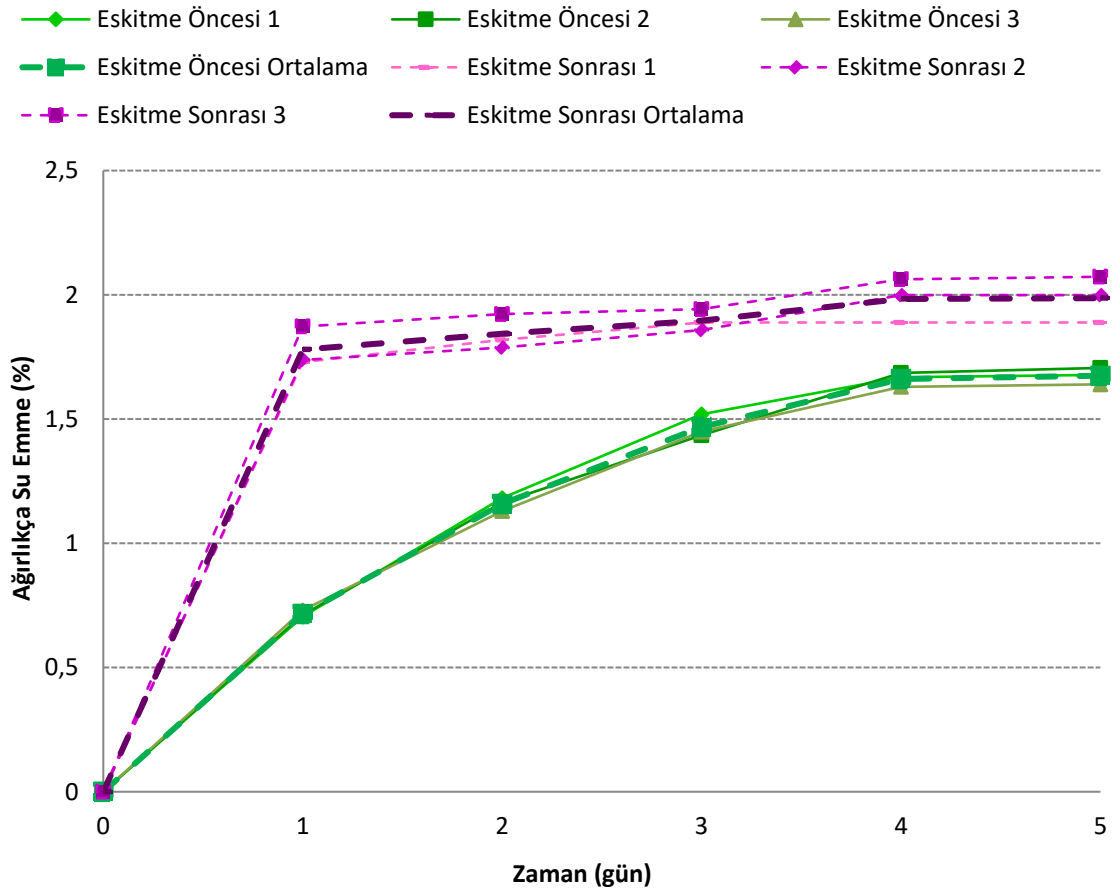
Örnek No	Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})	Ortalama Kılcallık Katsayısı (g/m ² .s ^{0,5})
WCK (SO₂ Yıpratması Öncesi)	2,877117	3,014165
	3,982294	
	2,183082	
WCK (SO₂ Yıpratması Sonrası)	3,764550	4,135837
	3,681941	
	4,961021	



Şekil 5.28: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası Kılcallık Grafiği

Çizelge 5.30: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Sonuçları

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ortalama (%)
WCK (SO₂ Yıpratması Öncesi)	1,68	1,67
	1,71	
	1,64	
WCK (SO₂ Yıpratması Sonrası)	1,89	1,99
	2,00	
	2,07	



Şekil 5.29: WCK Su İtici Uygulanmış Taşların SO₂ Yıpratması Öncesi ve Sonrası
Ağırlıkça Su Emme Grafiği

5.3. RENK ANALİZİ

Renk analizleri, rengin nesnel olarak tanımlanması için geliştirilen bir matematiksel renk sistemi olan CIE L*a*b sistemi kullanılarak yapılmıştır. Bu sistem, her bir noktası bir renge karşılık gelen üç boyutlu sanal renk uzayları oluşturarak kurulmaktadır.

CIE L*a*b* renk uzayındaki, 3-boyutlu renk koordinatları aşağıda sıralanmıştır:

L* - Açıklık (lightness) koordinatı ($L^* = 0$ siyahı gösterir ve $L^* = 100$, beyazdır).

a* - kırmızı/yeşil koordinatıdır, +a* kırmızıyı, -a* ise yeşili belirtir.

b* - sarı/mavi koordinatıdır ve +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir.

Bu yöntemde, L* koordinatı CIE L*a*b* sistemindeki ile aynıdır ancak, C* ve h* koordinatları, a* ve b* koordinatlarından hesaplanmaktadır.

CIE L*C*h* renk uzayı üç boyutludur. Renkler aşağıdaki şekilde, silindirik koordinatlarla yerleştirilir:

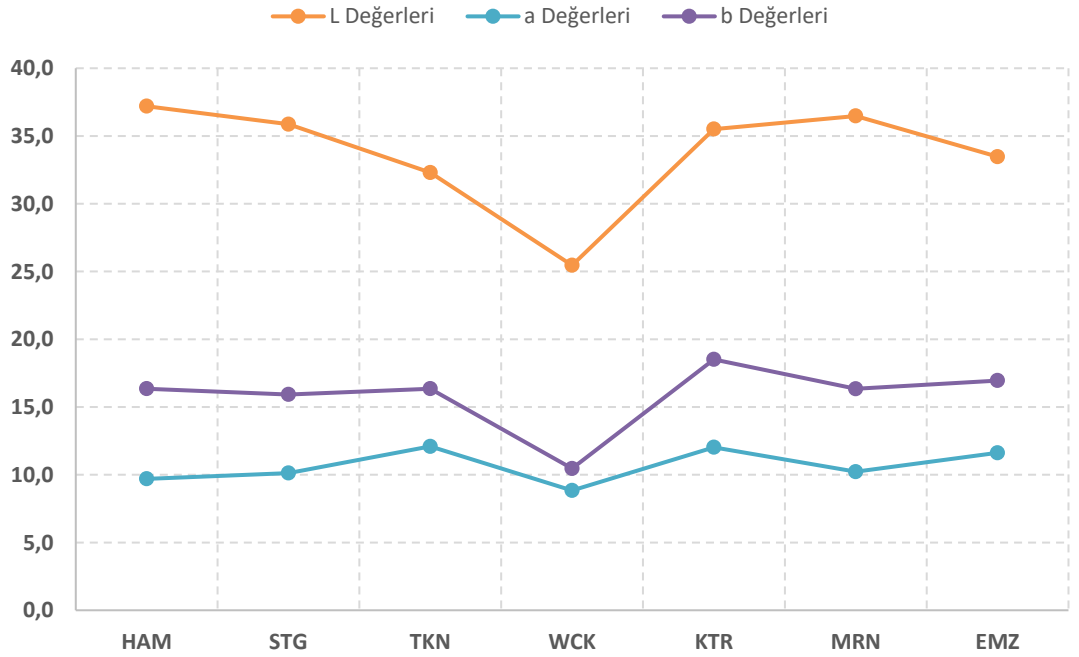
C* - kroma koordinatları, açıklık eksenine dik konumda yer alır.

h* - Hue açısı derece ile ifade edilir, 0° +a* ekseninde yer alır, 90° de +b* eksenine, 180° de -a*, 270° de -b* ve tekrar $360^\circ = 0^\circ$ dir.

Çalışma kapsamında su itici uygulanmamış ve uygulanmış numunelere ait renk ölçümleri ile, asit yıpratması ve tuz kristallenmesine dayanıklılık deneyi sonrası örneklere ait renk ölçümleri Çizelge 5.31, 5.32 ve 5.33'te verilmiştir. Ayrıca su itici uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin eskitme öncesi ve eskitme sonrası L*, a* ve b* değerlerine ait grafikler Şekil 5.30, Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.31: Su itici uygulanmamış ve su itici uygulanmış örneklerin renk analizleri

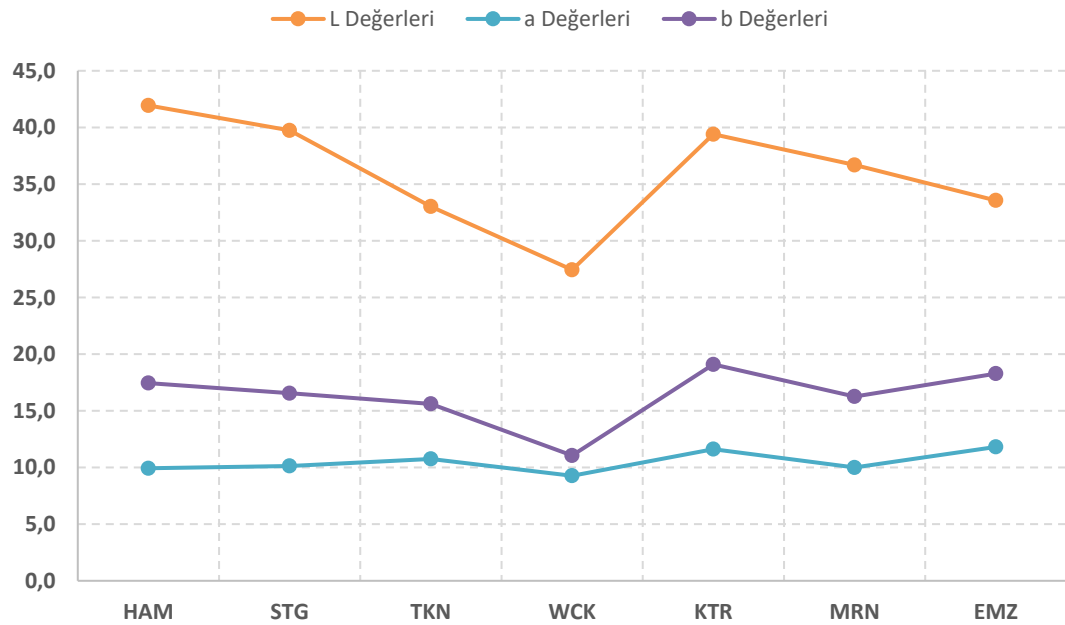
No	L*	a*	b*	C*	h*
REF-1	37,50	9,56	16,16	18,78	59,40
REF-2	36,99	9,87	16,74	19,43	59,49
REF-3	37,10	9,67	16,15	18,82	59,10
STG-1	34,57	10,59	15,67	18,91	55,95
STG-2	37,98	9,68	16,69	19,29	59,87
STG-3	35,06	10,11	15,41	18,44	56,73
TKN-1	32,61	12,82	16,87	21,19	52,77
TKN-2	32,79	12,24	17,05	20,99	54,31
TKN-3	31,51	11,22	15,13	18,84	53,44
WCK-1	24,83	8,60	10,27	13,40	50,04
WCK-2	25,61	9,24	11,01	14,37	50,02
WCK-3	25,93	8,68	10,11	13,33	49,34
KST-1	40,50	11,76	20,82	23,91	60,54
KST-2	31,07	11,85	16,05	19,95	53,55
KST-3	34,95	12,46	18,66	22,44	56,26
MRN-1	37,14	8,87	14,58	17,07	58,69
MRN-2	38,06	10,37	17,25	20,12	58,98
MRN-3	34,23	11,43	17,20	20,65	56,40
EMZ-1	34,14	11,00	16,44	19,78	56,21
EMZ-2	32,33	11,08	15,83	19,32	55,01
EMZ-3	33,94	12,77	18,58	22,55	55,50



Şekil 5.30: Su itici uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin ortalama L* a* ve b* değerleri

Çizelge 5.32: Örneklerin SO₂ yıpratması sonrası renk analizi

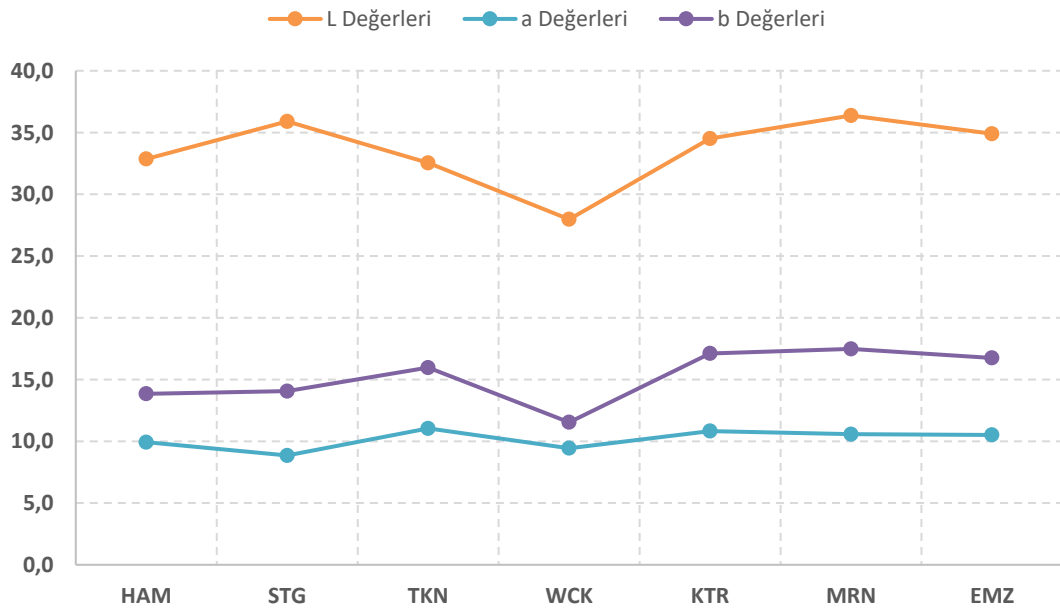
No	L*	a*	b*	C*	h*
HAY-1	44,88	9,69	17,78	20,25	61,41
HAY-2	40,94	10,71	18,05	20,94	59,54
HAY-3	40,01	9,37	16,52	18,99	60,43
SAY-1	40,21	8,92	14,24	16,85	58,04
SAY-2	40,31	10,22	16,63	19,52	58,43
SAY-3	38,70	11,26	18,77	21,89	59,04
TAY-1	32,32	11,40	15,76	19,45	54,10
TAY-2	31,74	10,72	14,88	18,34	54,24
TAY-3	35,01	10,14	16,19	19,11	57,93
WAY-1	27,62	8,66	10,26	13,43	49,83
WAY-2	28,50	8,77	10,23	13,47	49,37
WAY-3	26,19	10,37	12,68	16,38	50,72
KAY-1	41,95	9,69	17,36	19,88	60,82
KAY-2	39,69	12,50	20,51	24,02	58,64
KAY-3	36,56	12,65	19,41	23,17	56,90
MAY-1	36,14	9,52	15,57	18,25	58,56
MAY-2	35,71	10,52	16,33	19,43	57,22
MAY-3	38,22	9,96	16,88	19,60	59,45
EAY-1	32,65	12,95	17,92	22,11	54,14
EAY-2	33,32	11,42	18,82	22,01	55,76
EAY-3	34,71	11,06	18,11	21,22	58,59



Şekil 5.31: Örneklerin SO₂ yıpratması sonrası ortalama L* a* ve b* değerleri

Çizelge 5.33: Örneklerin tuz kristallenmesi sonrası renk analizleri

No	L*	a*	b*	C*	h*
HTK-1	32,23	10,68	14,12	17,71	52,90
HTK-2	32,49	9,73	13,65	16,76	54,52
HTK-3	33,86	9,36	13,77	16,65	55,79
STK-1	35,72	8,13	13,19	15,50	58,36
STK-2	38,15	8,35	14,22	16,49	59,58
STK-3	33,83	10,08	14,78	17,89	55,70
TTK-1	34,08	10,13	15,26	18,32	56,42
TTK-2	31,37	11,23	16,07	20,19	52,73
TTK-3	32,17	11,77	16,56	20,32	54,60
WTK-1	28,88	9,60	11,80	15,21	50,86
WTK-2	28,18	9,38	11,47	14,82	50,71
WTK-3	26,86	9,34	11,34	14,69	50,52
KTK-1	33,20	10,90	17,87	22,04	54,16
KTK-2	35,03	10,69	16,53	19,69	57,11
KTK-3	35,31	10,89	16,94	20,14	57,26
MTK-1	36,46	11,34	17,83	21,13	57,25
MTK-2	36,30	10,20	17,92	20,62	60,34
MTK-3	36,38	10,19	16,69	19,55	58,59
ETK-1	34,82	10,11	16,17	19,07	57,97
ETK-2	35,36	10,09	16,82	19,62	59,06
ETK-3	34,52	11,35	17,25	19,65	56,65



Şekil 5.32: Örneklerin tuz kristallenmesi sonrası ortalama L* a* ve b* değerleri

5.4. DEĞERLENDİRME

Tuz kristallenme direncine ve nemli ortamda SO₂ yıpratması deneylerine ait su itici uygulanmamış ve su itici uygulanmış numunelere ait karşılaştırmalı sonuçlar Çizelge 5.34 ve Çizelge 5.35’te verilmiştir.

Çizelge 5.34: Tuz kristallenme direnci deneyi sonuçları

<i>Örnek No</i>	<i>Deney Öncesi Kuru Numunelerin Kütlesi (g)</i>	<i>15. Çevrim Sonrası Kuru Numunelerin Kütlesi (g)</i>	<i>Bağıl Kütle Farkı (%)</i>	<i>Ortalama Bağıl Kütle Farkı (%)</i>
REFERANS NUMUNE	98,56	98,48	0,08	0,08
	97,29	97,22	0,07	
	99,35	99,27	0,08	
STG	96,48	96,34	0,15	0,15
	99,41	99,29	0,12	
	94,56	94,39	0,18	
EMZ	98,51	98,48	0,03	0,03
	97,25	97,24	0,01	
	94,90	94,85	0,05	
TKN	94,33	94,30	0,03	0,06
	94,85	94,81	0,04	
	99,10	99,00	0,10	
MRN	93,50	93,34	0,17	0,15
	94,67	94,57	0,11	
	93,60	93,45	0,16	
KTR	90,06	89,92	0,16	0,10
	94,00	93,96	0,04	
	91,33	91,23	0,11	
WCK	96,70	96,62	0,08	0,12
	101,16	101,03	0,13	
	98,79	98,65	0,14	

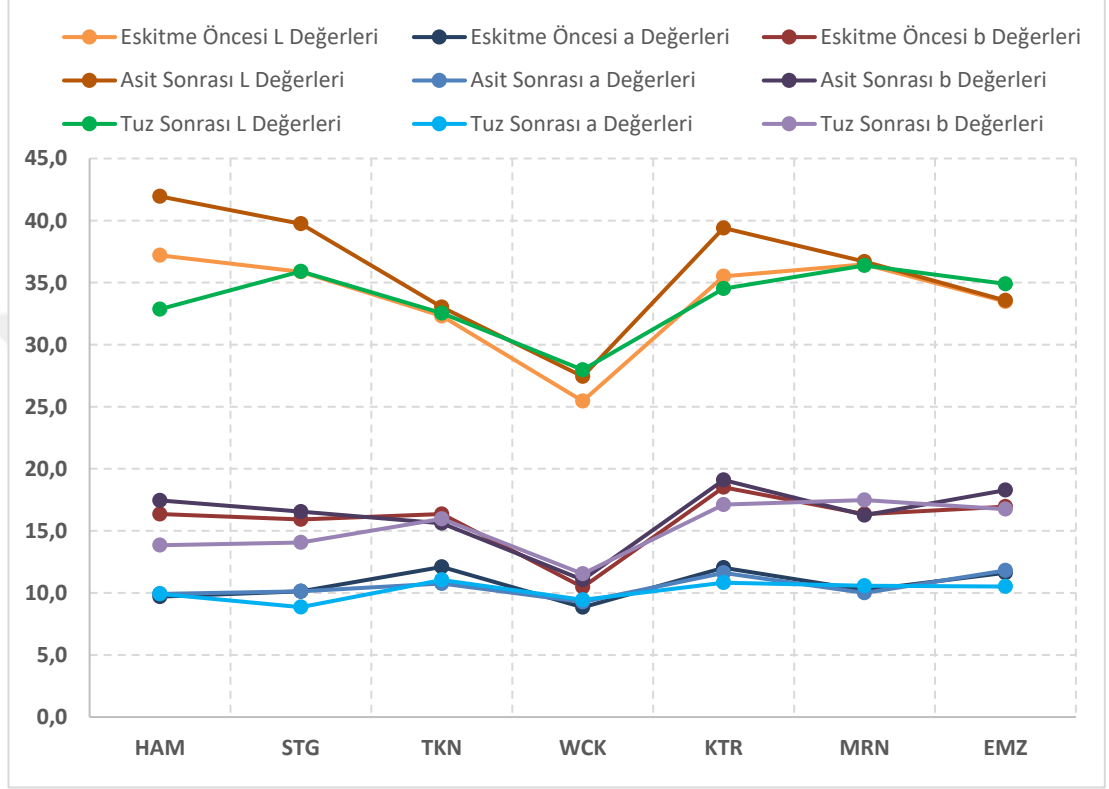
Tuz kristallenmesine karşı direnç deneylerine bakıldığında, bazı su iticilerin tuz kristallerine karşı taşın direncini bir miktar arttırdığı, bazı su iticilerin ise taşıdaki zararı engelleyemediği ve/veya artırdığı görülmüştür.

Çizelge 5.35: SO₂ yıpratmasına karşı dayanıklılık deneyi sonuçları

<i>Örnek No</i>	<i>Deney Öncesi Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>15. Çevrim Sonrası Kuru Numunelerinin Kütlesi (g)</i>	<i>Bağıl Kütle Farkı (%)</i>	<i>Ortalama Bağıl Kütle Farkı (%)</i>
Referans Numune	94,43	94,22	0,22	0,18
	94,62	94,47	0,16	
	93,51	93,36	0,16	
STG	89,81	89,60	0,23	0,17
	94,47	94,34	0,14	
	94,36	94,24	0,13	
EMZ	138,52	138,40	0,09	0,09
	140,84	140,69	0,11	
	140,08	139,96	0,09	
TKN	92,81	92,75	0,06	0,07
	96,37	96,31	0,06	
	97,43	97,36	0,07	
MRN	142,34	142,15	0,13	0,13
	140,16	139,96	0,14	
	133,84	133,68	0,12	
KTR	135,22	135,11	0,08	0,08
	143,39	143,29	0,07	
	136,95	136,81	0,10	
WCK	100,72	100,59	0,13	0,14
	99,66	99,54	0,12	
	100,02	99,85	0,17	

SO₂ yıpratması deneylerine bakıldığında, tüm su iticilerin SO₂ yıpratmasına karşı taşın direncini arttırdığı, SO₂ buharının taş içerisine nüfuz etmesini önlediği tespit edilmiştir.

Ahlat taşı üzerinde gerçekleştirilmiş olan eskitme deneyleri sonrası ve öncesinde taşların renk analizleri yapılmış olup, bu analizlere ait karşılaştırmalı grafik Şekil 5.33’de verilmiştir.



Şekil 5.33: Eskitme deneyleri öncesi ve sonrası örneklerin L* a* ve b* değerleri

SONUÇLAR

Bu bölümde, Ahlat 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 ölçümü gibi deneylerle elde edilen sonuçlar verilmiştir.

- Çalışmada kullanılan su iticilerin, Ahlat Taşının ağırlıkça su emme değeri üzerindeki etkisinin oldukça yüksek olduğu, su itici uygulanmamış örnekler için ortalama ağırlıkça su emme değerinin %24,61, STG uygulanmış örnekler için ortalama değeri %2,24, EMZ uygulanmış örnekler için ortalama değeri %1,19, TKN uygulanmış örnekler için ortalama değeri %1,71, MRN uygulanmış örnekler için ortalama değeri %1,67, KTR uygulanmış örnekler için ortalama değeri %1,22, WCK uygulanmış örnekler için ortalama değeri %1,67 olduğu tespit edilmiştir.
- Çalışmada kullanılan su iticilerin, Ahlat Taşının kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı üzerindeki etkisinin oldukça yüksek olduğu, su itici uygulanmamış numunelere ait ortalama kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı değerinin 606,62 g/m².s^{0,5}, STG uygulanmış örnekler için ortalama değeri 3,53 g/m².s^{0,5}, EMZ uygulanmış örnekler için ortalama değeri 2,01 g/m².s^{0,5}, TKN uygulanmış örnekler için ortalama değeri 2,04 g/m².s^{0,5}, MRN uygulanmış örnekler için ortalama değeri 4,12 g/m².s^{0,5}, KTR uygulanmış örnekler için ortalama değeri 1,62 g/m².s^{0,5}, WCK uygulanmış örnekler için ortalama değeri 3,01 g/m².s^{0,5} olduğu tespit edilmiştir.
- Bazı su iticilerin tuz kristallerine karşı taşın direncini arttırdığı, bazı su iticilerin ise olumlu yönde etki yaratmadığı görülmüştür.
- SO₂ yıpratması deneyi sonucunda, çalışma kapsamında kullanılan tüm su iticilerin SO₂ yıpratmasına karşı taşın direncini arttırdığı tespit edilmiştir.
- Çalışmada kullanılan su iticilerin, su buharı geçirgenliği konusunda önemli bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

- Bazı su iticilerin taş üzerine uygulandıktan sonra uygulandığı taşın rengini koyulaştırdığı tespit edilmiştir. Benzer yapılar üzerinde büyük ölçekli su itici uygulaması yapılmadan önce yapıda ufak bir yüzeyde deneme yapılması önem arz etmektedir.



KAYNAKÇA

- Acun Özgünler, S.** (2007). “Tarihi Yapılarda Kullanılan Volkanik Tüflerin Konservasyonu Üzerine Bir Araştırma: Od Taşı Örneği”. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi. İstanbul.
- Acun Özgünler, S. ve Gürdal E.** (2008). “Ahi Çelebi Camii’nde Kullanılan Od Taşının Konservasyon Çalışmaları”. İtüdergisi/*a* mimarlık, planlama, tasarım, 7(2): s.52-63.
- Acun Özgünler, S.** (2019). “Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane Binası Malzeme ve Koruma-Onarım Önerileri Hakkında Teknik Rapor”, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarı.
- Akalan, A.** (1980). “Toprak (Oluşu, Yapısı ve Özellikler)”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:356, Ders kitabı:120, Ankara.
- Akın, M.** (2008). “Eskipazar (Karabük) Travertenlerinin Bozunmasının Araştırılması” Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- Antep, B.** (2018). “Ahlat İlçesindeki Tarihi Yapıların Yapısal Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- Aslan, E.** (2012). “Tarihi Binaların Dış Yüzeylerinin Korunması” Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Konya Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü Uzmanlık Tezi, Konya.
- ASTM E2167-01** (2008). “Standard Guide for Selection and Use of Stone Consolidants”, USA, American Standards Institute.
- Avşar, A. O. ve Güleç, A.** (2019). "Ahlat Selçuklu Meydan Mezarlığı Mezar Taşları Analiz Çalışmaları ve Konservasyon Önerileri". Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi c. 1, sayı. 22, s.3-16, Kasım.

- Aydar, E.** (2003). “Morphological Analysis of Active Mount Nemrut Stratovolcano, Eastern Turkey: Evidences and Possible Impact Areas of Future Eruption” Journal of Volcanology and Geothermal Research, 123 s.301-312.
- Baş, H.** (1999).” Magmatik Kayaçlar Petrografisi” Ders Notları, s.8-9, Konya.
- Başar, S.** (2008). “Bitlis İli, Ahlat İlçesi, Erkisan Mah., 1 nolu Ada, 31 nolu Parselde Yapılacak Olan İnşaat İçin Jeolojik-Jeoteknik Zemin Etüt Raporu”, Başar Mühendislik.
- Bayramgil, O.,** (1959). Petrografi, İÜ yayını, İstanbul.
- BS EN 16581:2014** (2014). “Conservation of Cultural Heritage. Surface protection for porous inorganic materials. Laboratory test methods for the evaluation of the performance of water repellent products “British Standards Institution.
- BS EN 17114:2018** (2018). “Conservation of cultural heritage - Surface protection for porous inorganic materials - Technical and chemical data sheets of water repellent product”. British Standards Institution.
- Charola, A.E.** (1995). “Water-Repellent Treatments for Building Stones: A Practical Overview”. In: APT Bulletin, 24 [2-3], s.10-17.
- Charola, A.E.** (1998). “Water repellents and other “protective” treatments: a critical review”, International Journal for Restoration of Buildings and Monuments 9(1) 3e22.
- Çetin, C.** (2014). “Taş Malzeme Bilgisi ve Bozulmalar” Ders Notu, Ankara.
- Dal M, Umaroğulları G.,** (2014). “A Petrographic and Chemical Analysis of the Degree of Deformation in Historical Building Stones in Edirne”, International Journal of Scientific Research, Vol:3, Issue:3, s.392-395.
- De Clerq, H./Venderberghe, D./De Witte, E.** (1999). “Application Modalities for Silicon Based Water Repellent Agents”, Wittmann, F.H., Gerdes, A.,

- eds., Proceedings of the Fifth International Colloquium on Materials Science and Restoration V “MSR ‘99”, Zurich, s.763-774.
- Dede, E.** (2009). “Ahlat Taşının mineralojik olarak incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Eriç, M.** (2002). “Eski eserlerin korunmasında önemli bir malzeme sorunu suda çözünür tuzlar”, Mimarlık Kültür ve Sanat Dergisi, 246, s.101-103.
- Ersen, A.** (2011). “Taş Korumada Son 20 Yıldaki Gelişmeler ve Yenilikler”, Restorasyon ve Konservasyon Dergisi, Sayı 10, İBB KUDEB, İstanbul.
- Ferreira Pinto, A., & Rodrigues, J.** (2014). “Effectiveness And Stability Over Time Of Water Repellent Treatments On Carbonate And Granitic Stones”. Hydrophobe VII - 7 th Int. Conf. on Water Repellent Treatment and Protective Surface Technology for Building Materials, (s.151-160). Lisbon.
- Grissom, C.A.** (1990). “The determination and treatment of volcanic stone: A review of the literature”, Proceedings of the International Meeting About Lavas and Volcanic Tuffs, Easter Island, Chile, s.3-10.
- Güleç, A.** (2009). “Enez Ayasofyası Harç ve Sıva Analizleri”, Kâgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, KUDEB, İstanbul.
- Hasbay, U. ve Hattap, S.** (2017). “Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri”, Bilim ve Gençlik Dergisi, 5(1).
- Hattap, S.E.** (2002). “Doğal Taş Malzeme Koruyucuların Performans Ölçümünde DeneySEL Metot Araştırması” MSGSU, Yapı Fiziği ve Malzeme Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Iucolano, F., Colella, A., Liguori, B., & Calcaterra, D.** (2019). “Suitability of silica nanoparticles for tuff consolidation”. Construction and Building Materials 202, s.73-81.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A.** (1971). “A guide of to the chemical classification of the common volcanic rocks”. Can. Jour. Earth Sci.(8), s.523-548.

- Işık, E., Bakış, A., Özlük, M.** (2012). “Ahlat İlçesinin Deprem Tehlikesi” I.Uluslararası Ahlat-Avrasya Kültür ve Sanat Sempozyumu, Ahlat-Bitlis.
- Ketin İ.** (1998).” Genel Jeoloji Yer Bilimleri Giriş Kitabı” İTÜ Vakfı Yayınları, s. 223,224-251, İstanbul.
- Karaoğlu. Ö.,** (2003). “Nemrut Kalderası Kuzeyi’nin Jeolojisi. Mineralojisi ve Petrografisi” Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Zeve Kampüsü, Van.
- Karaoğlu, Ö., Özdemir, Y., Tolluoglu, A.U., Karabıyıkoglu, M., Köse, O., Froger, J.L.,** (2005). “Stratigraphy of the Volcanic Products Around Nemrut Caldera: Implications for Reconstruction of the Caldera Formation”. Turkish Journal of Earth Sciences, (14): s.123–143.
- Karkaş, Z. S.** (2020). “Tarihi Yapıların Cephelerinde Kullanılan Kagir Yapı Malzemelerinde Konservasyon Çalışmalarının İrdelenmesi ve Sistematik Bir Yöntem Önerisi”. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Krauskopf K.B.** (1985). “Jeokimyaya Giriş”, İTÜ, Maden Fakültesi Yayını, s. 91, 98, 105, İstanbul.
- Kun, N.** (2000). “Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi”. İzmir Mermerciler Odası Yayını, İzmir.
- Licchelli, M., Malagodi, M., Weththimuni, M., & Zanchi, C.** (2013). “Waterrepellent properties of fluoroelastomers on a very porous stone: Effect of the application procedure. Progress in Organic Coatings”, Volume 76, Issues 2–3, s.495-503.
- Normal-20/85.** “Conservazione dei materiali lapidei : manutenzione ordinaria e straordinaria”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italy
- Öcal, A.D. ve Dal, M.** (2012). “Doğal Taşlardaki Bozunmalar”, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, İstanbul.

- Özdemir, Y.,** (2003). “Nemrut Kalderası Güneyi’nin Jeolojisi. Mineralojisi ve Petrografisi” (Yüksek Lisans Tezi, Basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özkaymak Ç., ve diğ.** (2003). “Van Gölü Doğusu Aktif Tektonik Özellikleri” ATAG-7 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı Bildiri Özleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van, s.22-23.
- Rodrigues, J. Delgado/Charola, A.E.** (1996). “*General Report on Water Repellents*. In: Science and Technology for Cultural Heritage”, 5 [1], s.93-103.
- Swri, S.,** (1994). “Clear Water Repellents for Above Grade Masonry and Horizontal Concrete Treatments”. Kansas City, ABD: Waterproofing and Restoration Institute.
- Sökmen, S.,** (1995). “Ahlat’ta Geleneksel Taş İşçiliği”, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Aralık Baskısı, Cilt 17, Sayı 2, s.99-119.
- Şimşek, O. ve Erdal M.** (2010). “Ahlat Taşının (İgnimbrit) Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Ankara, s.71-78.
- Tabban A.** (2000). Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:56, 500s, Ankara
- Tekin, A.** (1998). “Ahlat Selçuklu Rönesansının Yaşandığı Kent” Selçuklu Bildiriler Kitabı s.33 Antalya.
- Toracca G.** (1981). “Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation”, ICCROM publication, Rome.
- Ugur, I.** (2014). “Surface characterization of some porous natural stones modified with a waterborne fluorinated polysiloxane agent under physical weathering conditions”. Journal of Coatings Technology and Research, 11 (4), s.639-649.
- Verdön, İ. ve Ersen A.** (2009). “Botter Apartmanı Cephesi Konservasyon Projesi”, Kâgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri, s.64-65, KUDEB, İstanbul.

Verdön İ., ve Ersen A., (2009). "Aksaray, Pertevniyal Valide Sultan Camii: Doğal Taş Cephelerin Konservasyon Projelerinin Hazırlanması ve Yapılan Uygulamalar", Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, sayı. 3, Eylül baskısı, s.3-21.

Von Plehwe-Leisen, E., Warscheid, T., Leisen, H., (1996). "Studies of Long-Term Behaviour of conservation agents and microbiological contamination on Twenty Years Exposed Treated Sandstone Cubes, in 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone", Berlin, ed. Josef Riederer, Volume 2, s.1029-1037.

Wendler, E ve Snethlage, R., (1997). "Moisture Cycles and Sandstone Degradation, In: Saving our Architectural Heritage: The Conservation of Historic Stone Structures". N.S. Baer and R. Snethlage, Eds., John Wiley & Sons Ltd., Chichester, s.7-24.

Winkler, E. M. (1997). "Stone in architecture: properties, durability". (3rd Ed.). Springer-Verlag, Berlin.

Yakupoglu, T. (2003). "Ahlat Taşının Oluşumu, Özellikleri ve Kullanım Alanları" Doğu Anadolu Endüstriyel Hammadde Çalıştay, Van, s.129-132.

Yüzer, E., Güngör Y., ve Angı, S. (2008). Doğal Taş Deyince. Taş Kültürü Yayını, İstanbul.

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

Url-1 <<https://www.turkiye-rehberi.net/bitlis-haritasi.asp>>, erişim tarihi 10.07.2020.

Url-2 <<http://ahlat.gov.tr/cografi-yapi>>, erişim tarihi 10.07.2020.

Url-3 <<https://www.turkiye-rehberi.net/bitlis-haritasi.asp>>, erişim tarihi 10.07.2020.

Url-4 <<https://www.haberler.com/ozel-haber-ahlat-tasi-dunya-pazarinda-4707879-haberi>>, erişim tarihi 10.07.2020.